

# ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO

- Antônio M. Coelho Eng. Agr. Ph.D.
- Vera Maria Carvalho Alves Eng. Agr. Dr.
  - Sete Lagoas - MG Tel.: 3779-1164
  - E-mail: [amcoelho@cnpms.embrapa.br](mailto:amcoelho@cnpms.embrapa.br)



## **OBJETIVOS**

- **FORNECER INFORMAÇÕES SOBRE ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO ENFOCANDO OS SEGUINTE ASPECTOS:**

- ⇒ Indicadores do consumo de fertilizantes;
- ⇒ **Acúmulo e exportação de fósforo**
- ⇒ Avaliação do estado nutricional - diagnose foliar;
- ⇒ **Interação da disponibilidade de fósforo com outros fatores;**
- ⇒ **Resposta do milho à adubação fosfatada;**
- ⇒ Níveis críticos de fósforo no solo;
- ⇒ **Doses de fósforo recomendadas;**
- ⇒ Interação genótipos e eficiência no uso de fósforo.

## MULTIPLICIDADE DE FATORES NO ESTUDO NUTRICIONAL DAS PLANTAS

- ⇒ Associados a cultura - absorção dos nutrientes em função do desenvolvimento e produtividade;
- ⇒ Fatores relativos ao solo - disponibilidade de nutrientes e suas interações;
- Fatores relativos aos fertilizantes - características físico-químicas, mobilidade no solo, época e modo de aplicação e aspectos econômicos;
- ⇒ Biologia do solo e seus efeitos na disponibilidade e absorção de nutrientes;
- ⇒ Fatores climáticos.

## **IMPORTÂNCIA DESSE TIPO DE ABORDAGEM**

- **“O ESTUDO DE PLANTAS E FERTILIZANTES COM MENOR CAPACIDADE POLUIDORA DO MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES COM MAIOR EFICIÊNCIA NO USO DE FERTILIZANTES PARA PRODUÇÃO DE GRÃOS, DEVERÁ SER O SEGUNDO GRANDE DESAFIO A SER VENCIDO NO SÉCULO XXI, FICANDO APENAS ATRÁS DA ÁGUA POTÁVEL”**

• **USA GEOGRAPHIC SURVEY - 2000**

## INDICADORES DO CONSUMO DE FERTILIZANTES

- ⇒ CONSUMO TOTAL POR HECTARE NOS ÚLTIMOS CINCO ANOS;
- ⇒ ESTIMATIVAS DO CONSUMO DE N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  POR HECTARE.

## CONSUMO DE FERTILIZANTES NA CULTURA DO MILHO

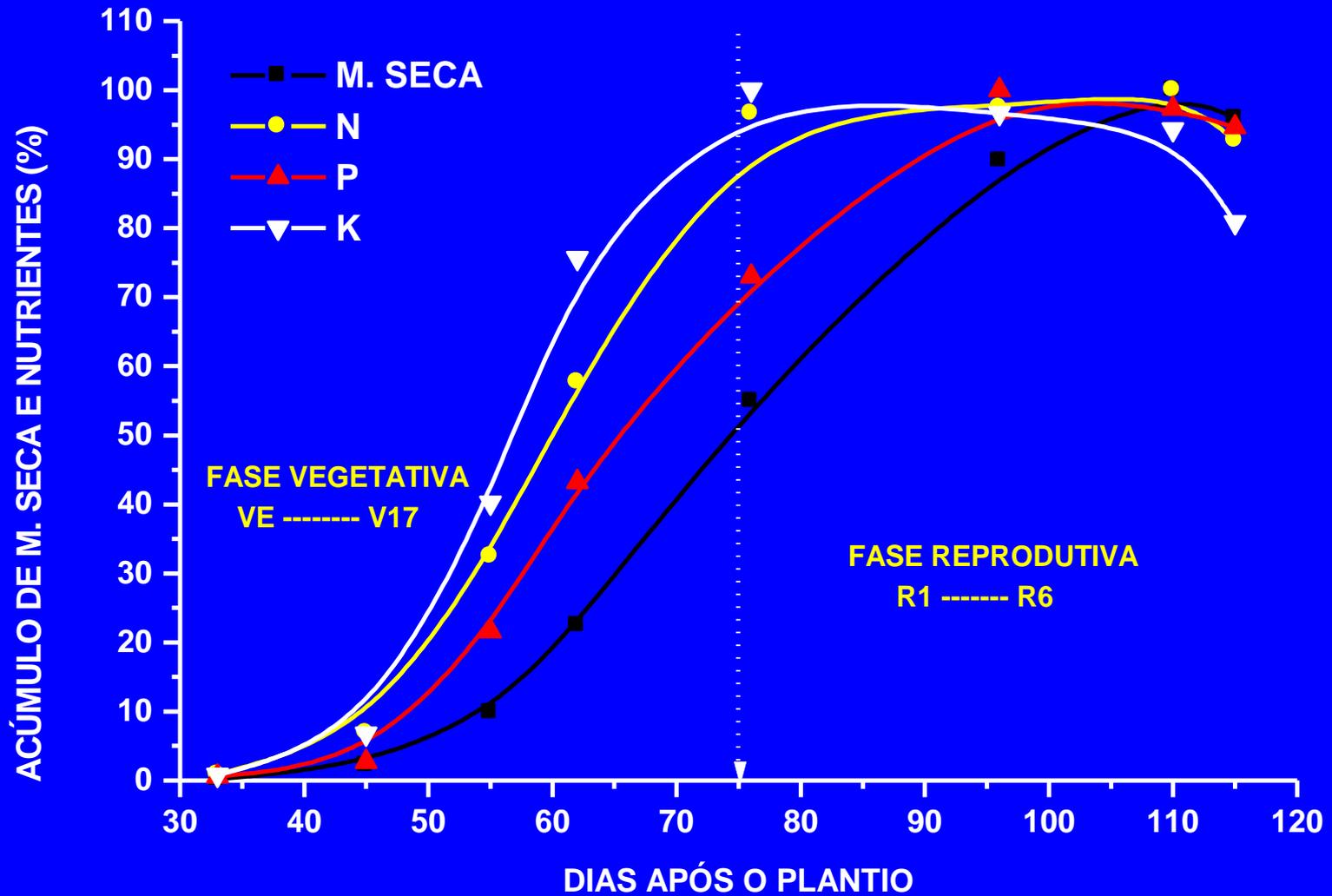
Ano	Área 1000 ha	Consumo total		Consumo estimado kg ha <sup>-1</sup> <u>1/</u>			
		mil t	Kg ha <sup>-1</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Total
1996	13.873	2.528	182	18	58	35	111
1997	11.154	2.312	207	19	66	40	125
1998	11.901	2.761	232	23	80	42	145
1999	12.425	2.535	204	20	65	39	124
2000	13.751	3.392	247	25	79	47	151
Média	12.620	2.706	214	21	70	41	132
E.U.A <sup>2/</sup>	31.205	8.893		150	70	90	310

<sup>1/</sup>Com base nas fórmulas N, P, K de 10 – 14 – 16 ; 9 – 14 – 16; 10 – 15 – 15; 10 – 14 – 15 e 10 – 14 – 16, respectivamente para 1996, 1997, 1998, 1999 e 2000.

