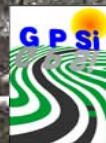


MANEJO DE FÓSFORO NO SOLO ATRAVÉS DE FONTES DE FOSFATOS NATURAIS REATIVOS



Gaspar H. Korndörfer⁽¹⁾

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

APATITAS

(Fosfatos naturais)

◆ rochas ígneas e metamórficas:

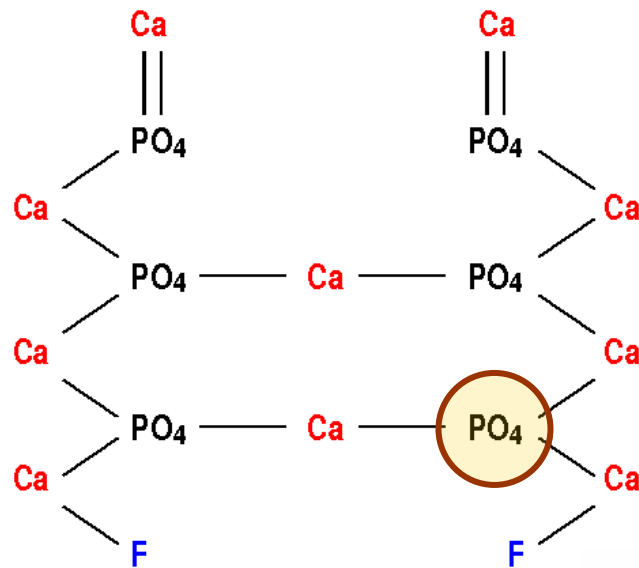
- fluorapatita: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\cdot\text{F}_2$
- hidroxiapatita: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\cdot(\text{OH})_2$
- cloroapatita: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\cdot\text{Cl}_2$

◆ rochas sedimentares:

- carbonato-apatita ou francolita
(fosforita - fosfato natural reativo):



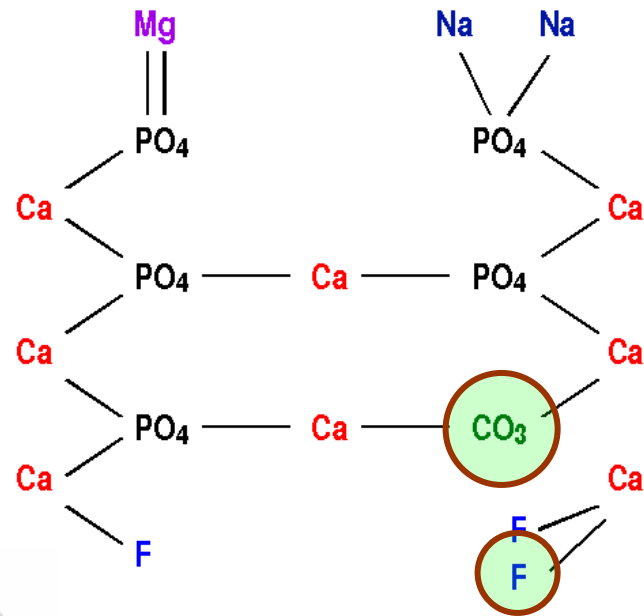
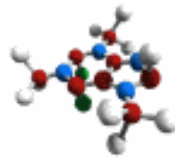
ROCHAS ÍGNEAS X SEDIMENTAR



FLUORAPATITA



"FOSFATO DURO"



FRANCOLITA



"FOSFATO MOLE"

REATIVIDADE QUÍMICA FOSFATOS DE ROCHA

ORIGEM	Unidade Celular Å	Fórmula Química Apatita	CO ₂ %
Gasfa (Tunísia)	9,326	Ca _{9,51} Na _{0,36} Mg _{0,13} (PO ₄) _{4,73} (CO ₃) _{1,27} F _{2,24}	5,81
Carolina do Norte (EUA)	9,327	Ca _{9,52} Na _{0,35} Mg _{0,13} (PO ₄) _{4,76} (CO ₃) _{1,24} F _{2,23}	5,66
Arad (Israel)	9,336	Ca _{9,63} Na _{0,27} Mg _{0,10} (PO ₄) _{5,02} (CO ₃) _{0,98} F _{2,18}	4,41
El Hassa (Jordânia)	9,339	Ca _{9,66} Na _{0,25} Mg _{0,09} (PO ₄) _{5,11} (CO ₃) _{0,89} F _{2,17}	3,99
Khouribga (Marrocos)	9,432	Ca _{9,69} Na _{0,22} Mg _{0,08} (PO ₄) _{5,20} (CO ₃) _{0,80} F _{2,15}	3,58
Araxá	9,397	Ca₁₀(PO₄)₆F_{1,55}OH_{0,45}	

Fonte: Evaluation of Gafsa Phosphate Rock for Direct Application (Summary Report) – IFDC, 1995.



RELAÇÃO CARBONATO-FOSFATO DE DIFERENTES ROCHAS

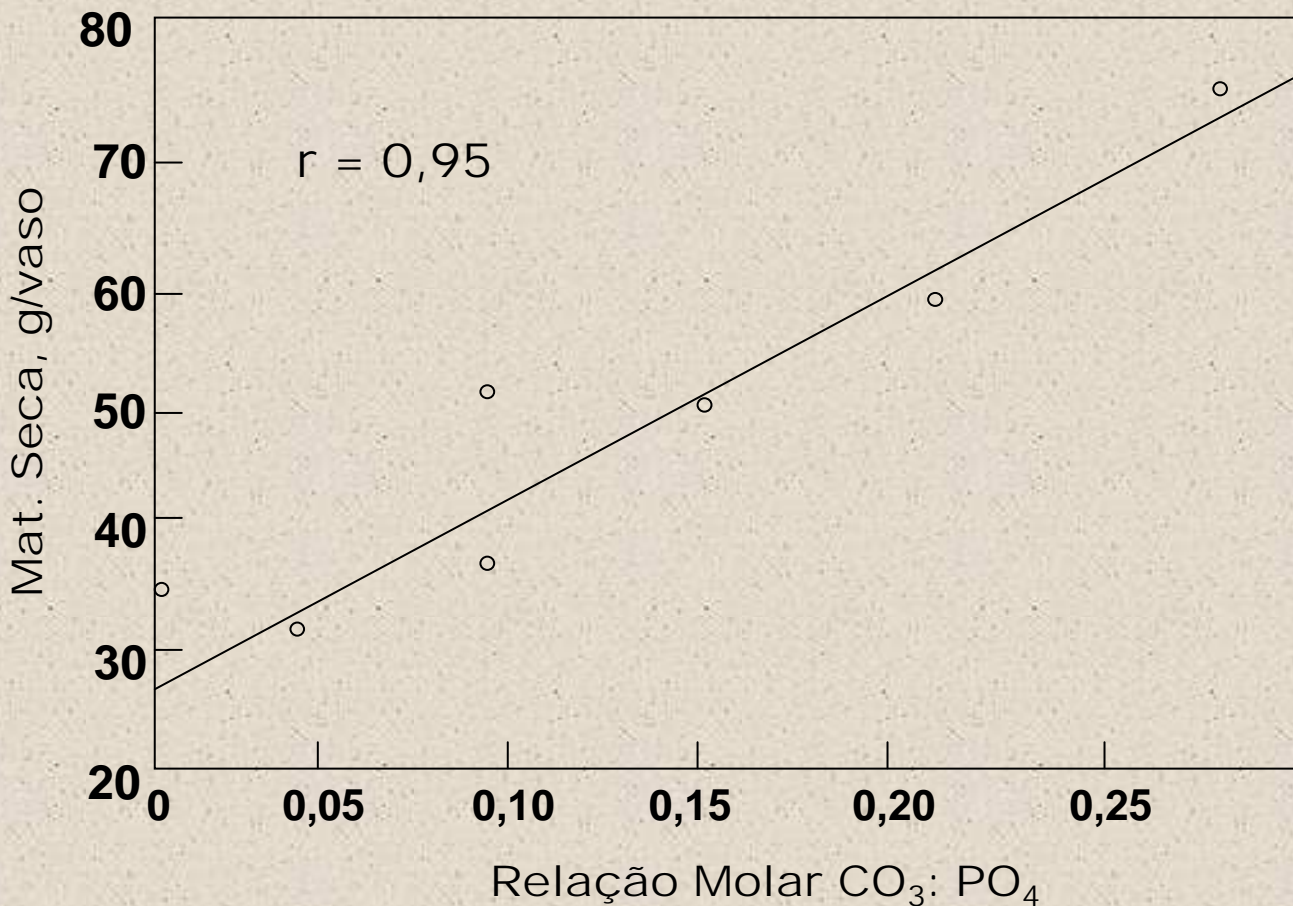
ROCHA FOSFÁTICA	CO_3/PO_4	ACS% ^a
**North Carolina (USA)	0,262	19,4
**Morrocco (Africa)	0,098	9,3
**Gafsa (Africa)	0,285	18,1
**Florida North (USA)	0,178	16,4
**Tennessee (USA)	0,089	7,5

n = 10 for CO_3/PO_4

** data obtained from [10]

^a calculated from the equation $\text{ACS} = 421,4 (9,369 - a_0)$

Relação entre a produção de matéria seca de arroz inundado e a relação molar $\text{CO}_3:\text{PO}_4$ dos fosfatos naturais



Fonte: Lehr e McClellan, 1972; Engelstad et al., 1974

Proc. Clamatrops

Solubilidade da rocha fosfática em diferentes solventes em função da composição da apatita

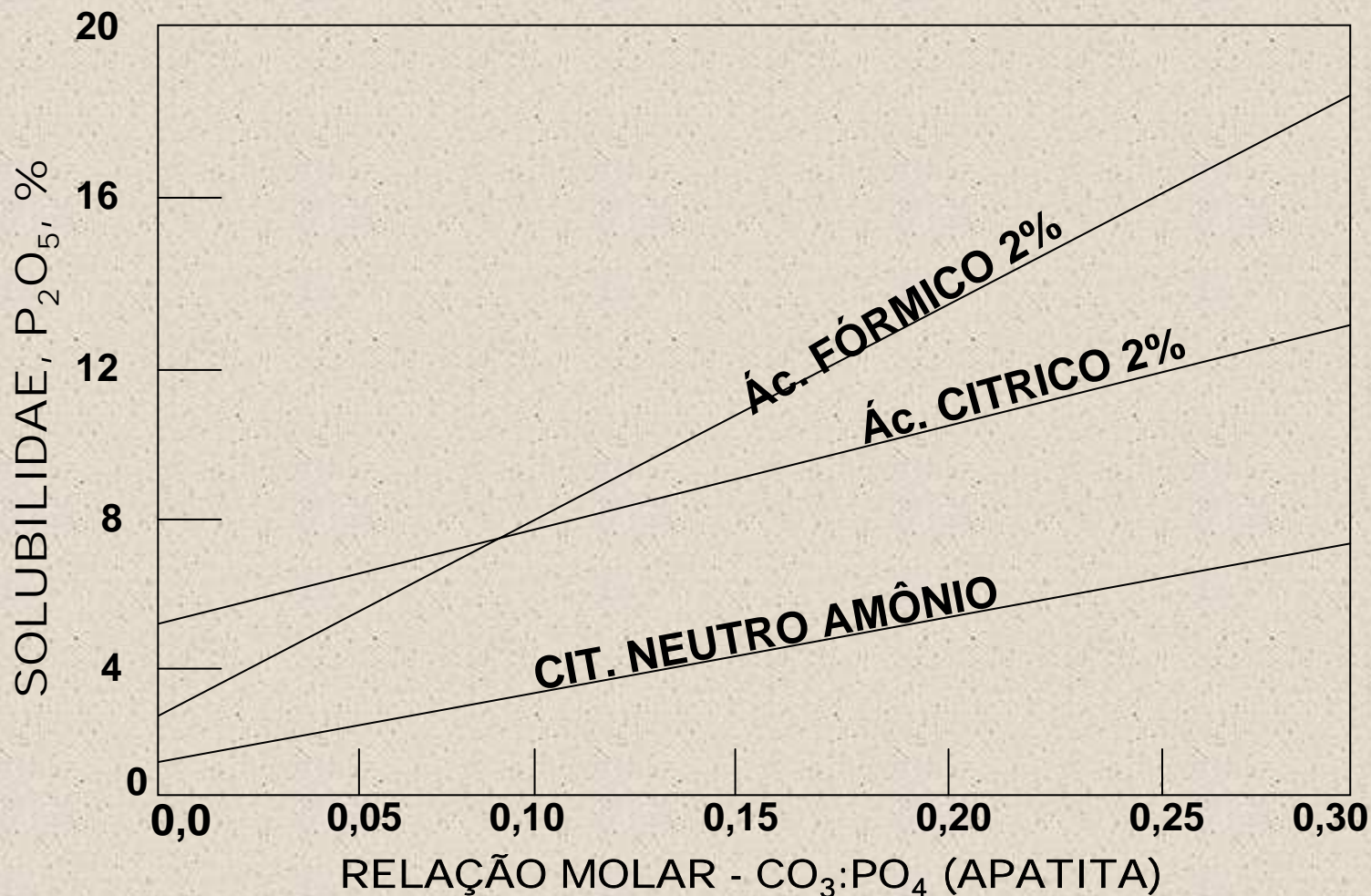


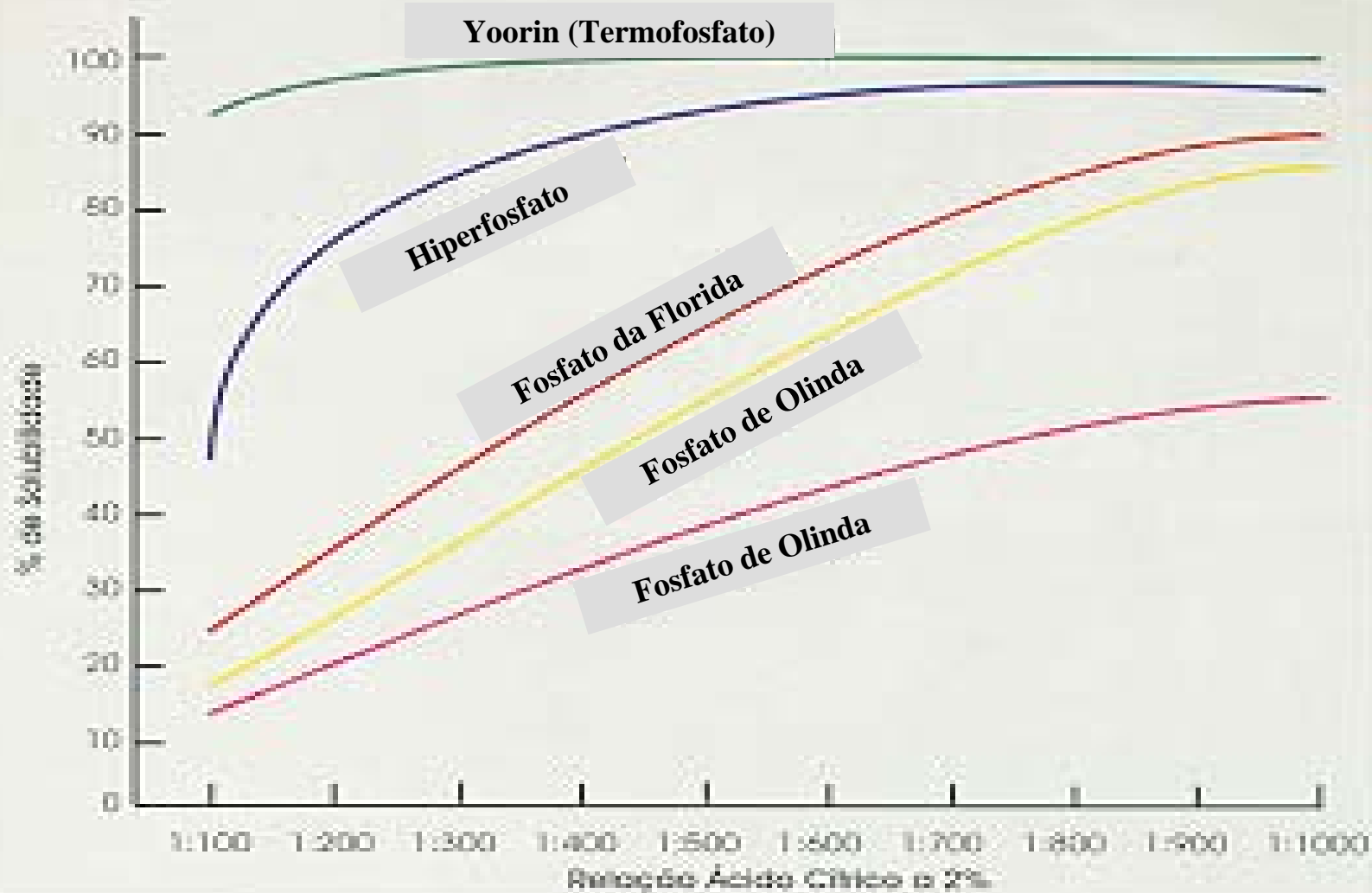
Tabela de solubilidade de fosfatos medida através de extratores químicos