<sup>2/</sup>Dados dos EUA em 1998 (Fertilizer...2002).

# ACÚMULO E EXPORTAÇÃO DE FÓSFORO

- **⇒ DEMANDA PELA PLANTA DURANTE O DESENVOLVIMENTO;**
- **⇒ RELAÇÃO DE ABSORÇÃO DE N, P e K;**
- **⇒ EXPORTAÇÃO DE FÓSFORO NOS GRÃOS.**



Fonte: Karlen et al. (1987)

## Relações de N, P e K absorvido pelo milho em diferentes níveis de produtividade.

Produtividade (t de grãos/ha)	Relações de absorção				
	N	:	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	:	K <sub>2</sub> O
6,00 <sup>1/</sup>	1		0,43		1,14
8,00 <sup>1/</sup>	1		0,45		0,80
10,00 <sup>1/</sup>	1		0,44		0,87
14,00 <sup>2/</sup>	1		0,58		1,40
<b>Média</b>	<b>1</b>		<b>0,47</b>		<b>1,05</b>

Fonte: <sup>1/</sup>Coelho & França (1995) <sup>2/</sup>Karlen et al. (1987)

## Valores absolutos e relativos (grãos/planta toda) de macronutrientes acumulados nos grãos de plantas de milho.

Nutriente	Extração de nutrientes <sup>1/</sup>		Extração de nutrientes <sup>2/</sup>	
	Nos grãos	Relativa	Nos grãos	Relativa
	Kg/t grãos	% do total	Kg/t grãos	% do total
<b>N</b>	<b>19,50</b>	<b>67</b>	<b>16,40</b>	<b>59</b>
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>8,93</b>	<b>78</b>	<b>9,16</b>	<b>87</b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>5,88</b>	<b>14</b>	<b>6,12</b>	<b>29</b>

Fonte: modificada de <sup>1/</sup>Andrade et al. (1975); <sup>2/</sup>Hiroce et al. (1989)

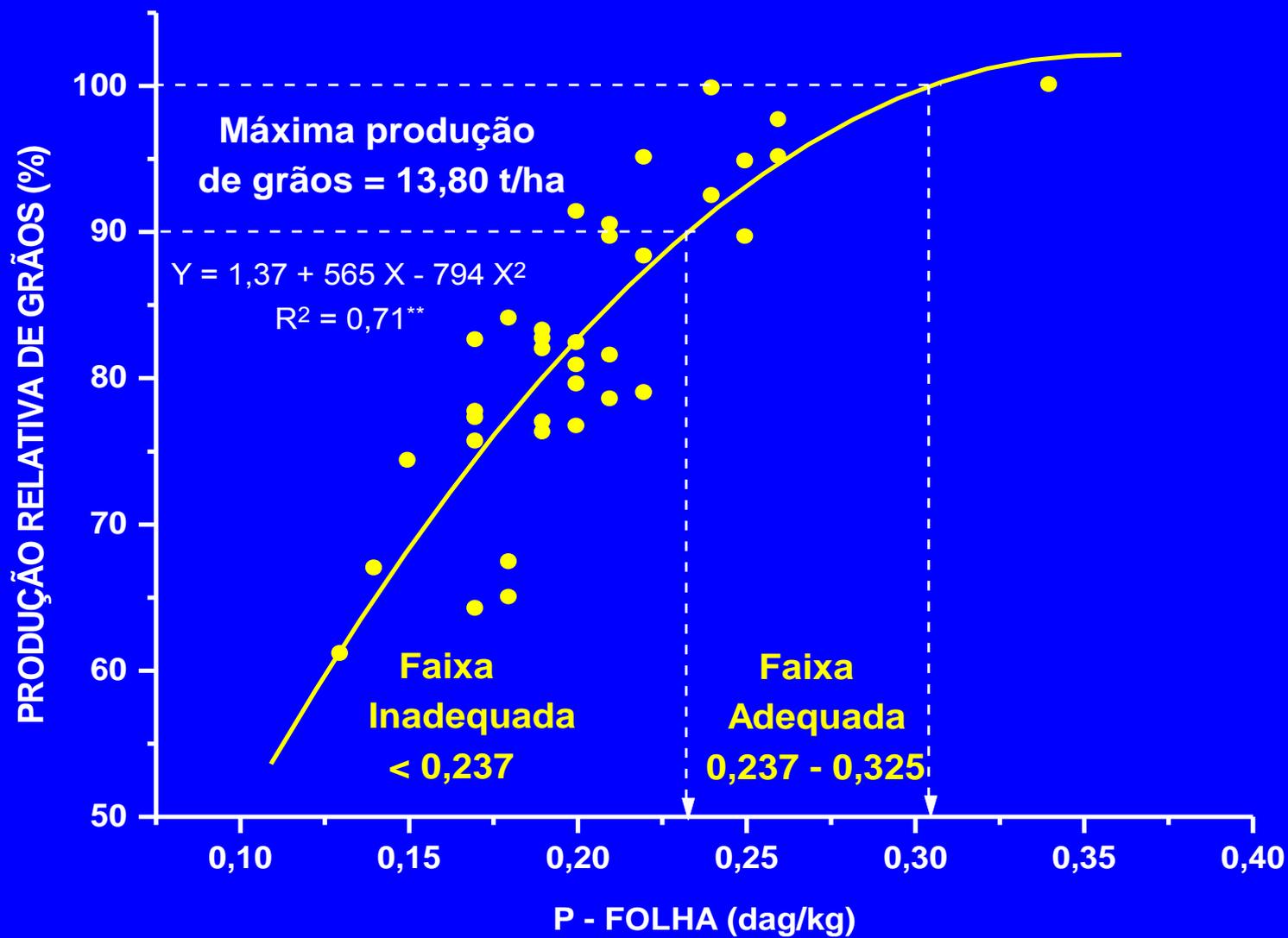
## Extração média de fósforo pelo milho em diferentes níveis de produtividade.