AMOSTRAS	Citrato Neutro de Amônio 2ª. extração	Ácido Cítrico 2%	Ácido Fórmico 2%
Carolina do Norte, EUA	6,64	15,4	25,6
Arad , Israel	5,95	12,8	23,8
Gafsa, Tunísia	5,49	13,1	22,9
Bayovar , Peru	5,49	11,5	17,4
Huila, Colômbia	3,43	4,83	8,24
Sardinata, Colômbia	1,83	5,29	6,87
Patos de Minas, Brasil	1,37	5,52	5,27
Araxá, Brasil	1,37	5,52	5,04
Abaeté, Brasil	0,68	4,83	5,27
Catalão, Brasil	0,68	2,99	3,20
Jacupiranga, Brasil	0,46	2,99	3,43
Tapira, Brasil	0,23	2,77	3,20

2º Colocado

Fonte: Adaptado de Leon, L. A. ,Fenster, W.E. , Hammond, L.L. Agronomic Potential of Eleven Phosphate Rocks from Brazil, Colombia, Peru and Venezuela. Soil SCI. SOC. AM. J. , Volume 50: 798-802, 1986.

Solubilidade em Ácido Cítrico a 2% de diversos fertilizantes fosfatados.



Solubilidade dos fosfatos utilizados em água, ác.cítrico 2% e ác. fórmico 2%

FOSFATOS	P ₂ O ₅ SOLÚVEL - %				P ₂ O ₅ TOTAL %
	ÁGUA 1:250	ÁC. CÍTRICO 2% - 1:100	ÁC. CÍTRICO 2% - 1:300	ÁC. FÓRMICO 2% - 1:100	
ABAETÉ	0,13 (0,6)*	4,6 (22)	11,0 (53)	4,2 (20)	21
ARAXÁ	0,07 (0,2)	4,6 (12)	9,9 (27)	4,1 (11)	37
CAT. FOSFAGO	0,10 (0,3)	3,0 (9)	6,3 (18)	2,5 (7)	35
CAT. METAGO	0,06 (0,2)	3,0 (8)	6,4 (17)	0,7 (7)	38
FLÓRIDA	0,10 (0,3)	7,2 (22)	17,7 (54)	7,0 (21)	33
GAFSA	5,05 (0,2)	12,5 (45)	26,8 (96)	21,8 (78)	28
JACUPIRANGA	0,08 (0,2)	2,5 (7)	7,3 (21)	2,9 (8)	35
OLINDA	0,04 (0,2)	5,2 (20)	14,1 (54)	7,6 (29)	26
PATOS - EXP.	0,08 (0,3)	5,4 (22)	11,3 (47)	4,4 (18)	26
PATOS - CPRM	0,09 (0,3)	6,1 (23)	12,9 (50)	5,9 (23)	26
PATOS - CRA	0,42 (2,1)	7,2 (36)	12,3 (62)	7,1 (36)	20
PIRACAUA	0,06 (0,2)	1,8 (7)	1,3 (5)	1,8 (6)	28
TAPIRA	0,08 (0,2)	4,4 (13)	7,9 (24)	3,9 (12)	33
TERMO IPT	0,11 (0,4)	8,2 (32)	11,2 (43)	7,5 (29)	26
TERMO YOORIN	10,10 (0,6)	17,4 (98)	18,1 (100)	11,5 (64)	18
SUPER TRIPLO	41,6 (90)	44,9 (98)	46,0 (100)	44,0 (95)	46

CARACTERÍSTICAS DE UM FOSFATO NATURAL REATIVO



➤ ÁCIDO CÍTRICO:

% P_2O_5 SOLÚVEL > 9% (Brasil)

➤ ÁCIDO CÍTRICO:

P_2O_5 SOL / P_2O_5 TOTAL > 30% (Nova Zelândia)

➤ ÁCIDO FÓRMICO:

P_2O_5 SOL./ P_2O_5 TOTAL > 55% (Comunidade Europeia)

SOLUBILIDADE DE FOSFATOS NATURAIS FINAMENTE MOÍDOS

FOSFATOS NATURAIS ⁽¹⁾	P ₂ O ₅ Total	P ₂ O ₅ Solúvel (% do Total)			
		Água	Ác. Cítrico	Ác. Fórmico	CNA
		rel. 1:250	rel. 1:100	rel. 1:100	rel. 1:100
Araxá	36	0,2	12	11	5
Patos	24	0,3	20	18	7
Catalão	37	0,2	7	6	4
Olinda	26	0,2	21	29	5
Gafsa	27	0,2	44 ←	75 ←	22

⁽¹⁾ Fosfatos finamente moídos - acima de 70% com partículas menores do que 0,075 mm (200 mesh).

Fonte: T. A Rein, 1994.

Solubilidade de fosfatos, expressa em % de P_2O_5 relativa ao teor total, nas sol. de cit. neutro de amônio (CNA) e de ácido cítrico (AC) (Alcarde & Ponchio, 1979)

<i>FOSFATOS</i>	<i>CNA</i>	<i>AC</i>
	----- % -----	
- Fosfato bicálcico, p.a.	68,5	83,8
- Fosfato tricálcico, p.a.	39,1	93,4
- Fosfato de ferro, p.a.	99,0	17,7
- Fosfato de alumínio, p.a.	100,0	2,4
- Superfosfato Simples	88,0 ⁽¹⁾	85,7
- Superfosfato triplo	95,9 ⁽¹⁾	88,9
- Fosfato monoamônico (MAP)	99,9 ⁽¹⁾	99,0
- Fosfato diamônico (DAP)	99,8 ⁽¹⁾	97,0
- Termofosfato magnesiano	75,7	91,7
- Farinha de ossos	54,1	78,9
- Hiperfosfato	22,0	43,7
- Fosfato de araxá	5,1	12,4
- Fosfato de jacupiranga	0,8	5,6
- Fosfato do maranhão	51,6	3,3

⁽¹⁾ Resultados de solubilidade em CNA + água

Eficiência de diferentes métodos de extração de P em 7 diferentes rochas fosfáticas com a produção de **FEIJÃO** (Exp.campo)

Metodo de Avaliação/Extrator	Coeficiente de Correlação, r			
	----- P ₂ O ₅ adicionado, kg ha ⁻¹ -----			
	50	100	200	400
Citrato Neutro Amonio - CNA (1a extração)	0,754*	0,653 ^{ns}	0,590 ^{ns}	0,641 ^{ns}
Citrato Neutro Amonio - CNA (2 ^a extração)	0,898**	0,866*	0,855*	0,880**
Ác. Cítrico 2%	0,792*	0,714 ^{ns}	0,649 ^{ns}	0,740 ^{ns}
Ác. Fórmico 2%	0,888**	0,811*	0,759*	0,849*
Citrato de Amonio (pH 3)	0,894**	0,858*	0,779*	0,836*
Solubilidade em Citrato - CSA	0,927**	0,809*	0,737 ^{ns}	0,845*

^{ns} not significant

* significant at the 5% level

** significant at the 1% level

^a calculated by the method of Lehr and McClellan (1972)

Classificação dos fosfatos de rocha para aplicação direta

REATIVIDADE	CNA	Ác. Cítrico	Ác. Fórmico
		2% - 1:100	2%
----- % P ₂ O ₅ da Rocha -----			
Alta	> 5,4	> 9,4	> 13,0
Média	3,2 - 4,5	6,7 - 8,4	7,0 - 10,8
Baixa	< 2,7	< 6,0	< 5,8

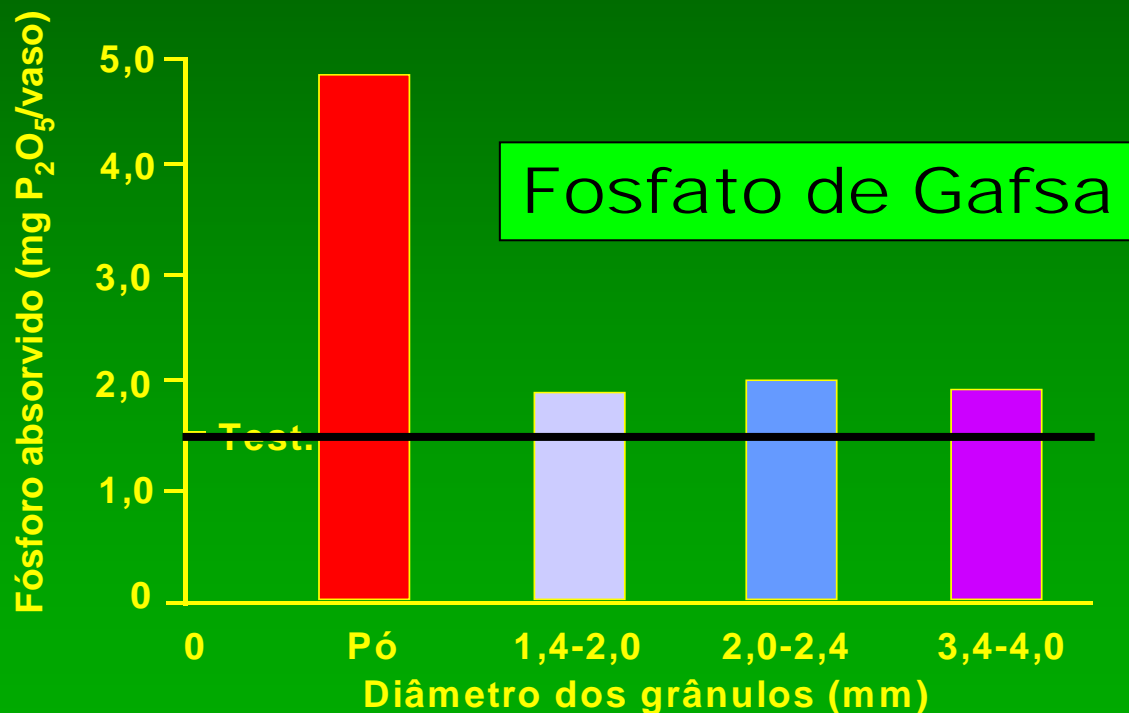
Fonte: Evaluation of Gafsa Phosphate Rock for Direct Application (Summary Report) - IFDC, 1995

CARACTERÍSTICAS DE UM "BOM" FOSFATO NATURAL (FINS AGRONÔMICOS)

- ✓ Granulometria (Pó/farelado);
- ✓ Superfície específica elevada;
- ✓ Alto grau de substituição isomórfica do PO_4^{\equiv} por $\text{CO}_2^{\equiv} + \text{F}^-$;
- ✓ Alta solubilidade em ácido cítrico 2% relação 1:100;
- ✓ Elevados teores de P, Ca, Mg, etc;
- ✓ Alto Valor Corretivo;

TAMANHO DE PARTÍCULA

FNR PÓ – PARTÍCULAS < 0,074 MM



Fósforo absorvido pelo trigo cultivado em vasos de 1,7 litros de solo (Latosolo Roxo), ao qual foi adicionado Fosfato de Gafsa(200 mg de P₂O₅/vaso) em pó e em grânulos.

Fonte: Barreto, 1977.

Rendimento acumulado de 3 cultivos de soja e Índice de Eficiência Agronômica (IEA) em resposta aos fosfatos aplicados a lanço e incorporados (160 kg/ha P₂O₅)

Fosfatos	Rendimento acumulado	IEA		
		1992	92/93	1993
	t/ha	-----%		
Super triplo	4,37	100	100	100
Car. Norte	4,62	63	138	167
Car.Norte moído	4,56	96	112	114

Fonte: Rein et al. 1994.