Produtividade t de grãos/ha	Fósforo extraído	
	kg de P/ha	Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /t de grãos
3,65 <sup>1/</sup>	9,00	5,65
5,80 <sup>1/</sup>	19,00	7,50
7,87 <sup>1/</sup>	33,00	9,60
9,17 <sup>1/</sup>	34,00	8,50
10,15 <sup>1/</sup>	42,00	9,47
11,20 <sup>2/</sup>	37,00	7,56
12,00 <sup>2/</sup>	40,00	7,63
14,00 <sup>2/</sup>	58,00	9,48

Fonte: <sup>1/</sup>Coelho & França (1995) <sup>2/</sup>Karlen et al. (1987)

# AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL

- ⇒ **ÉPOCA DE AMOSTRAGEM DE FOLHAS;**
- ⇒ **NÍVEL CRÍTICO DE NUTRIENTES NA FOLHA;**
- ⇒ **SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO - DRIS**



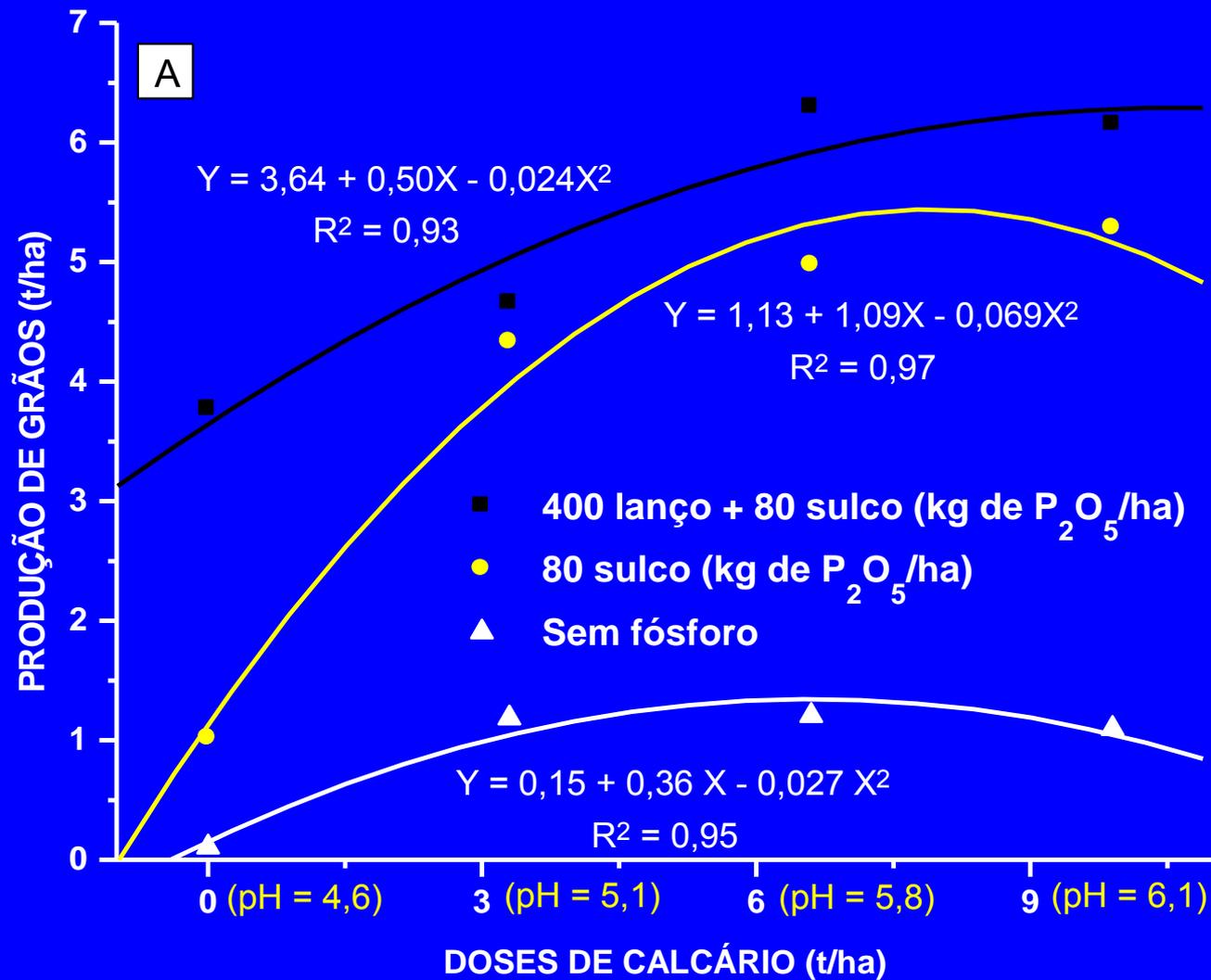
## Padrões das relações entre o fósforo e outros nutrientes na avaliação do estado nutricional do milho pelo sistema DRIS<sup>1</sup>.

Parâmetros	Número de amostras	Relações médias	Desvio padrão
N/P <sup>2/</sup>	1.909	9,035	2,136
P/K	1.909	0,169	0,054
Ca/P	1.554	1,447	0,612
Mg/P	1557	0,639	0,330
S/P	788	0,703	0,225
Zn/100P	1.527	0,883	0,420
Mn/100P	1.550	1,416	1,063
Cu/100P	1.402	0,277	0,140
B/100P	403	0,269	0,135
Fe/100P	1.298	3,588	1,177

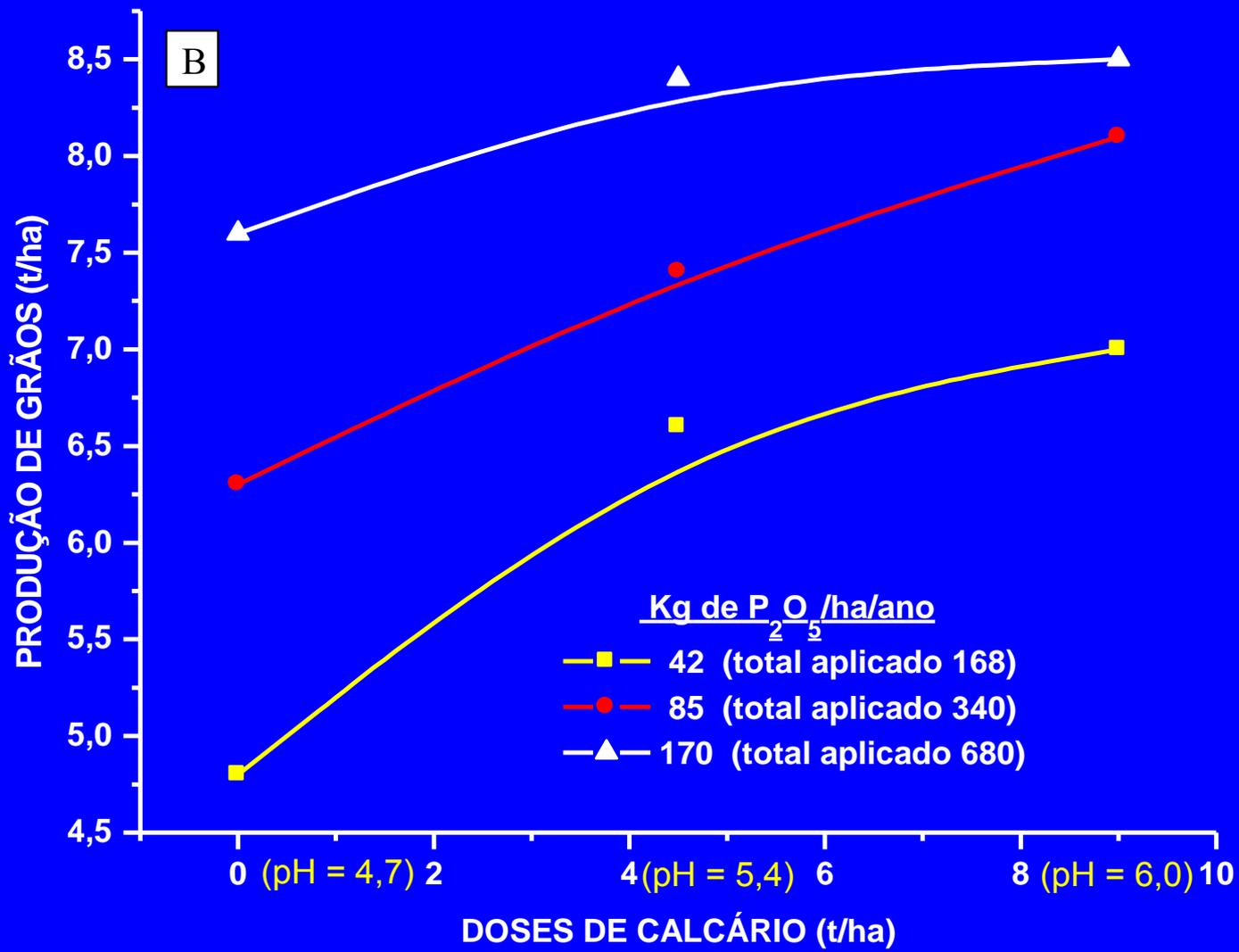
<sup>1/</sup> Número de observações, médias e desvios padrão dos parâmetros de referência do DRIS para produtividade de grãos acima de 10 t/ha. <sup>2/</sup>Concentrações de nutrientes expressas em g/kg para N, P, K, Ca, Mg e S; e em mg/kg para Zn, Mn, Cu, B e Fe. Fonte: modificada de Elwali et al. (1985).

# INTERAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO COM OUTROS FATORES

- ⇒ **ADUBAÇÃO FOSFATADA E CALAGEM;**
- ⇒ **FÓSFORO e ZINCO.**



Fonte: Coelho & Silva (1981)



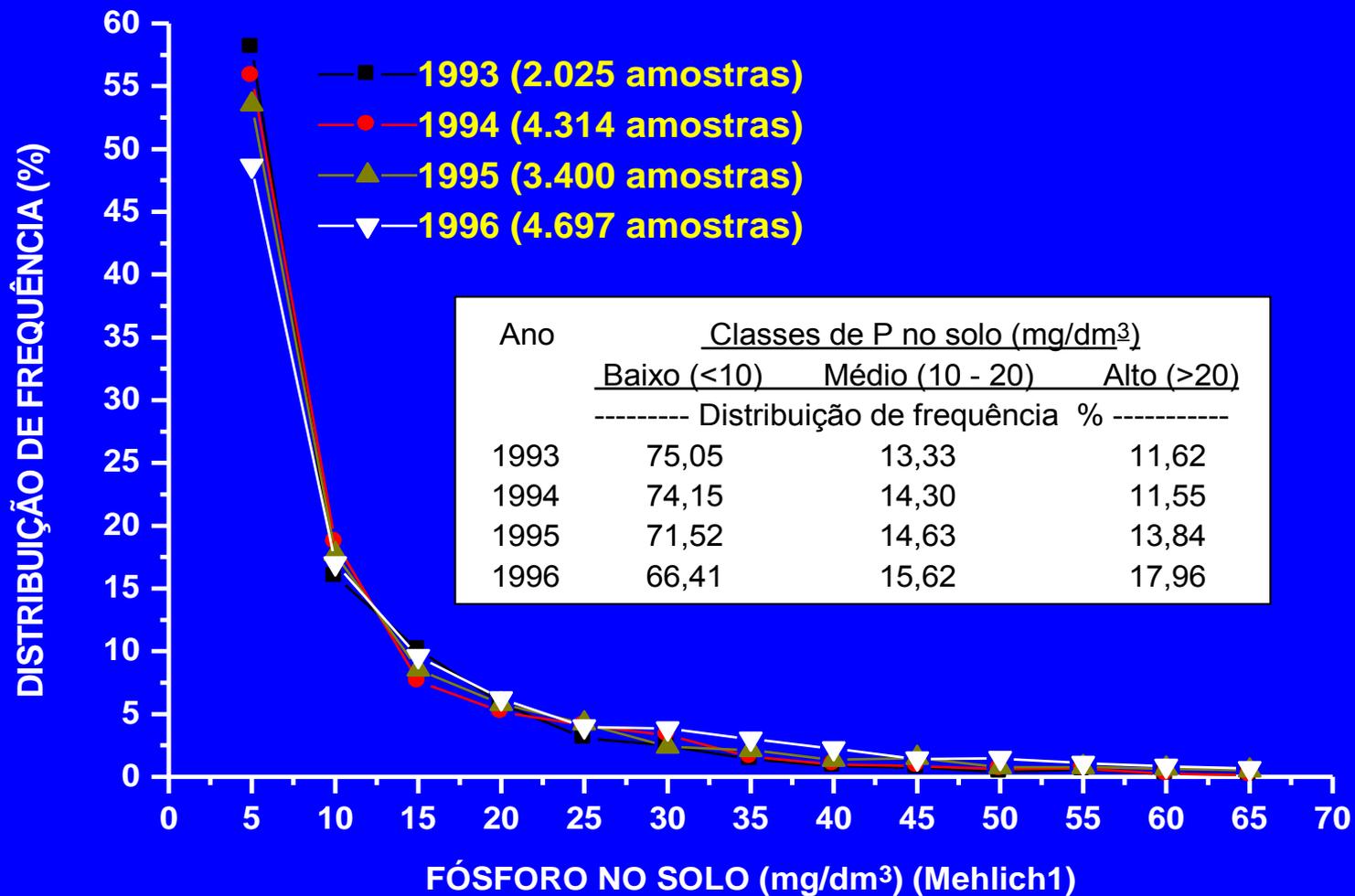
Fonte: Ernani et al. (2000)

## INTERAÇÃO FÓSFORO - ZINCO

- **“ALTAS CONCENTRAÇÕES DE P ASSOCIADAS À DEFICIÊNCIA DE ZINCO SÃO RARAMENTE ENCONTRADAS EM PLANTAS CULTIVADAS. ESTA QUESTÃO É UM ARTIFÍCIO DE PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS EM CASA DE VEGETAÇÃO , E TEM POUCA IMPORTÂNCIA PARA A PRODUÇÃO DAS CULTURAS”  
(LONERAGAM & WEBB, 1993)**

# RESPOSTA DO MILHO À ADUBAÇÃO FOSFATADA

- ⇒ **Indicadores da disponibilidade de P no solo em áreas cultivadas com milho;**
- ⇒ **Alguns exemplos da magnitude de resposta do milho ao P;**
- ⇒ **Níveis críticos de P no solo;**
- ⇒ **Doses de P recomendadas**

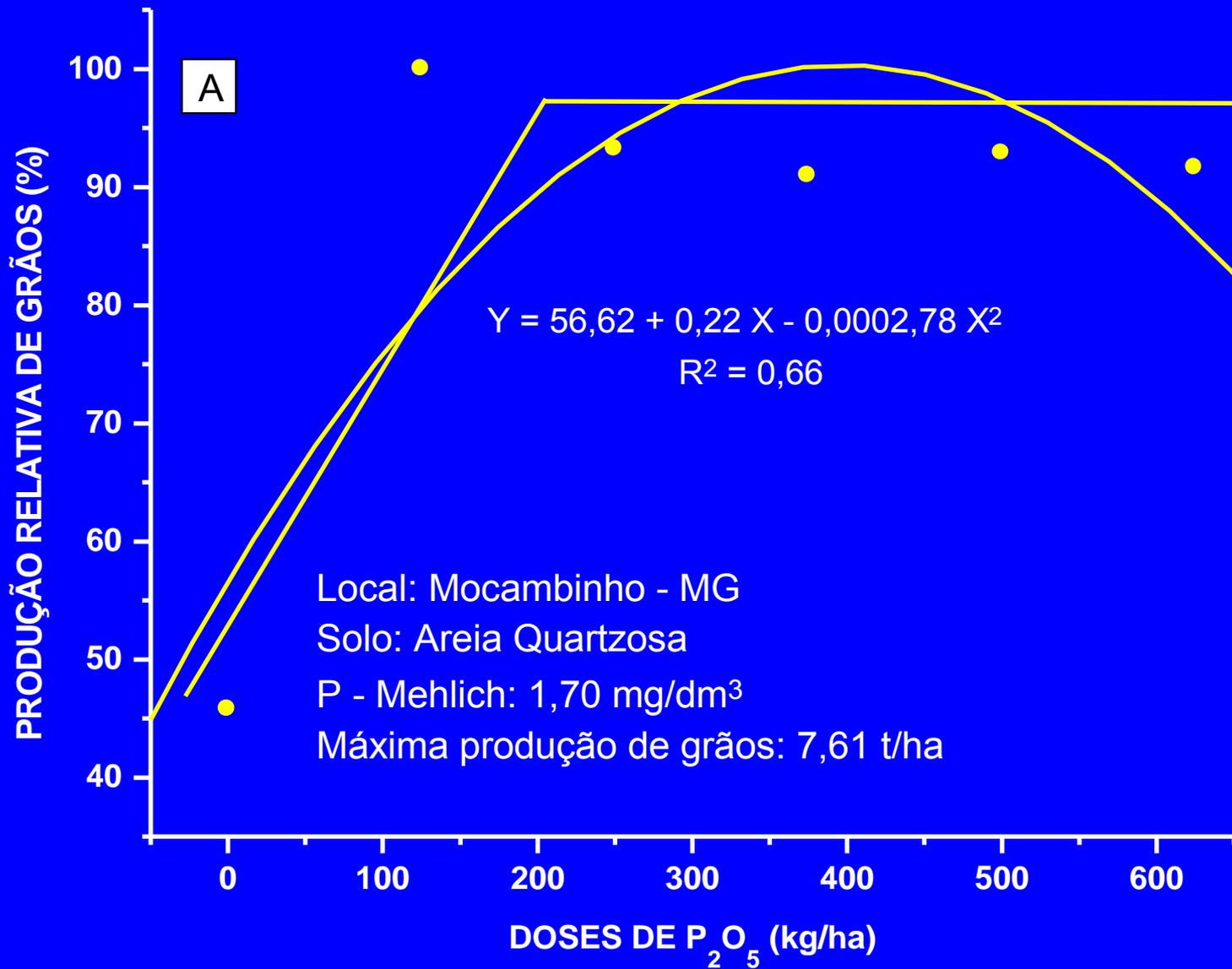


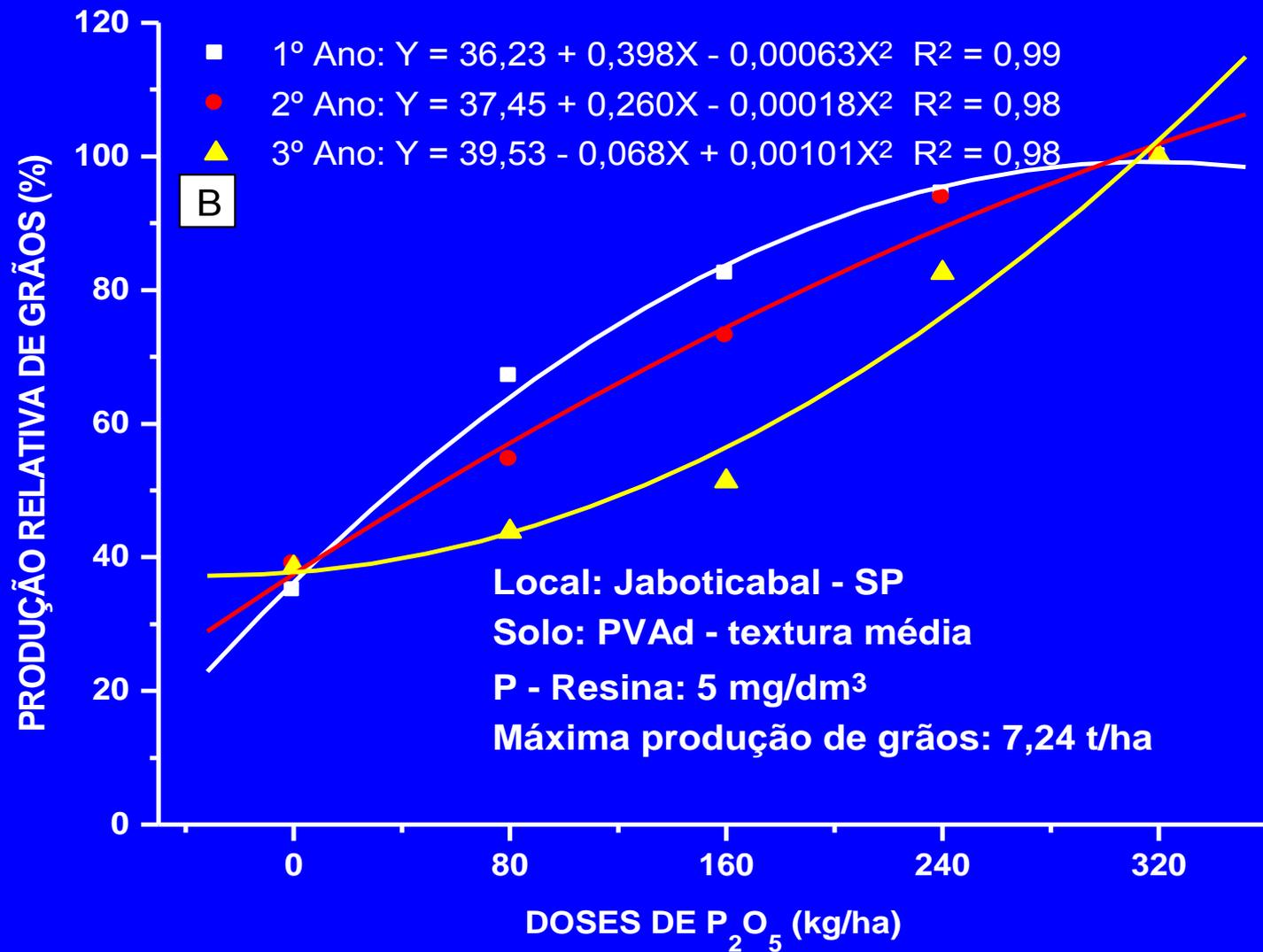
Fonte: Embrapa - Milho e Sorgo

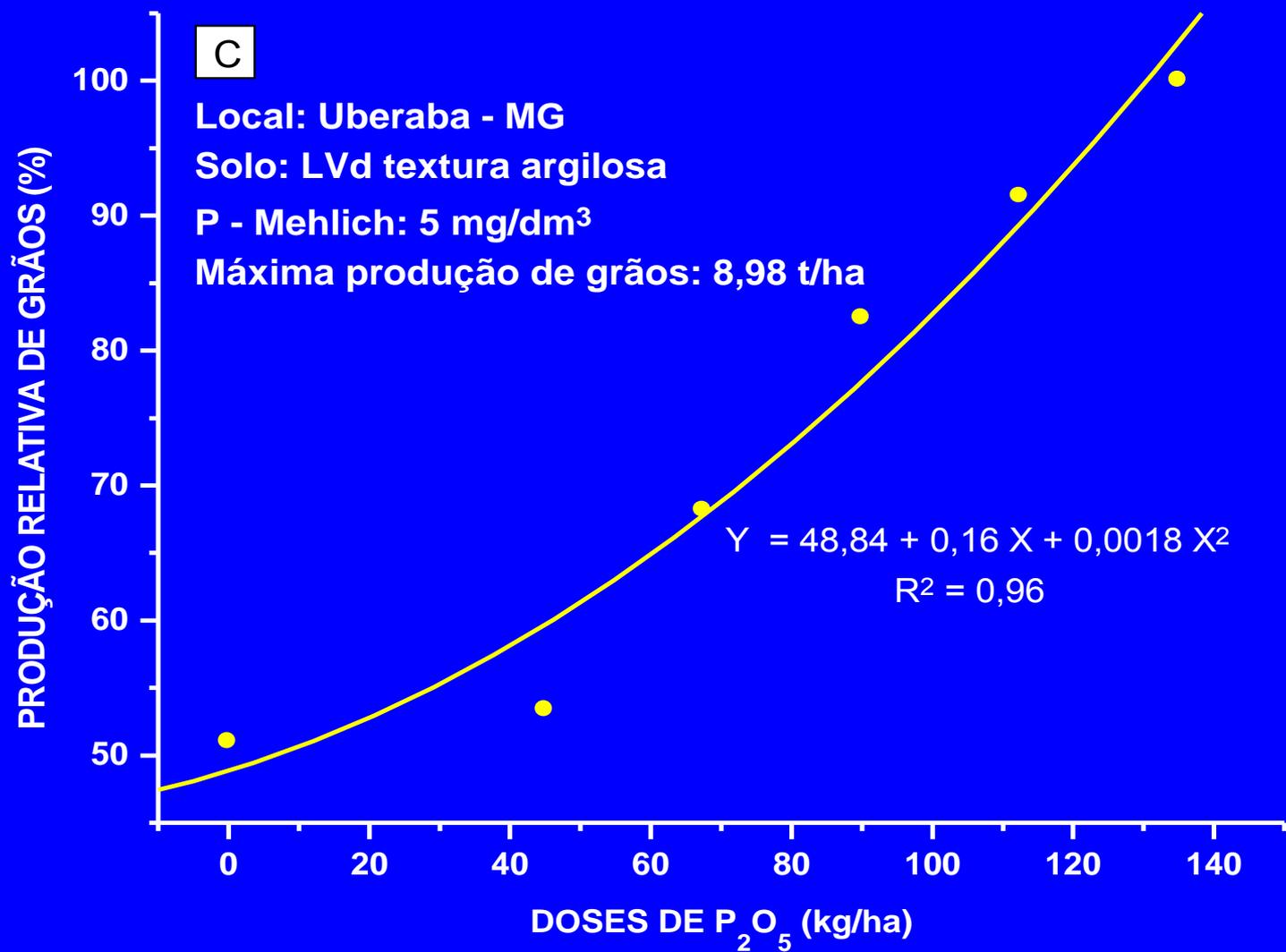
## Resposta do milho à adubação fosfatada em experimentos conduzidos em diferentes regiões do Brasil

Tipo de solo e textura	P – inicial no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	Produção de grãos sem P (t/ha)	Dose de P máxima produção (Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	Máxima produção de grãos (t/ha)
RQ - arenoso	1,70(M) <sup>1/</sup>	3,48	125	7,61
PVd - argiloso	***	6,87	180	8,37
LVA - média	1,60 (M)	4,29	200	5,57
LB - argiloso	1,00 (M)	***	127	11,00
PVAd - média	5,00 (R)	2,71	320	7,24
PVd - media	2,50 (M)	***	80	6,62
LVd - média	5,00 (R)	2,86	200	7,75
LVd - argiloso	5,00 (M)	4,58	135	8,98
LVd - argiloso	5,00 (M)	5,50	100	7,06
LVd - média	15,00 (M)	4,14	80	6,57