Sem moer = - Energia e custo

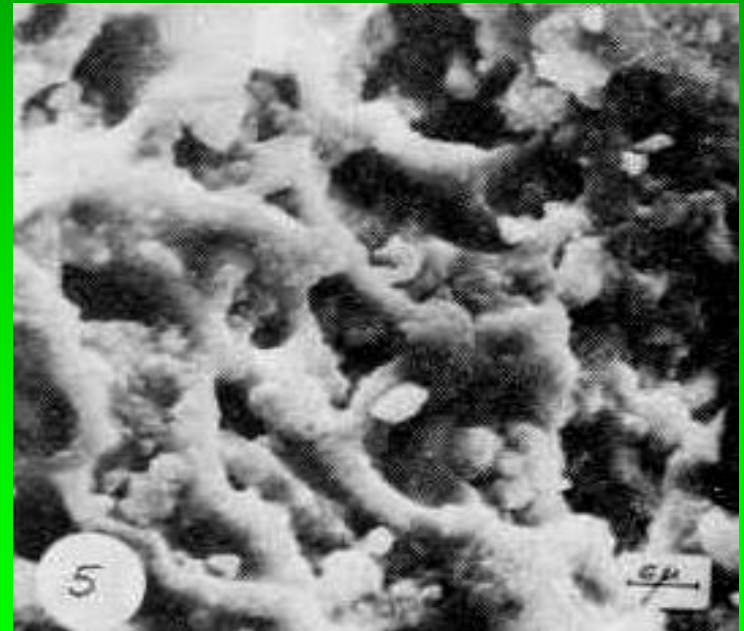
SUPERFÍCIE ESPECÍFICA

ASE
3 a 6 m²/grama



F. Araxá

ASE
70 a 75 m²/grama



F. Arad

Equivalente em Super Triplo (média de 4 cultivos = 3 de SOJA e 1 de TRIGO), dose de 100 kg ha⁻¹ P₂O₅

TRATAMENTOS		Eq. ST% *
Superf. Triplo	lanço	100
Superf. Triplo	linha	82
Gafsa - Pó	lanço	117
Gafsa – Microgr.	lanço	157* *
Gafsa – Gran.	lanço	42
Gafsa – Gran.	linha	5
Gafsa – ST – M ₁	linha	133
Gafsa – ST – M ₂	linha	15
Gafsa – ST – M ₃	linha	13
Gafsa – ST – M ₂	lanço	58

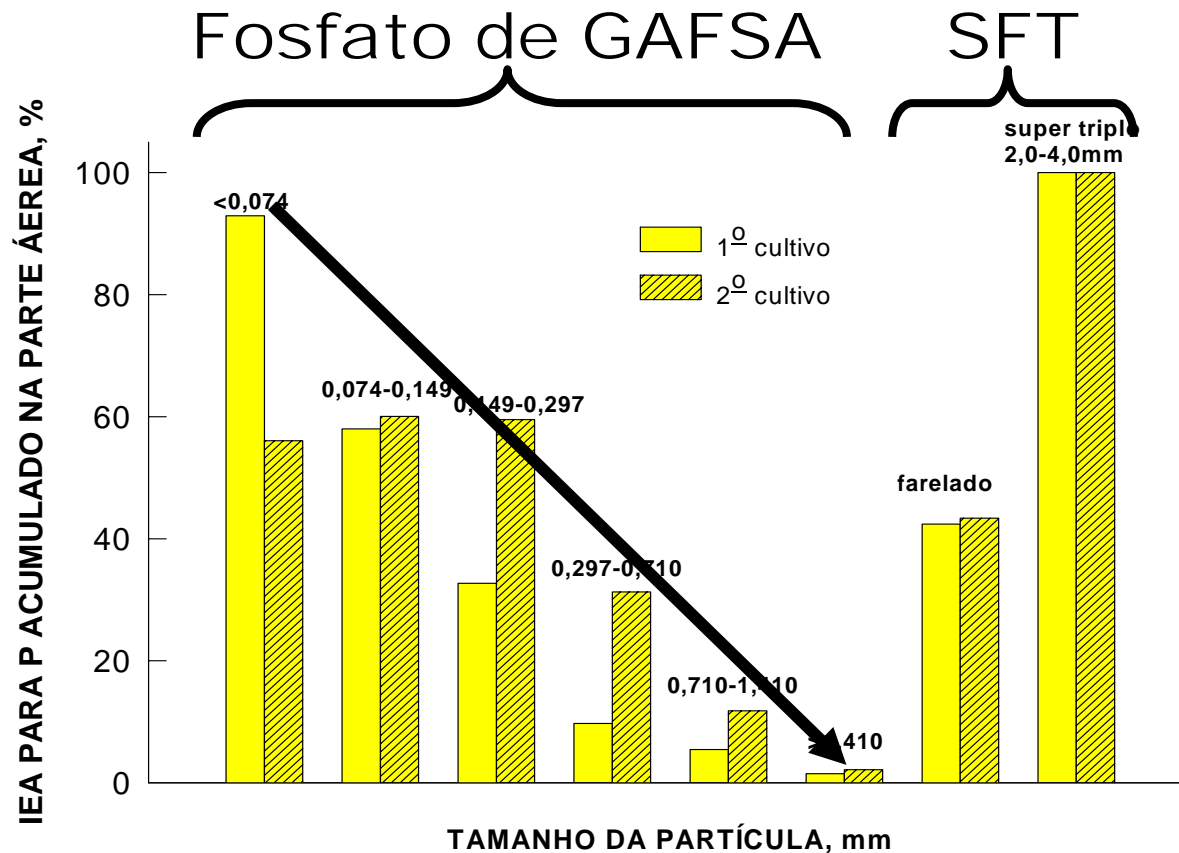
*Média de 3 cultivos de soja (77/78, 78/79, 79/80) e um cultivo de trigo (1978).

** Em dezembro de 1978 foi aplicado 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo, no 3º cultivo.

Conclusões:

- A aplicação do fosfato de **Gafsa granulado** reduz sensivelmente o rendimento de grãos em relação ao superfosfato triplo, mesmo depois de 4 cultivos;

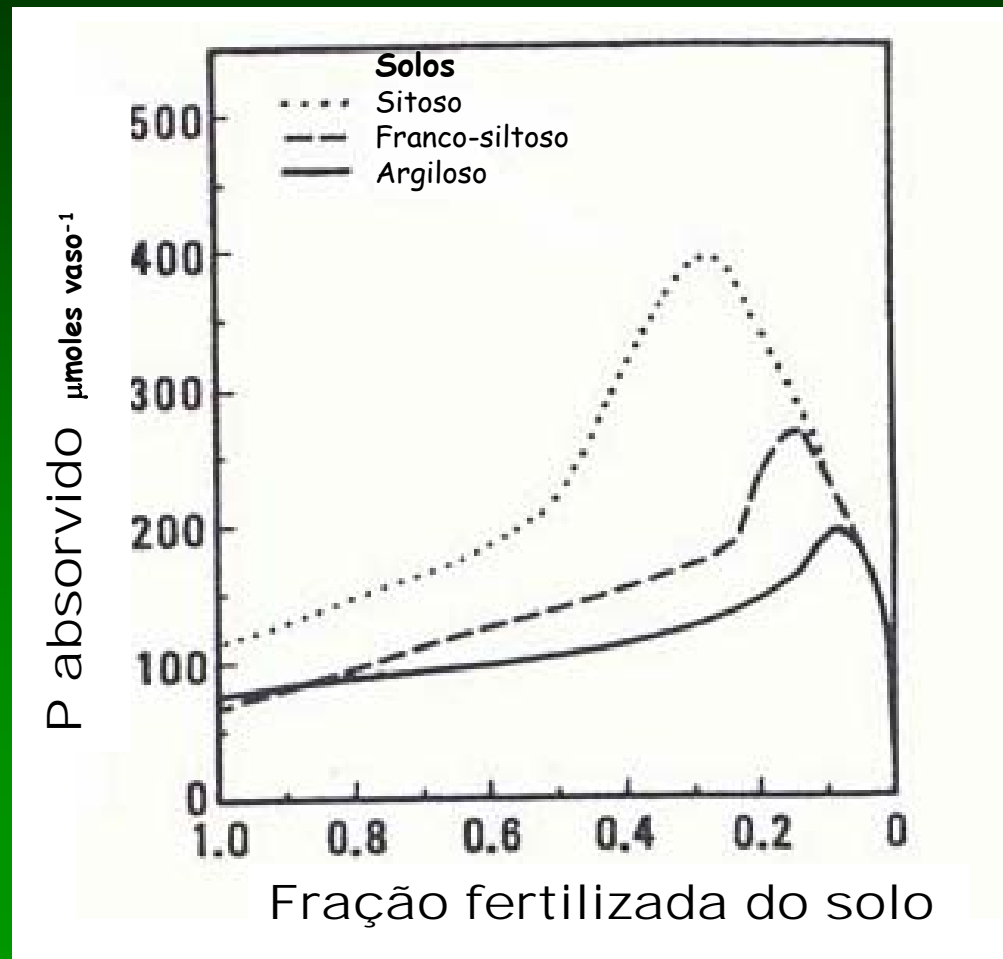
- A eficiência dos fosfatos naturais **aplicados em linha** fica bastante prejudicada;



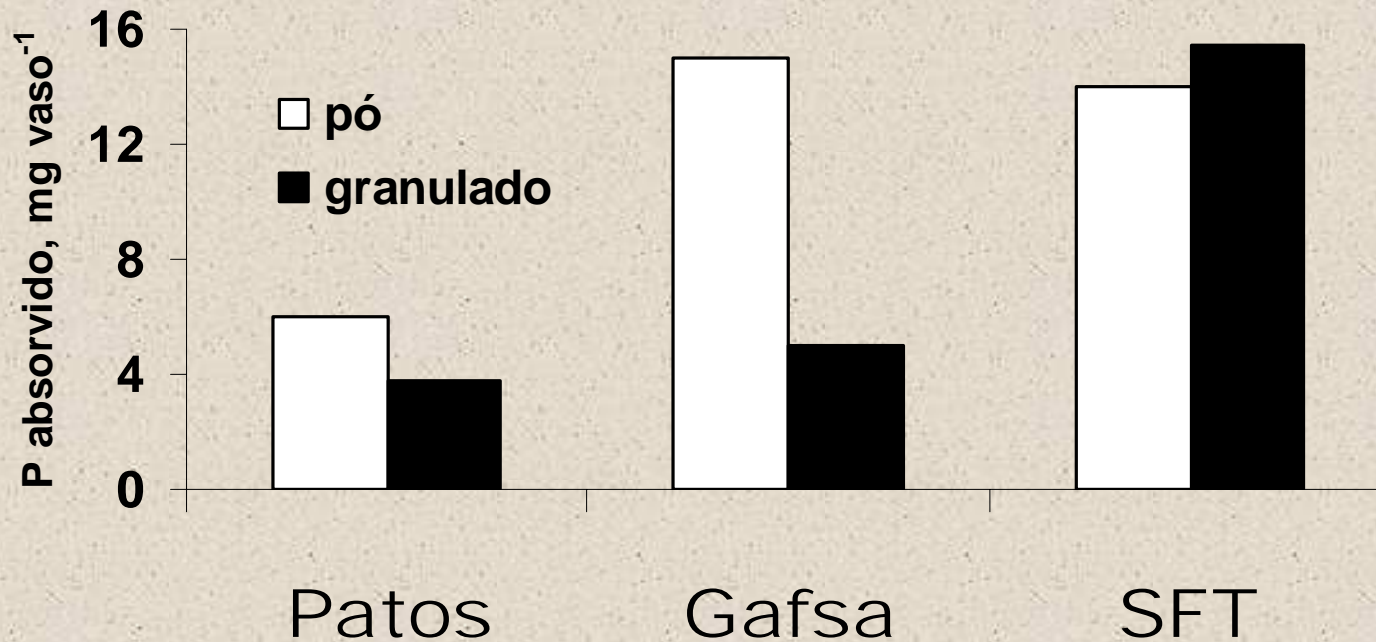
Índice de eficiência agrônômica (IEA) para fósforo acumulado na parte aérea de plântulas de milho, aos 21 dias de idade, em dois cultivos em casa de vegetação, em função do tamanho da partícula do fosfato natural de **Gafsa** (Horowitz & Meurer, 2003).

Eficiência de absorção

Fração fertilizada vs tipos de solo (adição de 100 mg P vaso)



P absorvido pela SOJA



Solo Alto das Canas – Argila=19%; P=2,5 mg/dm³; pH 5,5

Fonte: Ferreira, 1978 - Tese
Mestrado/UFMS

P absorvido pela SOJA



Solo São Pedro = pH 5,5, argila=14%, P=2mg/dm³

Fonte: Ferreira, 1978 - Tese
Mestrado/UFMS

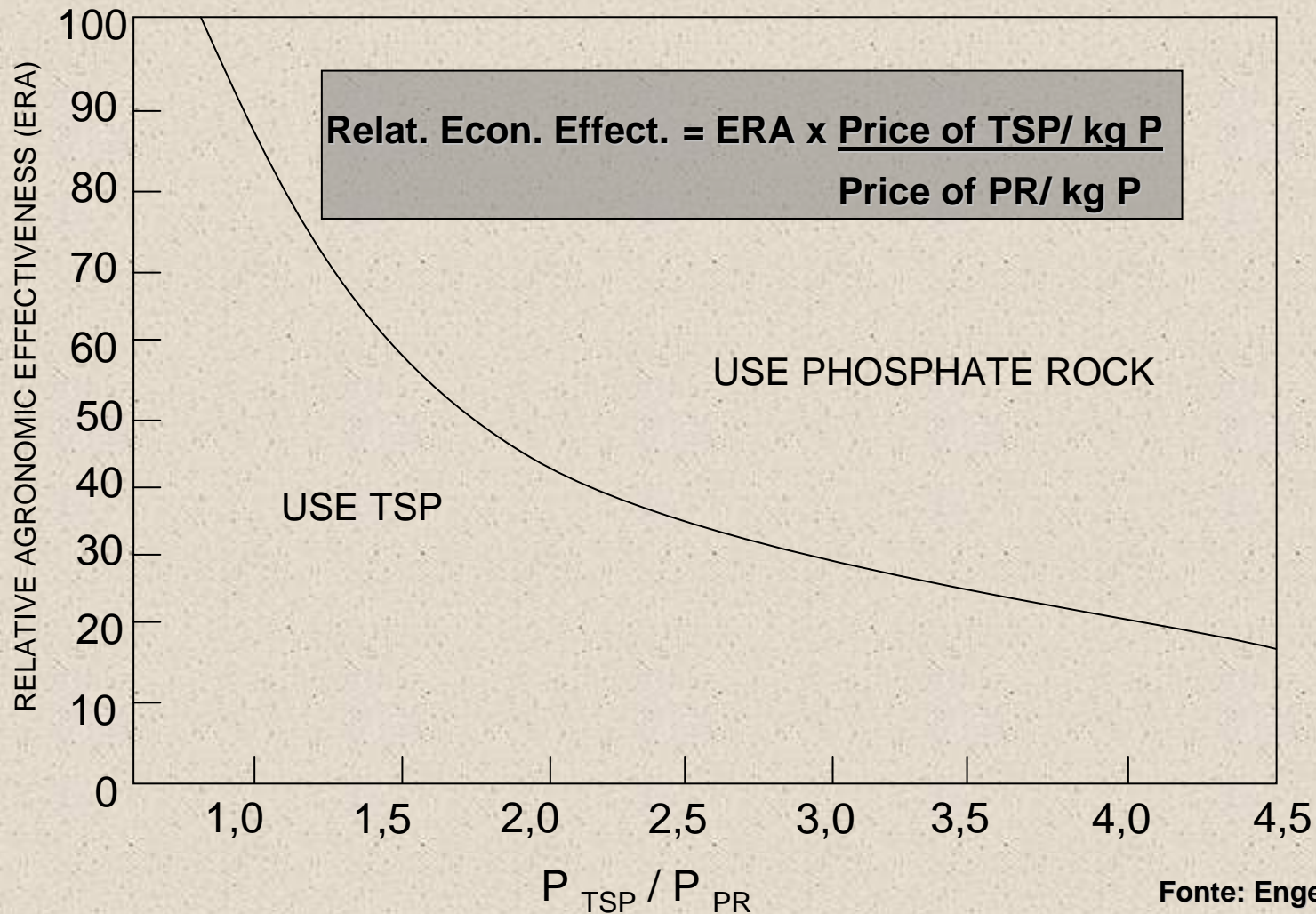
EFEITO de FONTES de P e GRANULOMETRIA

FERTILIZANTE (NK RECOMENDADO)	1976 75 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅		1977 100 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	
	TRIGO		CEVADA	
	Produção (86% H ₂ O) dt ha ⁻¹	P Removido kg ha ⁻¹	Produção (86% H ₂ O) dt ha ⁻¹	P Removido kg ha ⁻¹
Testemunha - sem P	42,0	11,6	27,1	5,8
Hiperfosfato (Gafsa), pó	↓ 50,0	↓ 15,9	↓ 39,2	↓ 11,5
Hiperfosfato (Gafsa), granulado	↓ 46,0	↓ 14,6	↓ 36,3	↓ 9,4
Termofosfato	54,0	17,2	40,8	12,3
Superfosfato	53,0	16,9	40,7	12,3

Dados de Solo: Brown Earth, pH (CaCl₂) = 5,6
 CTC efetiva (T) = 9,2 meq./100g solo
 P total = 4,3 mg, CAL – P₂O₅ 1 mg/100g soil

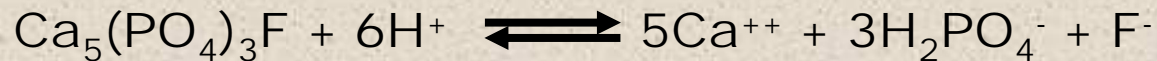
EFICIENCIA AGRONOMIA

Relationship between relative effectiveness values (RAE) and the price ratios between TSP and phosphate rock. Such a figure can be used in making a choice between these sources



TEORIA

- Um fosfato pouco solúvel será tanto mais eficiente quanto mais rápida e completamente se dissolver no solo.
- Os fatores que afetam a dissolução de fosfatos apáticos no solo podem ser deduzidos da reação abaixo:



$$K_{ps} = \frac{[\text{Ca}^{++}]^5 [\text{H}_2\text{PO}_4^-]^3 [\text{F}^-]}{[\text{H}^+]^6}$$

Fonte: Khasawneh e Doll, 1978

FATORES:

- Kps (solubilidade do fosfato)
- Área de superfície (tamanho e porosidade de partículas)
- Proximidade das partículas (granulação)
- pH do solo (calagem, tipo de planta, ciclo)
- Ca na solução (CTC, calagem, tipo de planta)
- P e F na solução (CAP, retenção de P)
- Difusão de P (teor de umidade do solo, etc...)
- Textura do solo

FATORES DE AFETAM A EFICIÊNCIA DE FOSFATOS NATURAIS

- a) Origem do fosfato: sedimentar, ígnea, etc.
- b) Tipo de Solo: acidez, teor de Ca, M.O, textura, etc
- c) Planta: Sistema radicular, tempo de crescimento, relação cátions:ânions, absorção de Ca, micorrizas, etc.
- d) Modo de aplicação: localizada ou mistura com o solo (lanço), incorporado ou superficial;
- e) Sistema de cultivo: plantio direto ou convencional.

ÍNDICE DE EFICIÊNCIA AGRONÔMICA (IEA)

$$IEA (\%) = \frac{Y2 - Y1}{Y3 - Y1} \cdot 100$$

Y1 = produção obtida pela parcela onde não houve aplicação de fósforo (testemunha)

Y2 = produção pela fonte que está sendo testada, com a dose x de fósforo

Y3 = produção obtida pela fonte de referência (ST) na mesma dose x de fósforo

EQUIVALENTE EM SUPERFOSFATO TRIPLO (EqST)

$$EqST (\%) = \frac{X_1}{X_2} \cdot 100$$

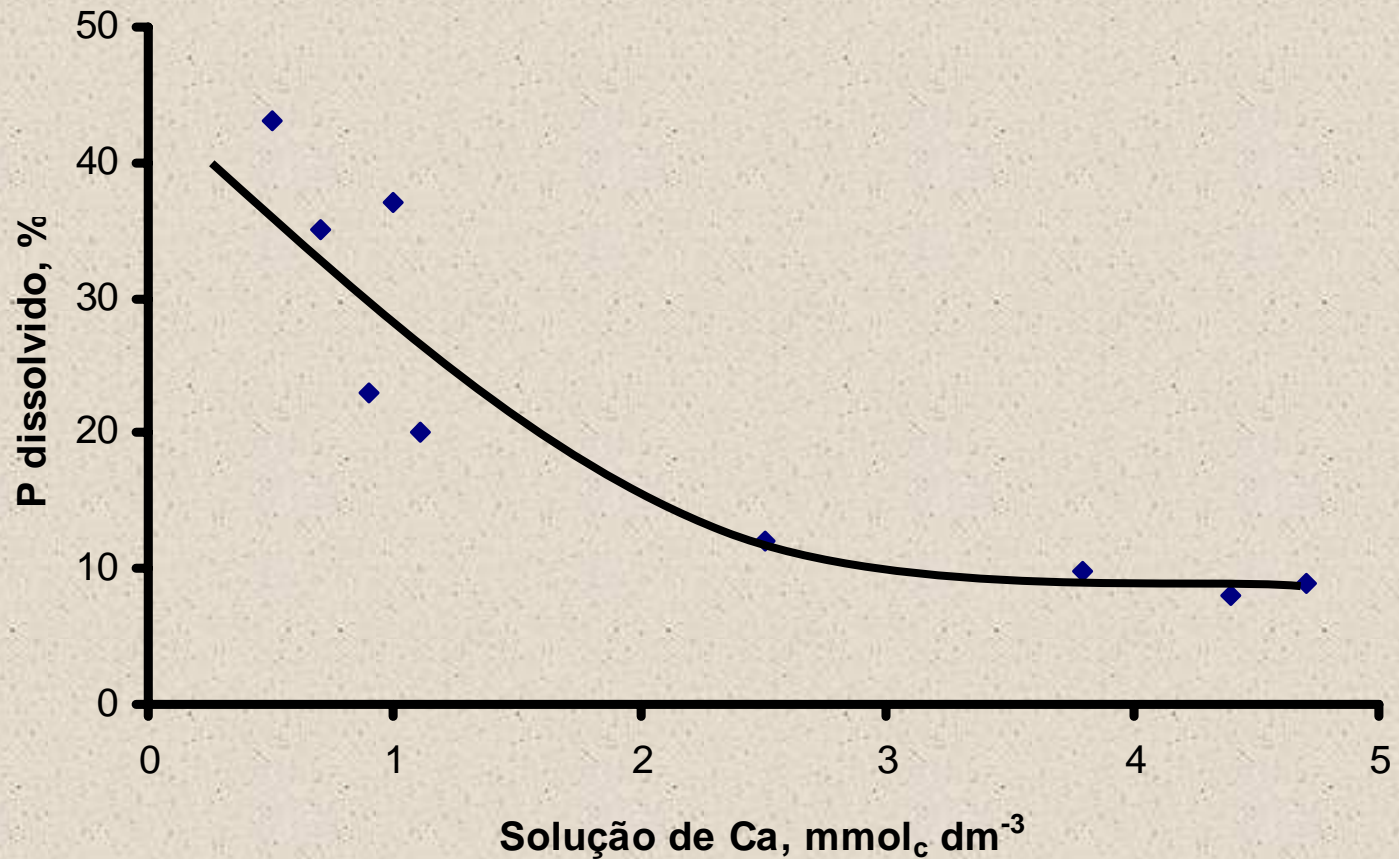
X₁ = dose de fósforo do superfosfato triplo, necessária para se obter a produção y_2

X₂ = dose de fósforo da fonte teste necessária para se obter a mesma produção y_2




Diferenças de respostas a fontes de P em função da espécie/cultura

Influência do Ca em solução na dissolução do P proveniente do fosfato de Gafsa



Influência do CaCO_3 na solubilidade do Fosfato de ARAD em Ácido Fórmico 2%

P ₂ O ₅ TOTAL %	CaCO ₃ (Calcita) Adicionado %		Solubilidade - Ác. Fórmico 2%	
			P ₂ O ₅ %	% Total P ₂ O ₅
32,6	0		20,8	63,8
32,0	2		20,0	62,5
31,0	5		18,9	61,0
30,0	8		17,8	59,3
29,0	11		16,7	57,6
28,0	14		15,9	56,8
27,0	17		14,8	54,8

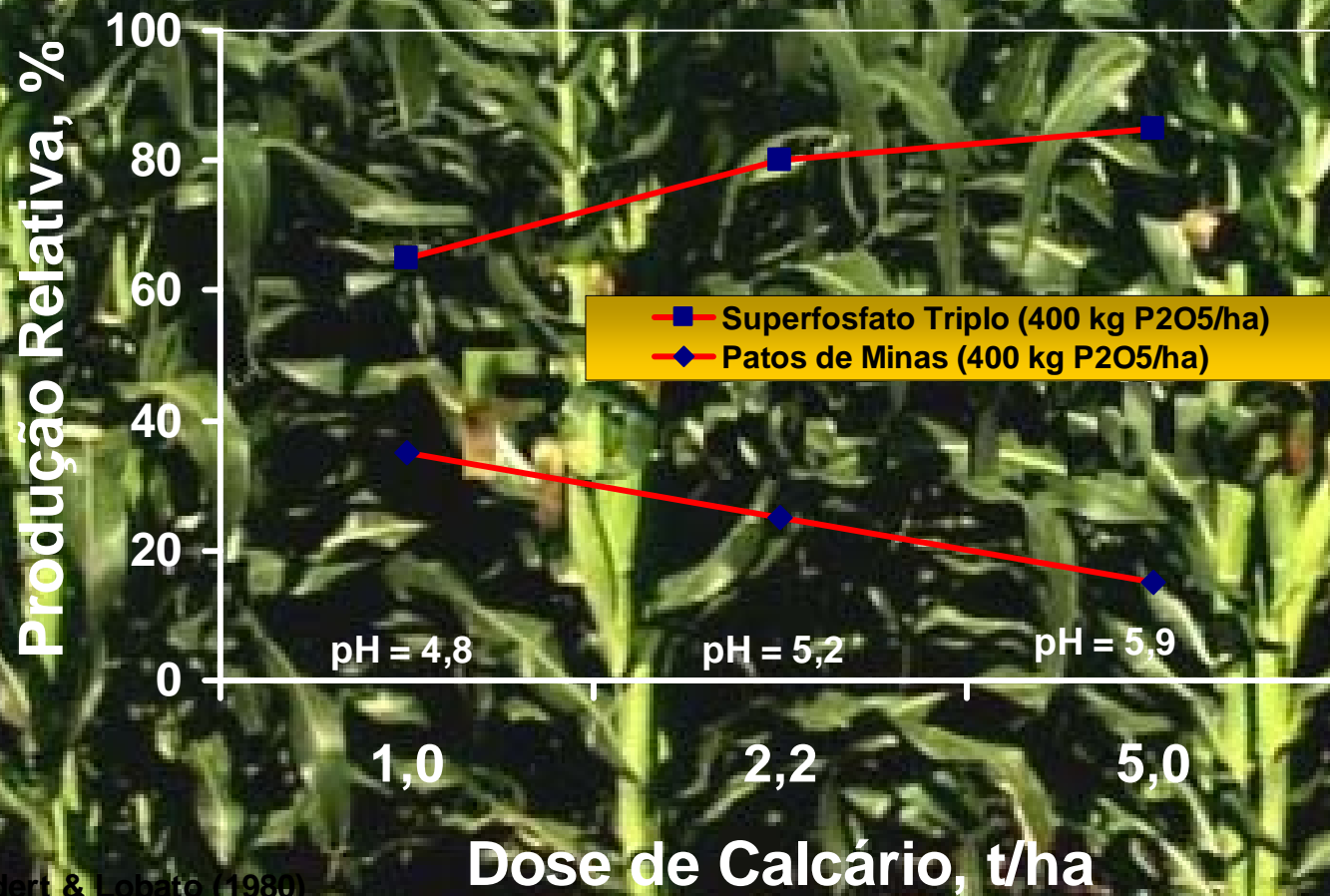
Amostra: Arad camada do fundo, amostra padrão

Fração 20/100 mesh. Moída até passar em peneira de 200-mesh

Calcite (CaCO_3): Calcário natural retirado da região de ARAD, moído até passar em peneira 200-mesh

Teste de solubilidade feito conforme exigência da Comunidade Econômica Européia

Fonte: Axelrod, 1979



Goedert & Lobato (1980)

Formação espigas

Foto: Milan

PROJETO FERTILIDADE - COAMO

CALAGEM - FOSFATAGEM

PRODUÇÃO DE GRÃOS DE SOJA EM FUNÇÃO DAS FONTES DE P APLICADAS NO SOLO

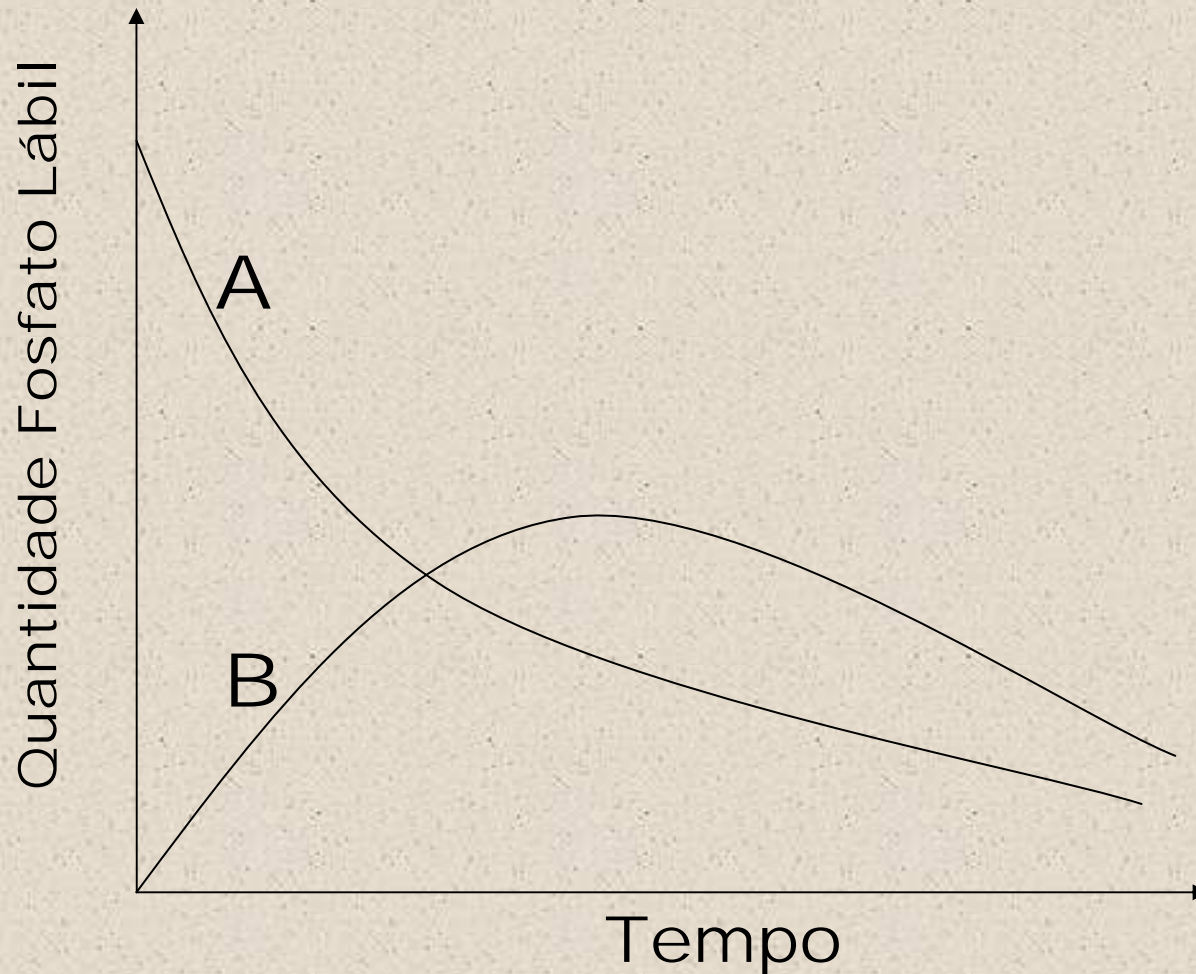
TRATAMENTOS	CONDIÇÃO DO SOLO	PRODUÇÃO EM GRÃOS - Sc/Alq. Média 95/96 - 96/97 - 97/98
Termofosfato Yoorin	Com Calcário	129
Fosfato Reativo Gafsa	Com Calcário	128
Fosfato Reativo de ARAD	Com Calcário	127
Super Simples	Com Calcário	135
Testemunha	Com Calcário	111
Termofosfato Yoorin	Sem Calcário	78
Fosfato Reativo Gafsa	Sem Calcário	94
Super Simples	Sem Calcário	95
Fosfato Reativo de ARAD	Sem Calcário	94
Testemunha	Sem Calcário	54

Índice de eficiência agronômica (IEA) do fosfato natural reativo de Arad, em 3 solos do Mato Grosso do Sul, em diferentes doses de calcário, e respectivas saturações por base (SB), antes do plantio da *Brachiaria brizantha* Marandu.