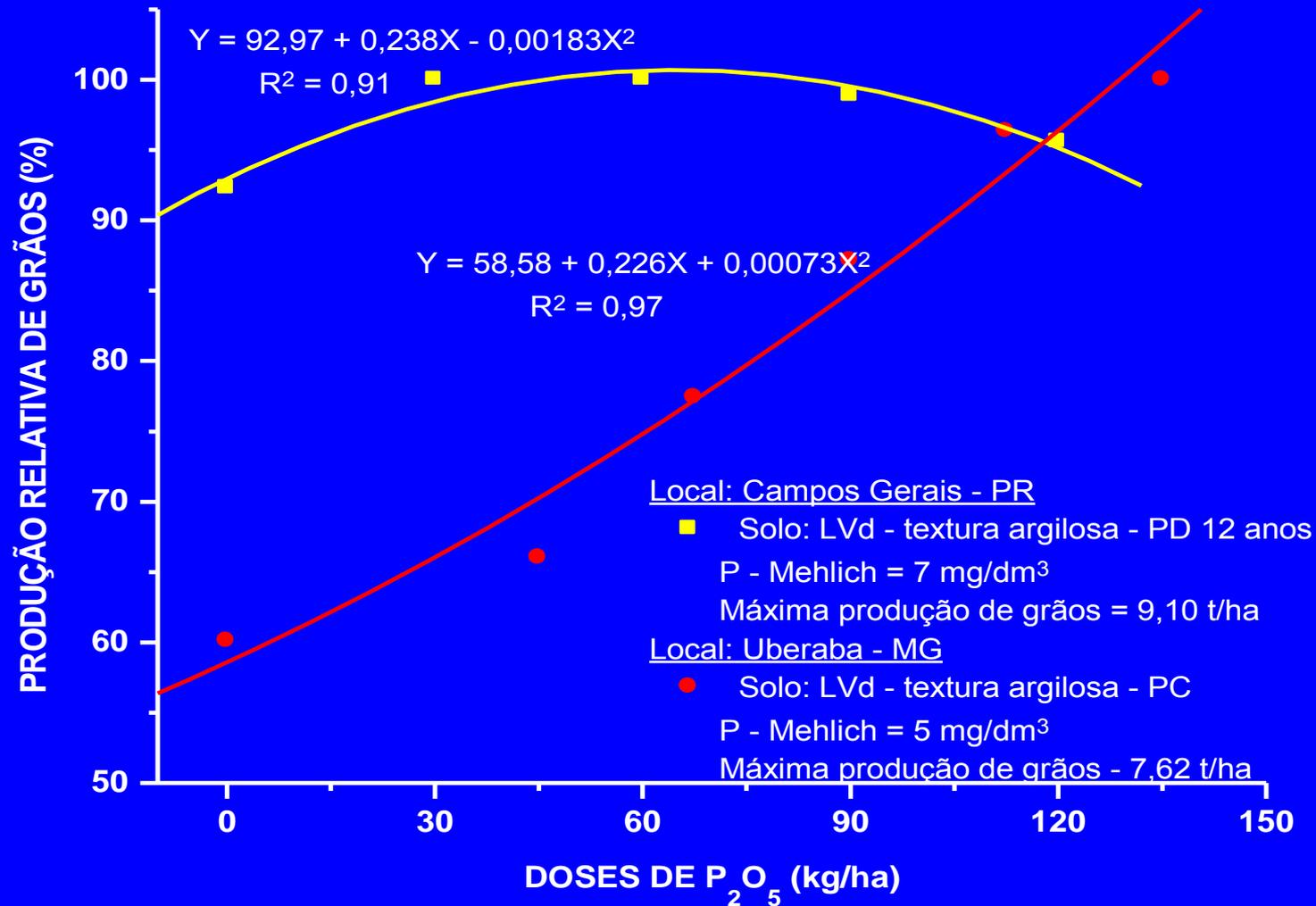
<sup>1/</sup>M = extrator Melich1, R = Resina.







Fonte: Prado et al. (2001)



Fonte: Sá (1998) Prado et al. (2001)

## NÍVEIS CRÍTICOS DE P NO SOLO

- **SOLOS ARENOSOS - 30 mg/dm<sup>3</sup>** (Freire et al.; 1998)
- **SOLOS TEXTURA MÉDIA - 17 a 30 mg/dm<sup>3</sup>** (Coelho & França, 1994; Souza et al.; 1998; Coutinho et al., 1998);
- **SOLOS ARGILOSOS - 6 a 10 mg/dm<sup>3</sup>** (Coelho & França, 1994; Ernani et al., 2000)

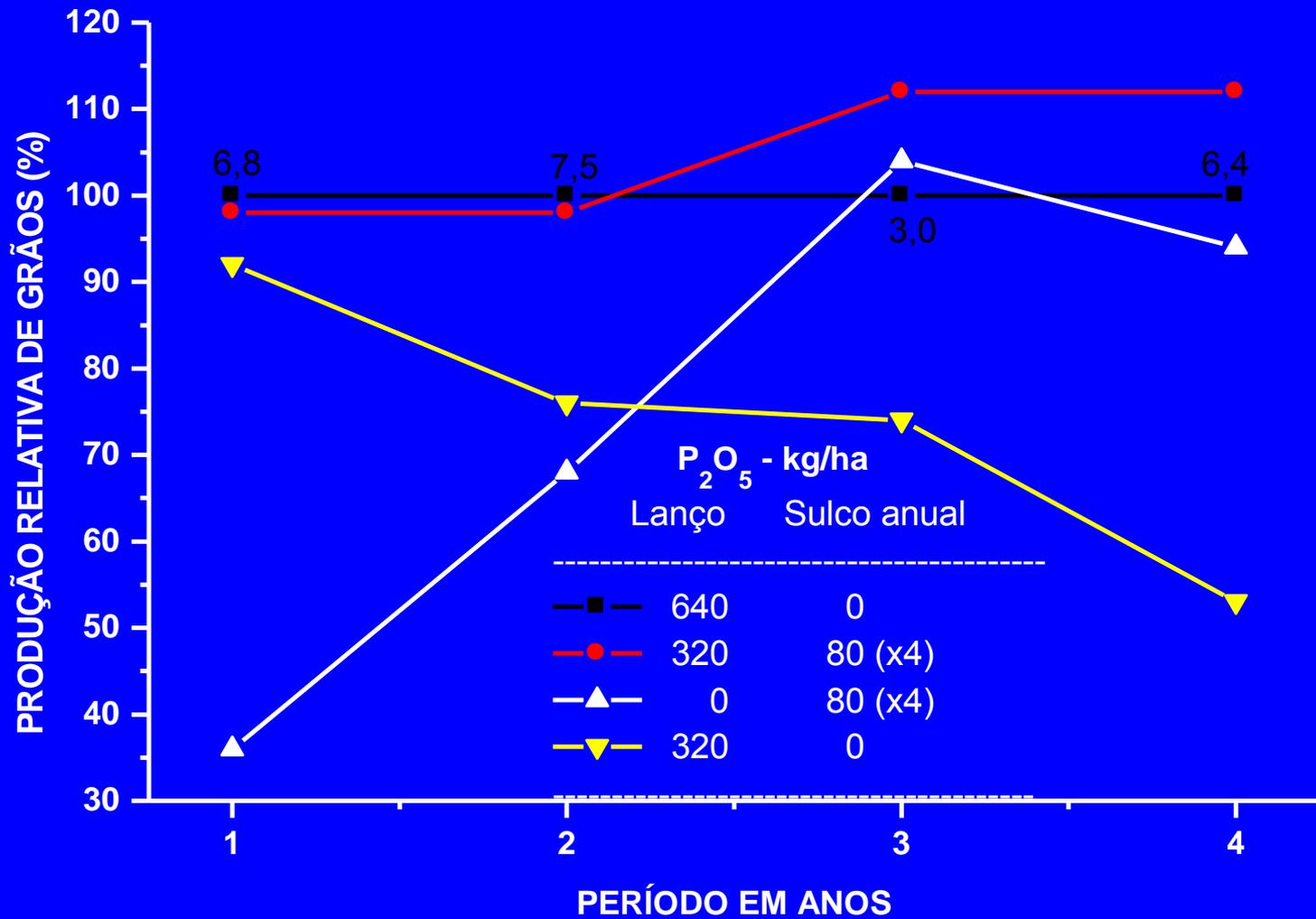
## Interpretação das classes de teores de fósforo nos solos e doses de $P_2O_5$ recomendadas para o milho.