Calagem t /ha	SOLOS					
	AQ		LE		LR	
	SB	IEA	SB	IEA	SB	IEA
0	18	108	24	108	13	105
1	59	87	39	105	30	139
2	69	18	49	99	45	102
4	76	11	60	77	57	76
8	81	-36	75	39	76	21

Fonte: Macedo e Bono, 2001

Comparação teórica entre o comportamento do fosfato solúvel em água (A) e de liberação lenta (B), adicionados ao solo em quantidades iguais no tempo



Fonte: Adaptado de LASSEN (1971) citado por WOLKWEISS e RAIJ (1976) – VIII Reunião Pesq. Soja da Região Sul

Efeitos da calagem e de fontes de P nas propriedades químicas do solo, 3 meses após a aplicação

FONTE	Dose Aplicada <i>kg P/ha</i>	Calcário (ton/ha)					
		0			3,0		
		pH	Ca+Mg <i>meq 100/g</i>	Al	pH	Ca+Mg <i>meq 100/g</i>	Al
Superfosfato Simples	38	4,5	0,78	1,3	5,1	2,1	0,4
	150	4,5	1,11	1,2	5,2	2,7	0,4
	600	4,5	1,97	1,0	5,1	3,6	0,2
Termofosfato	38	4,7	0,81	1,1	5,3	2,6	0,2
	150	4,9	1,53	0,8	5,4	3,2	0,2
	600	5,5	4,22	0,1	5,9	5,4	0,0
Fosfato de Araxá	38	4,4	0,43	1,3	5,1	2,0	0,5
	150	4,5	0,75	1,2	5,3	2,4	0,3
	600	4,6	0,89	1,2	5,3	2,4	0,2
Hiperfosfato (Gafsa)	38	4,7	0,71	1,2	5,2	2,0	0,4
	150	4,7	1,00	1,0	5,5	2,7	0,1
	600	5,0	2,31	0,5	5,4	3,5	0,1
Testemunha	0	4,4	0,63	1,3	5,2	2,2	0,4

* L.S.D=0,05; pH = 0,19; Ca + Mg = 0,92; Al = 0,19

Fonte: Naderman, 1982
Agronomy Journal

Soil pH and exchangeable Ca and Al of the soil treated with various P sources

P source	Soil pH	Exchangeable	
		Ca	Al
		cmol (+) kg ⁻¹	
Huila	4,93	0,54	2,79
Pesca	4,90	0,31	2,18
Gafsa	5,00	0,56	2,27
Tennessee	4,83	0,41	2,52
Central Florida	4,70	0,34	2,52
Fosbayovar	4,97	0,38	2,88
TSP	4,60	0,20	2,89
No P	4,10	0,17	2,51
(Mean of PRs) ^a	(4,89 ± 0,11)	(0,42 ± 0,10)	(2,53 ± 0,28)

^a ± standard deviation

Fonte: Chien et al., 1987

– Soil Science

pH, Ca e Al trocável no solo tratado com várias fontes de P

Fonte P	pH Solo	Trocável	
		Ca	Al
cmol _c kg ⁻¹			
Huila	4,93	0,54	2,79
Pesca	4,90	0,31	2,18
Gafsa	5,00	0,56	2,27
Tennessee	4,83	0,41	2,52
Central Florida	4,70	0,34	2,52
Fosbayovar	4,97	0,38	2,88
TSP	4,60	0,20	2,89
No P	4,10	0,17	2,51
Média ^a	(4,89 ± 0,11)	(0,42 ± 0,10)	(2,53 ± 0,28)

^a ± Desvio Padrão

Fonte: Chien et al., 1987
Soil Science

FOSFATO NATURAL REATIVO

Preferencialmente para solos mais ácido e argilosos

Aplicar antes da calagem

Para solos pobres em Ca e P

Aplicação a lanço e incorporado

Aplicar na forma farelada

Para culturas de ciclo longo (Perenes ou Semi-perenes)

FOSFATO SOLÚVEL

Para solos corrigidos e qualquer textura

Aplicar depois da calagem

Para solos com qualquer teor de Ca e P

Aplicação em linha p/ solos argilosos e lanço para arenosos

Aplicar na forma granulada

Para qualquer cultura

VALOR CORRETIVO DOS FOSFATOS NATURAIS

Whereas most fertilizers ultimately cause soil acidification (directly or indirectly) reactive rock phosphate (RPR) fertilizers possess the potential to decrease soil acidity (increase soil pH).

The liming action of RPR's occurs via two main processes:

- a) Many RPR's contain free lime: in the case of North Carolina RP this equates to a lime equivalent of approximately 117kg Calcium carbonate per tonne of fertilizer
- b) The dissolution process of the apatite which consumes acids (in forming the H_2PO_4 and HPO_4 anions from the mineral PO_4 form): it is estimated that every 1kg of P dissolving from PR's gives a liming value equivalent to 3.2 kg calcium carbonate.

Tests have shown liming values (calcium carbonate equivalents) of 536kg for North Carolina, 470kg for Sechura and 500kg for Gasfa RP's per tonne of fertilizer.

The two different liming effects allow for a relatively quick response (due to the "free" carbonate) and a slower response accompanying the dissolution process.

Even unreactive RP's (such as those from Christmas Island and Nauru) can also have significant potential liming values; however unless they dissolve they are ineffective as either fertilizers or liming agents.

(Summary of article prepared by Dr NS Bolan for Countrywide newspaper, September 1995)

Principais características das fontes alternativas de FÓSFORO

Adubo	P₂O₅ Total	P₂O₅ HCl	P₂O₅ CNA	P₂O₅ H₂O	Ca	Mg	S	Zn
	----- % -----							
Y. Master	17,5	16	-	-	20	9	-	0,5
BZ _ Yoorin	17,5	16	-	-	20	9	-	0,4
Mg – Yoorin	18	16	-	-	20	9	-	-
Yoocarín	19	17	-	5	15	2	5	-
Fosmag 545	14	14	14	5	14	3	9	0,5
Fosmag 446	18	18	18	6	13	3	10	0,6
FNCN	30	9	-	-	34	-	-	-
Hiperfosfato	32	12	-	-	25	-	-	-

HCl = Ácido cítrico 2% relação 1:100

CiNH4 = Citrato de amônio pH7,0 relação 1:100 + solúvel em água

pH em água

15 g/100 ml de água

pH da água 7,0

Produto	SSP	TSP	ARAD
pH	3,57	2,79	7,2

ácido

alcalino

Efeito do pH do solo na nodulação

Cultivar de feijão	Nódulos / planta *		
	4,5	5,0	5,5
<i>CNF 145</i>	8	8	19
<i>A 222</i>	14	10	24
<i>Negro Argel</i>	23	31	41
<i>BAT 304</i>	6	9	9

* 20 DAS

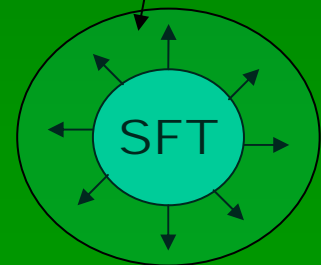
REAÇÃO DO FOSFATOS MONOCÁLCICO (SFT e SFS) NO SOLO



$\text{PO}_4^{-3} =$
pH 1,5



FOSFATO
GAFSA



Fósforo total exportado por grãos de soja, colhidos em 5 cultivos, em função de fontes de P aplicadas na dose de 240 kg/ha de P_2O_5 por ocasião do 1º cultivo, em Sistema Convencional, em um latossolo argiloso

Fontes de P	P exportado kg/ha de P_2O_5	P recuperado %
Testemunha sem P	9	
Superfostato triplo	95	36
Argélia	93	35
Marrocos	96	36
Arad	91	34
Gafsa	102	39
Carolina do Norte	102	39

Praticamente igual

Fonte: Sousa et al., dados não publicados.

Mistura de Fosf. Reativos c/ Solúveis

Tabela. Índice de eficiência agrônômica (IEA) para produção da matéria seca de grãos em função de misturas de adubos fosfatados e saturações por bases, UFLA, Lavras-MG, 1999.

Misturas (%)	saturação por bases	
	50%	65%
IEA(%).....	
100,00 FNR	103	77
33,33 ST e 66,66 FNR	104	100
50,00 ST e 50 FNR	107	101
66,66 ST e 33,33 FNR	111	102
100,00 ST	100	100

$$IEA = (MSGR \text{ Tratamento} - MSGR \text{ Test.} / MSGR \text{ ST} - MSGR \text{ Test.}) \times 100$$



Cultura: Soja

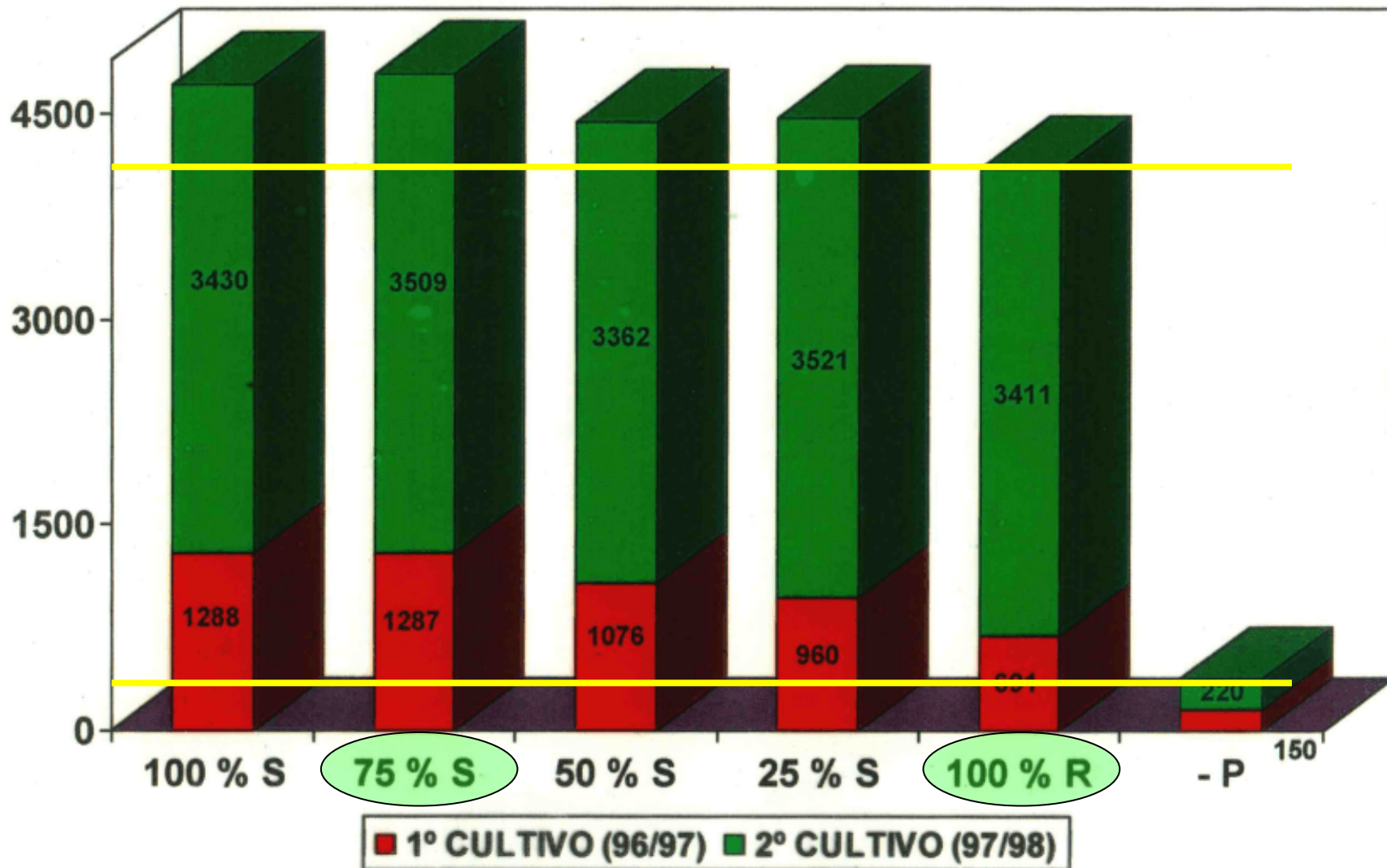


CPAC / EMBRAPA - Planaltina (DF)

Latossolo Vermelho Escuro Argiloso / Cerrado

Fosfatagem (240 kg P₂O₅ total) - Produção de Soja (cv. Savana) em kg/ha

80 kg P₂O₅ total/ha/cultivo - Mistura Carolina / TSP



Produção de matéria seca, P₂O₅ absorvido e % de P no tecido, resultantes da aplicação de fosfatos puros e parcialmente acidulados, na dose de 300 mg/vaso de P₂O₅, em cultivos de TRIGO (pH=5,0; P=2,4 mg dm⁻³; Argila=68%)

Fosfatos	P ₂ O ₅ proveniente do ác. Fosfórico (%)	Trigo		
		Mat. seca g vaso ⁻¹	P ₂ O ₅ absorvido mg vaso ⁻¹	% P tecido
GAFSA	0	1,86 b*	6,44 b	0,13
	25	1,81 b	6,47 b	0,14
	50	1,56 a	5,19 a	0,13
CATALÃO	0	0,61 a	1,00 a	0,06
	25	0,85 a	1,83 a	0,08
	50	1,32 b	3,94 b	0,12
PATOS	0	0,57 a	0,93 a	0,06
	25	0,81 a	1,57 a	0,08
	50	1,15 b	3,14 b	0,11
SFT**		1,80	6,28	0,14
TESTEMUNHA**		0,58	1,05	0,07

CONCLUSÃO: A acidulação parcial do fosfato de Gafsa é desnecessária e até prejudicial à sua eficiência como adubo fosfatado, quando aplicado ao solo em forma de pó.

Fonte: Barreto, 1977 - Dissertação de Mestrado UFRGS

Eficiência Agronômica
RESULTADOS

Eficiência Agronômica

Fontes de Fósforo



Índice de Eficiência Econômica Relativa (EER) para as fontes de P – Capim Tifton 85

Fontes de P	Crescimento			Soma dos crescimentos
	1°	2°	3°	
----- EER (%) -----				
Arad	79	142	152	116
Gafsa	41	126	132	85
Termof. Pó	59	77	74	68
Termof. Grosso	42	47	75	49
Superf. triplo	100	100	100	100




Conclusão: O fosfato natural Arad foi à única fonte de fósforo que superou a fonte de referência (ST) em termos econômicos na soma dos crescimentos

Equivalentes em superfosfato triplo (Eq. ST)* de fosfatos aplicados ($300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ - Nov/1977), considerando-se os rendimentos de uma sucessão de culturas (Cruz Alta/RS)

Fosfato	CULTURAS						Média
	Aveia 78	Soja 78/79	Aveia 79	Soja 79/80	Trigo 80	Soja 80/81	
	----- % -----						
Catalão	5	20	25	40	30	40	27
Gafsa	30-100	70-100	95	130	100	>100	>96
Pirocaua	15	70-100	100	110	100	>100	>85
Olinda	15	30	80	110	100	>100	>73
Patos Exp.	5	10	30	50	30	70	32
Patos CRA	5	20	40	60	80	70	46
Term. IPT	100	30	45	50	85	80	65

Conclusão: Considerando-se todo período experimental, a eficiência dos fosfatos em relação ao superfosfato triplo foi: superfosfato triplo (100%); Gafsa (>94%); Pirocaua (>78%); Olinda (>70%); Termofosfato IPT (66%); Patos de Minas – CRA (62%); Patos de Minas Experimental (36%) e Catalão (25%).

Produção obtida c/ diferentes fontes de P e com Superfosfato Triplo (800 kg/ha de P₂O₅ total)

<u>FOSFATOS</u>	1 ^o Cultivo (Trigo)	2 ^o Cultivo (Soja)	3 ^o Cultivo (Arroz)
	----- % -----		
Termof. Magnesiano	95	129	112
Termof. IPT	51	90	103
Fosfato Pirocaua	38	91	100
Fosfato Gafsa	 95	 101	 104
Fosfato Patos	11	46	79
Fosfato Araxá	23	48	43
Fosfato Abaeté	8	46	57
Fosfato Catalão	5	28	33

Adaptado de Goedert & Lobato, Pesq. Agrop. Bras. 15(3):311-318. 1980

Equivalente em superfosfato triplo de fosfatos aplicados (300 kg de P_2O_5 ha⁻¹) em um Latossolo Vermelho

Fonte de P	Soja 77/78	Aveia 78/79	Soja 78/79	Aveia 79	Média
-----Eq.SFT (%)-----					
Catalão ¹	5	5	15	30	16
Olinda ¹	25	25	60	60	43
Patos ¹	10	5	15	65	24
Piraocaua ¹	40	60	65	90	64
Gafsa ²	70	90	100	110	93



Fonte: UFRGS – Departamento de solos (1980)

1 Fosfatos naturais cristalinos

2 Fosfato natural sedimentar com alto grau de substituição isomórfica



Equivalentes em superfosfato triplo (Eq. ST)* de fosfatos aplicados ($300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ - Nov/1977), considerando-se os rendimentos de uma sucessão de culturas (Cruz Alta/RS)

Fosfato	CULTURAS						Média
	Aveia 78	Soja 78/79	Aveia 79	Soja 79/80	Trigo 80	Soja 80/81	
	----- % -----						
Catalão	5	20	25	40	30	40	27
Gafsa	30-100	70-100	95	130	100	>100	>96
Pirocaua	15	70-100	100	110	100	>100	>85
Olinda	15	30	80	110	100	>100	>73
Patos Exp.	5	10	30	50	30	70	32
Patos CRA	5	20	40	60	80	70	46
Term. IPT	100	30	45	50	85	80	65

Conclusão: Considerando-se todo período experimental, a eficiência dos fosfatos em relação ao superfosfato triplo foi: superfosfato triplo (100%); Gafsa (>94%); Pirocaua (>78%); Olinda (>70%); Termofosfato IPT (66%); Patos de Minas – CRA (62%); Patos de Minas Experimental (36%) e Catalão (25%).

SODIA

Rendimento de grãos de SOJA em função de diferentes doses de fosfatos em solo de baixa disponibilidade de P (2^o cultivo)



FONTE	0	50	100	400	Média
TSP	1.500 aC	2.011 aB	2.125 aB	2.317 aA	1.988 a
GAFSA	1.499 aC	1.629 bBC	1.734 bB	2.061 abA	1.731 b
DAOUI	1.480 aC	1.560 bBC	1.677 bB	1.913 bA	1.658 c
ARAD	1.495 aC	1.538 bBC	1.680 bB	1.906 bA	1.655 c
Média	1.494 D	1.685 C	1.804 B	2.049 A	

Fonte: EMBRAPA - CNPT (1988) citado por VITTI (2002).

Índice de Eficiência Agronômica (IEA) de diversas fontes de P, na doses de 400 kg/ha de P₂O₅ total, durante 4 ciclos de produção de SOJA

FONTES de P	Ciclos de Produção				Média
	1° *	2°	3°	4°	
Araxá	17	14	21	0 **	14
Patos de Minas	8	30	22	0	15
Catalão	28	0	8	0	9
Termofosfato IPT	57	83	54	26	55
Termof. Yoorin	78	132	139	119	117
Hiperfosfato	70	126	152	97	111
Fospal	124	92	75	38	82
Maranhão	102	87	99	79	92
Superf. Triplo	100	100	100	100	100

Fonte: BRAGA, N.R. et. al. (1991) - R. bras. Ci. Solo, 15:315 - 319.

Obs.: * Valores afetados por deficiência hídrica; ** Valores iguais ou menores que 0.

Produção de **SOJA** acumulada em 8 cultivos em latossolo argiloso (baixa disponibilidade de P), recebendo aplicações anuais de 80 kg/ha de P_2O_5

Fonte P^1	Modo de aplicar	Sistema de preparo	Produção de grãos em 8 cultivos ² t/ha
SFT	lanço	convencional	{ 21,2 }
SFT	sulco	convencional	
Gafsa	lanço	convencional	{ 21,3 }
Gafsa	sulco	convencional	
SFT	lanço	sem preparo	{ 20,5 }
SFT	sulco	sem preparo	
Gafsa	lanço	sem preparo	{ 15,9 }
Gafsa	sulco	sem preparo	



¹ SFT – superfosfato triplo granulado, Gafsa – fosfato natural de Gafsa, farelado.

² A produção de grãos acumulada em oito cultivos para o tratamento sem fósforo foi de 1,8 t/ha no sistema de preparo convencional.

Fonte: Sousa et al., dados não publicados.

MODO DE APLICAÇÃO/PREPARO DE SOLO

Índices de eficiência agronômica (IEA) do FNR de Gafsa durante 4 cultivos de SOJA, para aplicações anuais de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a lanço e no sulco de plantio em área com e sem preparo do solo.

Preparo do solo	Modo de aplicação	IEA - %				
		1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	
Com		Lanço	66	80	104	110
Com		Sulco	16	53	83	97
Sem		Lanço	0	64	60	63
Sem		Sulco	16	45	45	70

Fonte: Souza, dados não publicados.

Efeito de fosfatos na produção da SOJA, em solos ácidos do RS. Médias de 4 anos de produção, 3 solos e 3 locais

Fosfatos	Produção de soja			
	Adubação de correção		Adubação de manutenção	
	s/ calcário	c/ calcário	s/ calcário	c/ calcário
----- kg ha ⁻¹ -----				
Super triplo	1673	2110	1745	2037
Gafsa	1740	2147	1703	2387
Marrocos	1647	1983	1643	2020
Jacupiranga	1610	2093	1627	1970
Araxá	1590	2090	1600	1957
Testemunha	983	1119	983	1119

Fonte: Goepfert et al., 1976
 Eficiência Agronômica de Fosfatos Naturais Brasileiros

Equivalente em superfosfato triplo, obtido da curva de produção de SOJA do SFT (média de 3 cultivos) com a aplicação de 100 a 300 kg ha⁻¹ P₂O₅ dos fosfatos.

Fosfatos	Eq. SFT % *	
	100	300
Patos – CRA	0	40
Catalão	0	27
Patos Experimental	0	72
Termofosfato IPT	72	50
Trauíra	97	72
Olinda	121	44
Gafsa	375**	107

Conclusão: O fosfato natural de Gafsa aplicado em pó, a lancha e incorporado, é o único fosfato entre os testados, apto a ser utilizado como fonte de fósforo para as plantas, baseado na relação de preço entre este e o Superfosfato Triplo.

* O Eq. SFT é aqui definido como a quantidade de P na forma de superfosfato triplo que proporciona rendimento igual à dose de P aplicada ao solo na forma do fosfato considerado, tomada como 100%.

**Reaplicação em 1978 de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de SFT

Rendimento de grãos de **SOJA** cultivado em diferentes doses de calcário dolomítico aplicadas em superfície e fontes de P em sistema de plantio direto na palha - 3º cultivo

Doses de Calcário	Fórmula	Tipos de adubação		MÉDIA	Índice relativo
		DAP	ARAD		
Kg / ha					(%)
0	2518	2370	2589	2492	100
1000	2665	2650	2764	2693	108
2000	2509	2625	2575	2570	103
3000	2581	2682	2482	2582	104
4000	2404	2678	2513	2532	102
5000	2583	2620	2398	2534	102
Média	2543	2604	2554	2567	

F doses de calcário: 0,759^{ns}

C.V. (doses de calcário): 10,74%

F tipos de adubação: 0,804^{ns}

C.V. (tipos de adubação): 6,90%

F de interação: 1,44^{ns}

ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Local: Granja Benno Arns & Filhos - Cruz Alta - RS (93/94, 1994, 94/95)

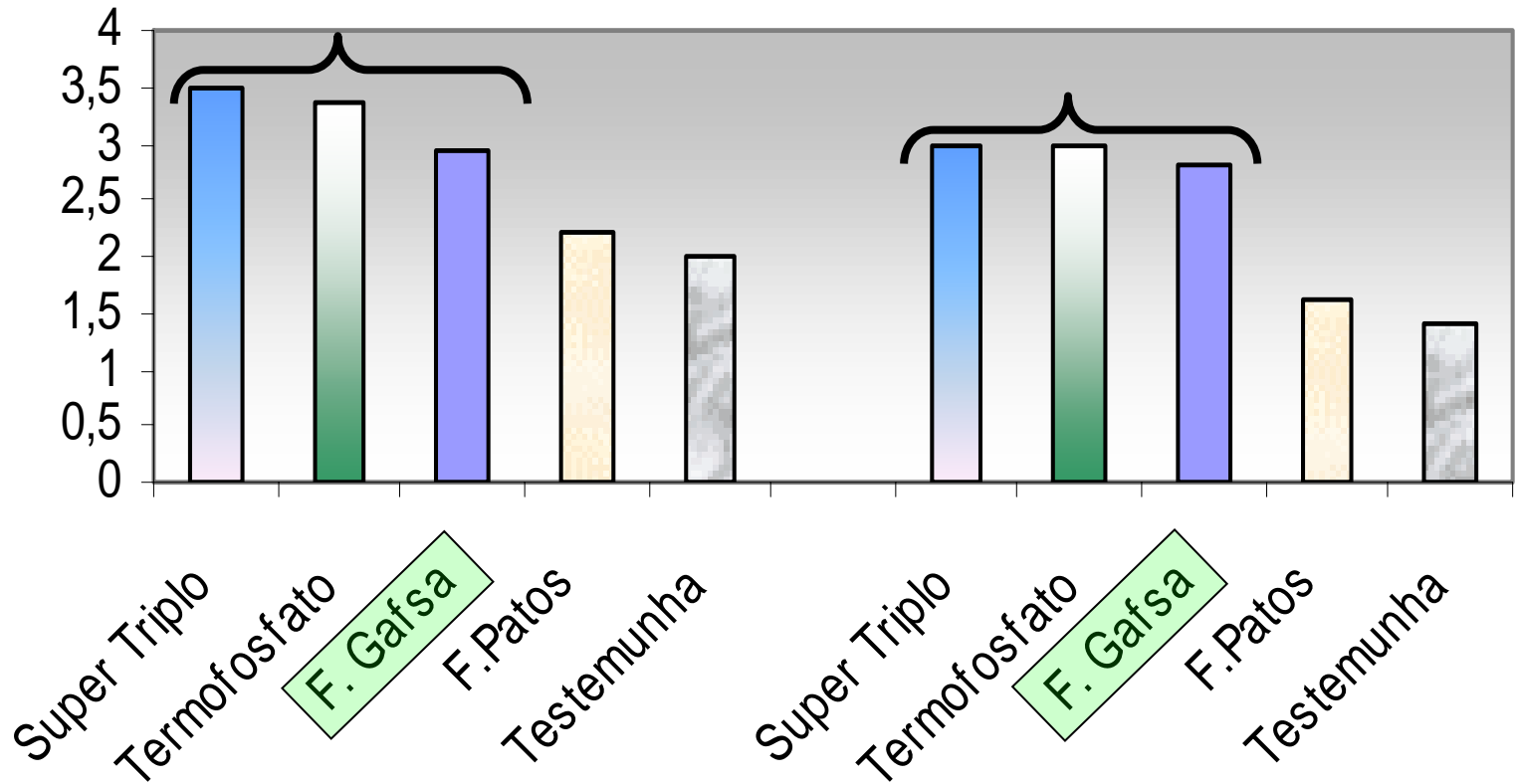
Argila (%)	PH água	Ind. SMP	P mg/l	K mg/l
70	5,2	5,5	7,5	130
Al cmol/l	Ca cmol/l	Mg cmol/l	N.C. ton/ha	M.O. %
0,4	4,9	3,0	6,1	3,6

} LVa com 8 anos de P.Direto

Fonte: FUNDACEP

Efeito de fontes de fósforo na produção de grãos de soja (1987/88 e 1988/89)

Produção de grãos
(ton/ha)



Fontes

Fonte: Coutinho et ali., 1991

Efeito de fontes de P e formas de aplicação dos fosfatos, em 2 cultivos sucessivos de SOJA, em campo natural de solo ácido, com baixa disponibilidade de P e com aplicação superficial de doses de calcário.

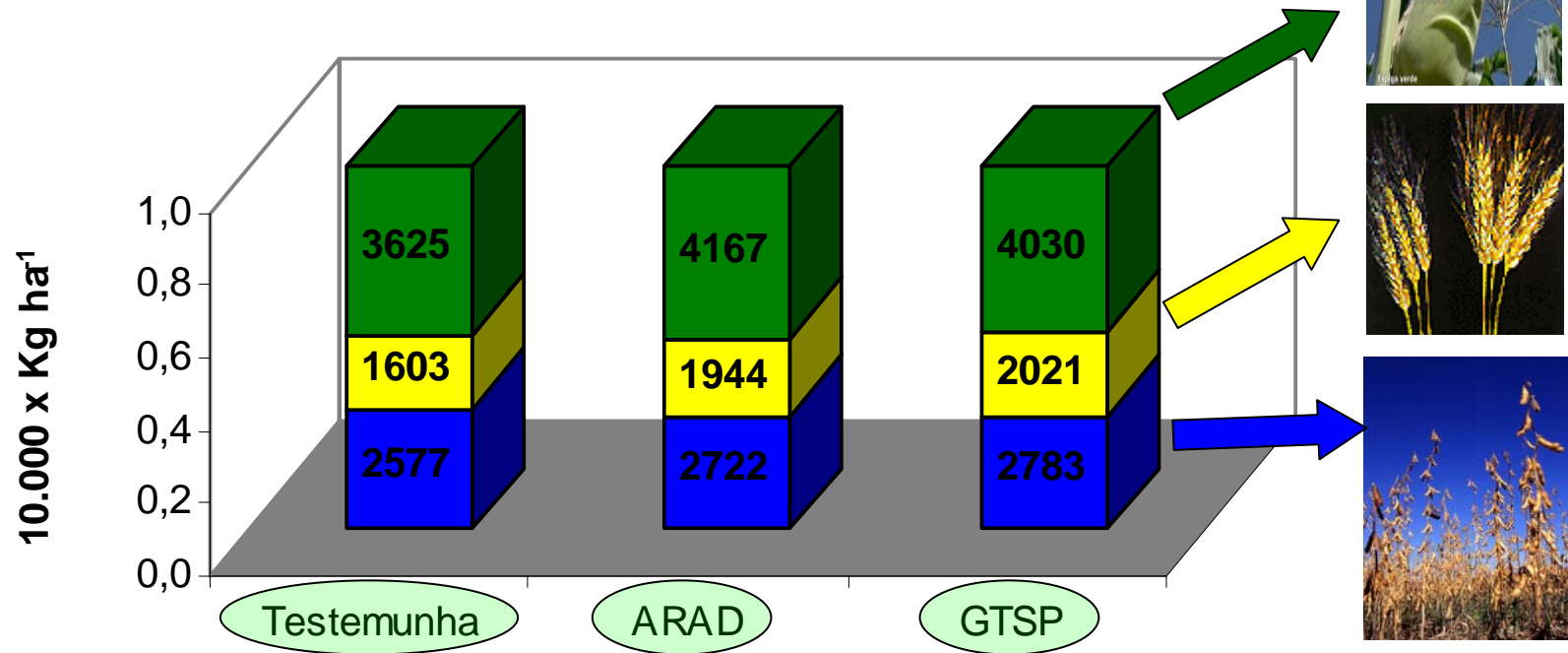
Fosfatos e formas de adubação	Dose de calcário - t ha ⁻¹				Médias
	0	2,0	4,0	6,0	
	kg ha ⁻¹				
Testemunha (PD)	446	679	725	615	616 e
Arad lanço (PD) ²	776	765	832	735	777 d
Arad linha (PD) ³	1330	1305	1538	1402	1394 c
Arad lanço+formulado linha (PD)⁴	1778	2102	1802	2039	1930 ab
Superfosfato triplo (PD) ⁵	1576	1670	1910	2105	1816 b
Formulado linha +SFT inc. (PC)⁶	1864	2037	2201	2232	2083 a

CONCLUSÕES: No cultivo imediato à aplicação dos fosfatos e do calcário, a produção de grãos foi mais alta em todos os tratamentos onde foram usados fosfatos solúveis, solteiros ou em misturas

MILILHO

EMBRAPA/CNPT– 1994/96

Latossolo Vermelho Escuro Distrófico
Média de 50, 100 e 200 kg/ha P₂O₅ Total



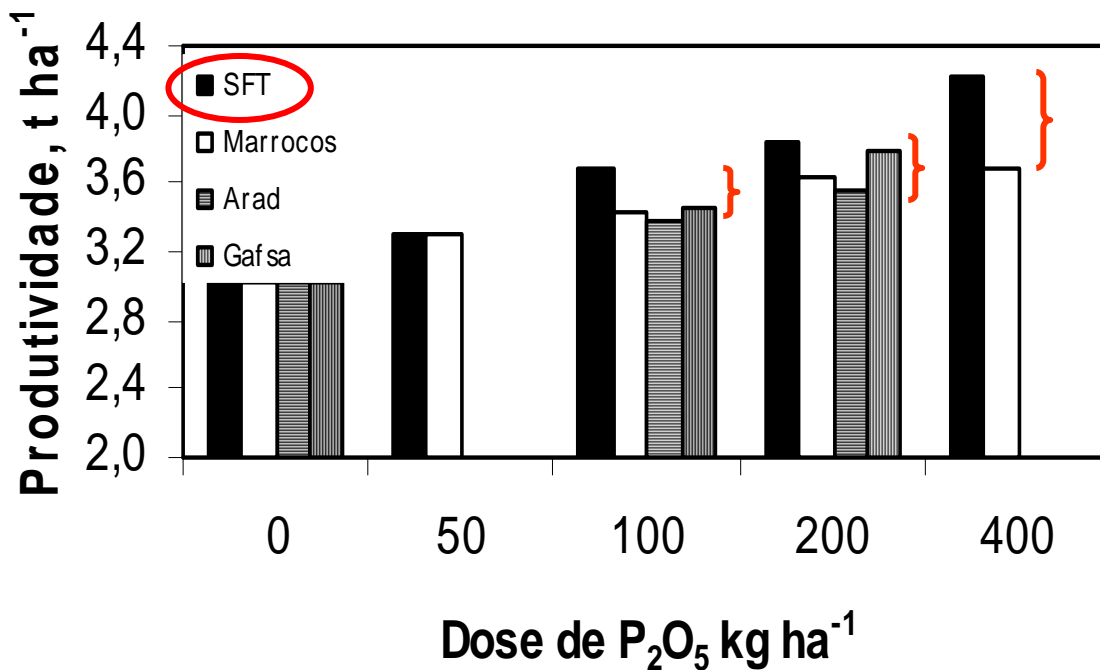
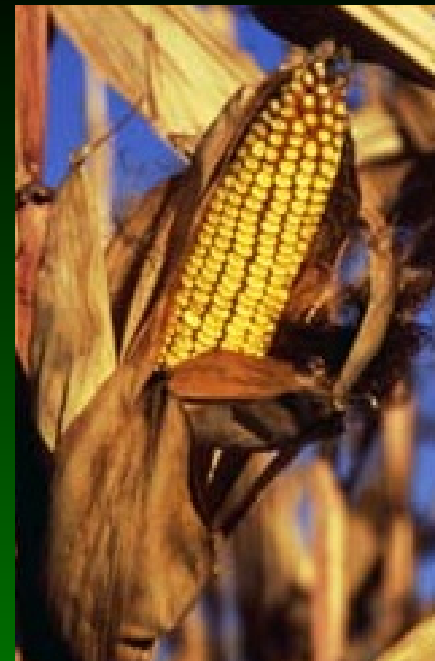
■ Soja (Efeito imediato) ■ Trigo (Efeito Residual) ■ Milho (Efeito Residual)

Rendimento de grãos de SOJA (1º cultivo) e de MILHO (2º cultivo) em resposta à aplicação de 50 kg/ha de P₂O₅ com 2 fontes de P aplicadas a lanço e no sulco em sistema convencional e plantio direto

Fonte de P	Modo de Aplicação	Produtividade (t ha ⁻¹)	
		Soja	Milho
Sistema Plantio Direto			
TSP	sulco	3,5	9,9
TSP	lanço	3,7	10,3
FNR	sulco	3,5	9,6
FNR	lanço	3,6	9,2
Sistema de Preparo Convencional			
TSP	sulco	3,4	9,5
TSP	lanço	3,6	10,6
FNR	sulco	3,4	8,8
FNR	lanço	3,4	9,2

Fonte: SOUSA & LOBATO, 2003. Solo bem suprido de P.

EFICIÊNCIA DE FONTES DE FÓSFORO (MILHO – P. Convencional)



Korndörfer et al. (1999)

CONCLUSÕES

Os equivalentes em superfosfato triplo dos fosfatos naturais estrangeiros foram de 60, 80 e 97%, respectivamente para os fosfatos Arad, Marrocos e Gafsa

Produção de **milho** cultivado em diferentes doses superficiais de calcário (dolomítico) e tipos de adubação em sistema de plantio direto na palha - 1º cultivo.

Doses de Calcário	Fórmula	Tipos de adubação			Índice relativo (%)
		DAP	ARAD	MÉDIA	
Kg / ha					
0	7209	6241	6340	6597	100
1000	6375	6636	6803	6605	100
2000	6630	6602	6630	6620	100
3000	6853	6518	6601	6657	101
4000	7309	7079	6581	6990	106
5000	6537	6909	6713	6720	102
Média	6819	6664	6611	6698	

F doses de calcário: 0,613^{ns}

C.V. (doses de calcário): 9,90%

F tipos de adubação: 1,137^{ns}

C.V. (tipos de adubação): 7,38%

F de interação: 1,522^{ns}

ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Local: Granja Benno Arns & Filhos - Cruz Alta - RS (93/94, 1994, 94/95)

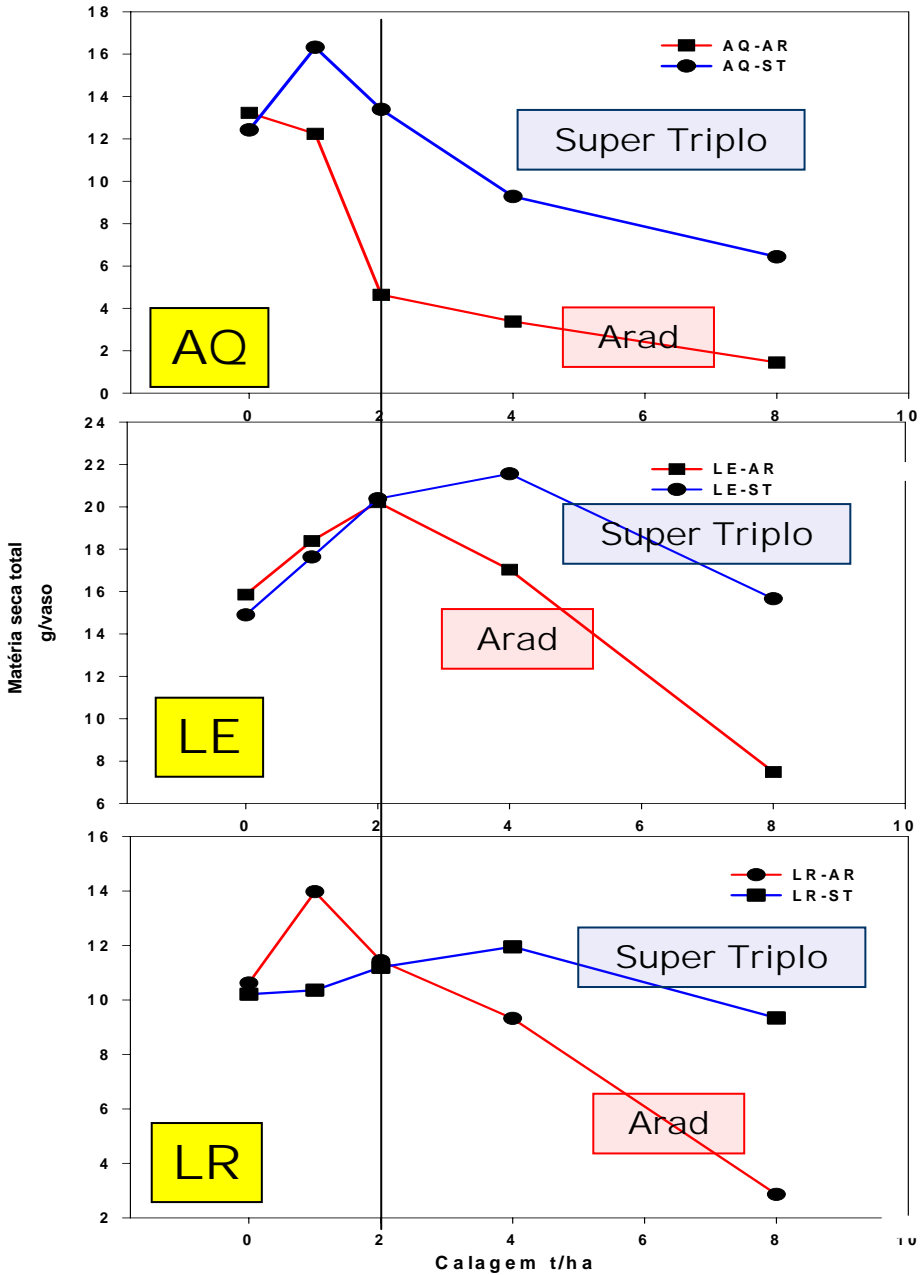
Argila (%)	PH água	Ind. SMP	P mg/l	K mg/l
70	5,2	5,5	7,5	130
Al cmol/l	Ca cmol/l	Mg cmol/l	N.C. ton/ha	M.O. %
0,4	4,9	3,0	6,1	3,6

} LVa com 8 anos de P.Direto

Fonte: FUNDACEP

PASTAGEN

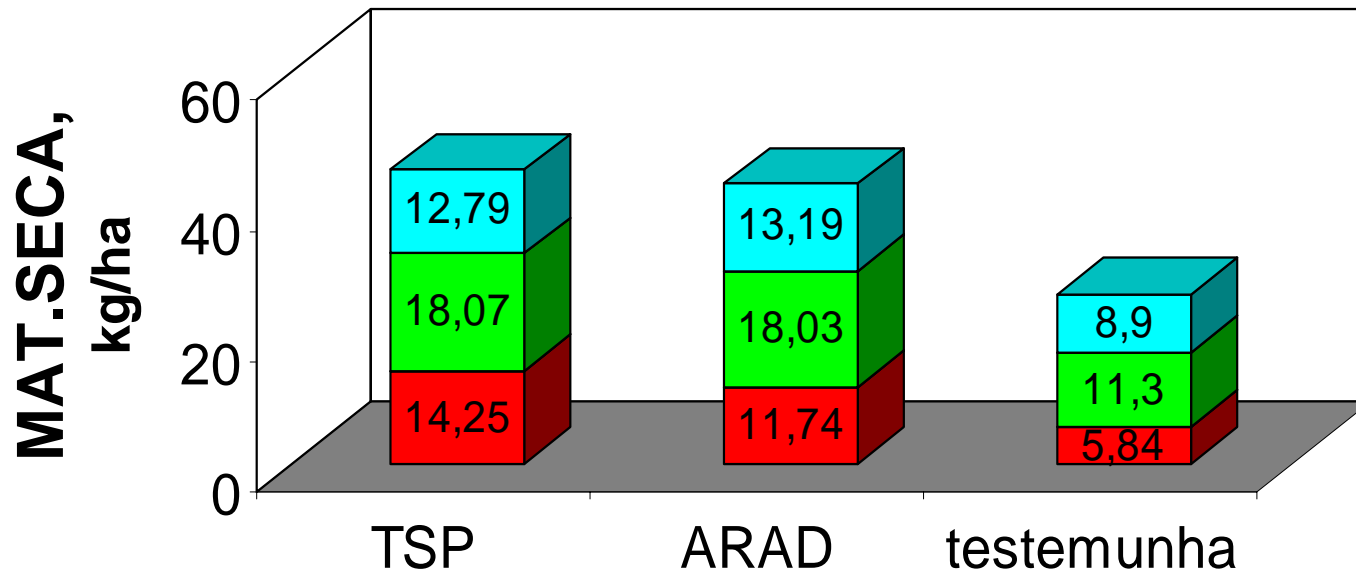
Produção de matéria seca total de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em AQ, LE argiloso e LR, Campo Grande - MS, em função de fontes de P (ST e ARAD) e níveis de calagem



PRODUÇÃO DE *B. BRIZANTHA* (cv. Marandu)

LATOSSOLO VERMELHO ESCURO ARGILOSO / CERRADO

100 kg/ha de P_2O_5 total à lanço, incorporado – Janeiro / 96



- Manutenção II - 6º e 7º cortes (25 e 28 meses)
- Manutenção I - 3º, 4º e 5º cortes (12, 18 e 23 meses)
- Estabelecimento - 1º e 2º cortes (3 e 10 meses)

Índices de Eficiência Agronômica (IEA) para 3 FNR obtidos com *pastagens* na região dos Cerrados (período de 3 anos)

FOSFATOS	IEA - %		
	Ano		
	1º	2º	3º
Arad ¹	69	102	101
Carolina do Norte ¹	86	116	128
Gafsa ²	103	100	88

Fonte: ¹ Bono & Macedo (1998), ² Lobato et al. (1999)

CONCLUSÃO: Para pastagens, os fosfatos de alta reatividade têm apresentado eficiência agronômica inicial superior à obtida com culturas anuais

The effect of source of rock phosphate and rates of superphosphate with and without lime on yields and phosphorus uptake of SUDANGRASS and Ladino clover grown on Cecil clay loam in the greenhouse

TRATAMENTO			Capim Sudão		Trevo Ladino*	
Calcário	P ₂ O ₅	Fonte de Fósforo	Produção	P ₂ O ₅ absorvido	Produção	P ₂ O ₅ absorvido
kg/ha	kg/ha		g/vaso	mg/vaso	g/vaso	mg/vaso
0	0	-----	1,00	2,10	6,56	21,26
0	60	Superfosfato Triplo	1,55	6,36	7,31	27,37
0	120	Superfosfato Triplo	1,58	6,85	8,11	30,75
0	240	Superfosfato Triplo	2,23	11,82	7,86	34,70
2000	0	-----	2,67	9,61	9,85	31,92
2000	60	Superfosfato Triplo	3,21	14,12	12,11	40,59
2000	120	Superfosfato Triplo	3,08	14,78	12,77	48,69
2000	240	Superfosfato Triplo	3,85	18,87	14,89	59,71
0	120	Curacao Island rock	1,61	6,44	8,90	34,65
2000	120	Curacao Island rock	3,08	12,01	13,35	46,00
0	120	Morocco rock	1,58	6,79	7,04	30,90
2000	120	Morocco rock	3,11	12,75	13,54	46,92
0	120	Tennessee brown rock	1,42	5,25	8,18	30,50
2000	120	Tennessee brown rock	2,99	10,17	11,23	36,88
0	120	Florida land rock	1,19	4,76	7,76	31,62
2000	120	Florida land rock	3,00	9,90	11,22	38,27
0	120	Idaho rock	1,20	4,92	7,47	30,96
2000	120	Idaho rock	2,64	9,77	9,15	31,76
0	120	Tunis rock	1,90	9,12	9,42	36,74
2000	120	Tunis rock	2,85	11,40	12,43	43,35
0	120	South Carolina rock	1,99	8,96	8,21	31,61
2000	120	South Carolina rock	3,06	11,93	13,33	43,44
LSD 0,05			0,38	3,15	0,9	6,10
LSD 0,01			0,51	4,17	1,2	8,07

*Produção e P absorvido = soma de 3 cortes

Fonte: Bennett et al., 1957 – Soil Science Proceedings

TRIGO

EFEITO DE FONTES DE P

FERTILIZANTE (NK RECOMENDADO)	1976 75 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅		1977 100 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	
	TRIGO		CEVADA	
	Produção (86% H ₂ O) dt ha ⁻¹	P Removido kg ha ⁻¹	Produção (86% H ₂ O) dt ha ⁻¹	P Removido kg ha ⁻¹
Po	42,0	11,6	27,1	5,8
Hiperfosfato (Gafsa), pó	50,0	15,9	39,2	11,5
Hiperfosfato (Gafsa), granulado	46,0	14,6	36,3	9,4
Termofosfato	54,0	17,2	40,8	12,3
Superfosfato	53,0	16,9	40,7	12,3

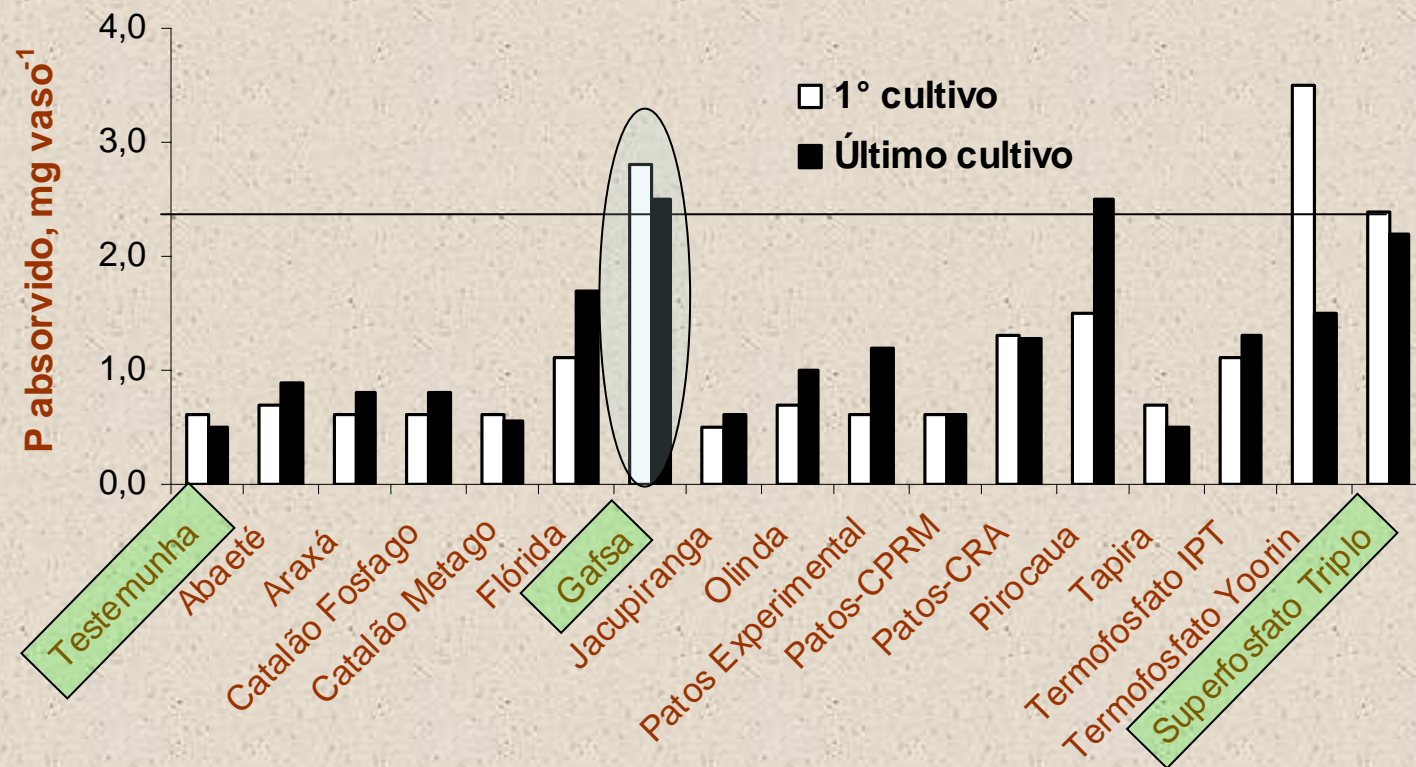
Dados de Solo: Brown Earth, pH (CaCl₂) = 5,6

CTC efetiva (T) = 9,2 meq./100g solo

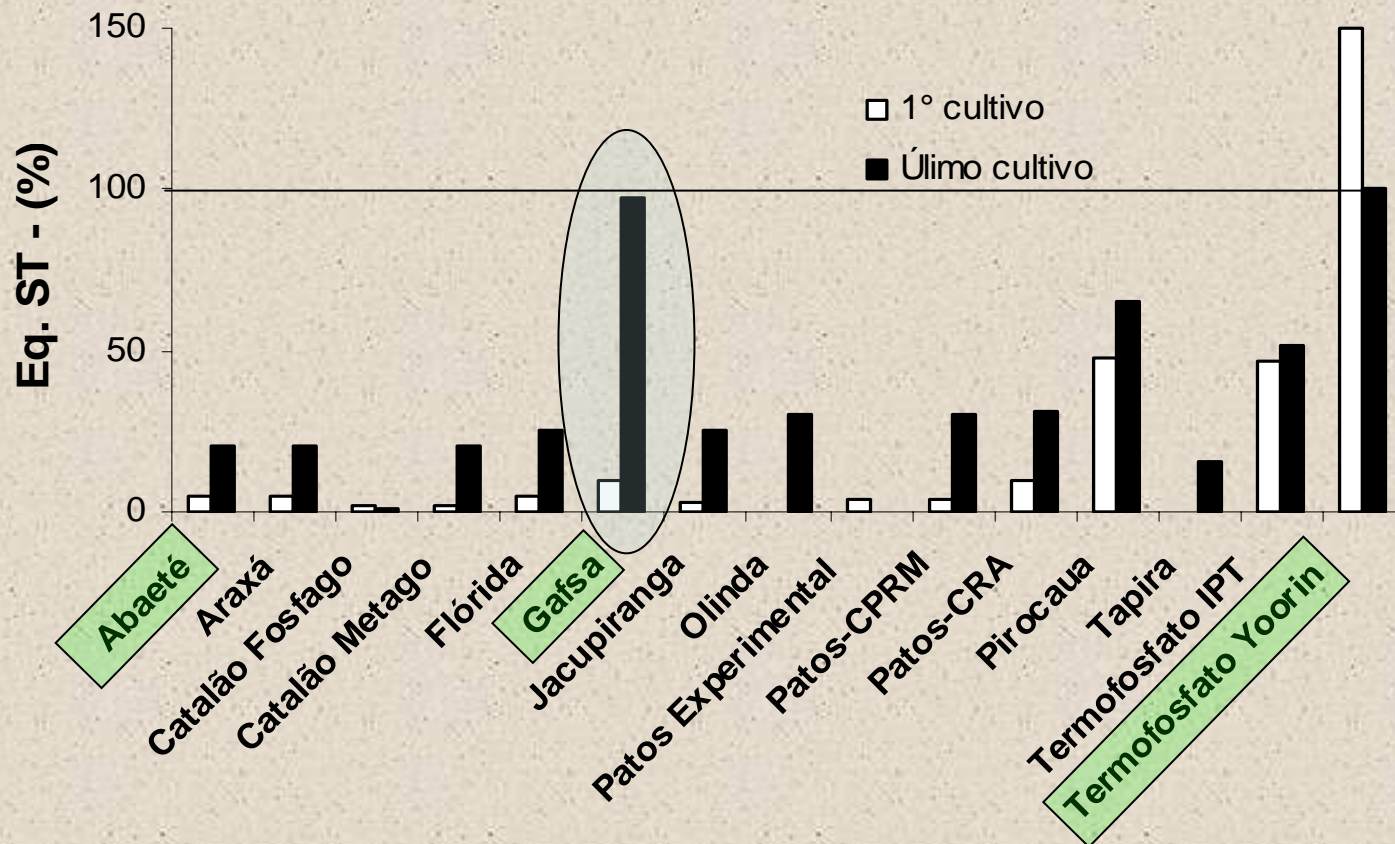
P total = 4,3 mg, CAL – P₂O₅ 1 mg/100g soil

Fonte: Amberg, 1979

Efeito da aplicação de fosfatos no P absorvido pelo TRIGO (300 mg P₂O₅ vaso⁻¹) - Latossolo bruno distrófico - pH 6,1; P = 2,4 mg/dm³; Argila = 68%



Eq. Superfosfato Triplo (EQ. ST) dos fosfatos, TRIGO
 (300 mg P₂O₅ vaso⁻¹) - Podzólico Vermelho Amarelo =
 pH 6,2; Argila = 27%; P = 8,6 mg/dm³



Fonte: Korndörfer, 1978 – Tese de Mestrado/UFRGS

CAFFE

Efeito de fontes de P na produção de café beneficiado

(Três Pontas/MG)

Tratamentos	Produção de 1985 - Sacos beneficiados/ha	
Testemunha	8,1	} Conclusão ??
Superfosfato simples - 100g/cova	32,2	
Fosfato Araxá - 200g/cova	34,1	
Fosfato de Patos - 200g/cova	31,1	

Fonte: Barros, et al

EFETO DE FONTES

DE P

Carmo do Paranaíba

TRATAMENTOS	1995	1996	Média	R%
	sacos beneficiados /há			
Testemunha	48.6	6.8	27.7	100
500 kg SFS/há	55.4	19.5	37.4	135
1000 kg Yoorin Máster/há	61.9	12.7	37.3	134
2000 kg Araxá/há	47.1	9.3	28.2	102

Adaptado de Santinato et al, 1996 (Informações Agronômicas, N.76 - POTAFÓS)