Classe textural do solo	Extrator de fósforo	Classes de teor de fósforo		
		Baixo	Médio	Alto
		----- mg/dm <sup>3</sup> -----		
Argilosa (36 a 60 %) <sup>1/</sup>	Mehlich1	< 5	6 a 10	> 10
Média (15 a 35 %)	Mehlich1	< 10	11 a 20	> 20
Arenosa (< 15 %)	Mehlich1	< 20	21 a 30	> 30
	Resina	< 15	16 a 40	> 40
Doses de $P_2O_5$ recomendadas (kg/ha)		80 a 110	50 a 70	30 a 60

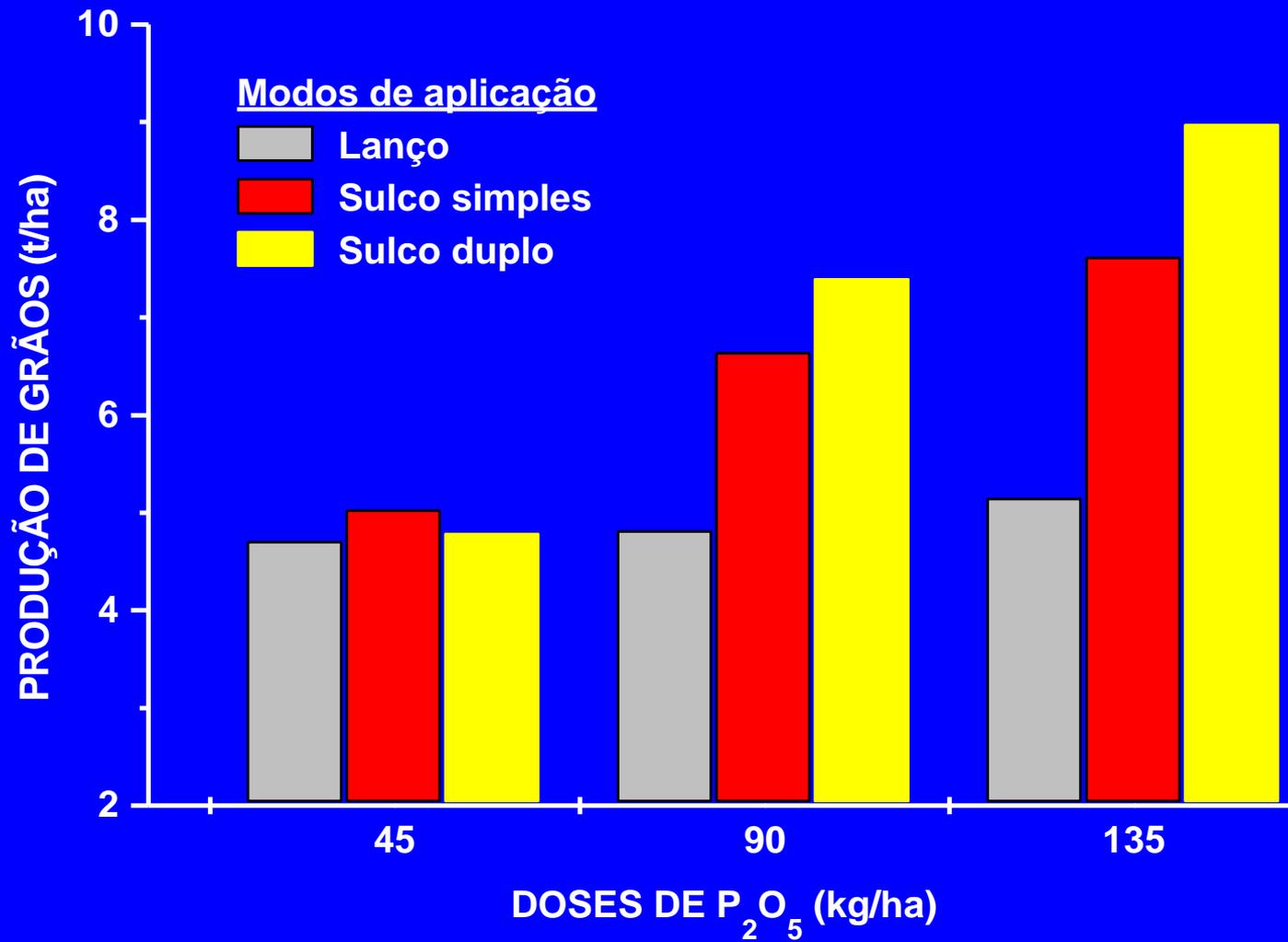
<sup>1/</sup>Números entre parênteses são os teores de argila. Fonte: Coelho & França (1995).

# MANEJO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA

- ⇒ **APLICAÇÃO A LANÇO;**
- ⇒ **APLICAÇÃO LOCALIZADA NO SULCO DE SEMEADURA;**
- ⇒ **APLICAÇÃO INTERMEDIÁRIA.**



Fonte: Yost (1979)



Fonte: Prado et al. (2001)

# **INTERAÇÃO GENÓTIPO E EFICIÊNCIA NO USO DE FÓSFORO**

- **⇒ SÍTIO PARA AVALIAÇÃO DE ESTRESSES ABIÓTICOS EM MILHO;**
- **⇒ ALGUNS EXEMPLOS DE DIFERENÇAS ENTRE LINHAGENS E HÍBRIDOS SIMPLES NA EFICIÊNCIA AO USO DE FÓSFORO;**
- **⇒ MECANISMOS PARA EXPLICAR DIFERENÇAS ENTRE GENÓTIPOS**

**FAIXA 3  
ESTRESSE - P**



**FAIXA 2  
ESTRESSE- AI**



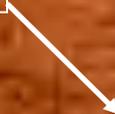
**FAIXA 4  
ESTRESSE-K**



**FAIXA 5 & 6  
ESTRESSE -N**



**FAIXA 1  
NÍVEL P x HÍBRIDOS**



# NÍVEIS-P vs HIBRIDOS SIMPLES

**MÉDIO - P = 15 mg dm<sup>3</sup>**  
**500 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

**ALTO- P = 30 mg dm<sup>3</sup>**  
**1000 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

**BAIXO - P = 5 mg dm<sup>3</sup>**  
**0 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**





**ALTO**  
**P = 30 mg dm<sup>-3</sup>**



**MÉDIO**  
**P = 15 mg dm<sup>-3</sup>**



**BAIXO**  
**P = 5 mg dm<sup>-3</sup>**



## CONTROLE - LINHAGENS

Prof	pH	P mg dm <sup>-3</sup>
20 cm	5.8	10
40 cm	5.4	2

Fertilizantes:

400 kg /ha 5 - 20 -20 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O

Cobertura: N - 100 kg ha<sup>-1</sup>

## FAIXA 3 BAIXO - P - LINHAGENS

Prof.	pH	P - mg dm <sup>-3</sup>
20 cm	5.5	3
40 cm	5.1	1

Calagem - 2.2 t/ ha

Fertilizantes: 30 - 0 - 60 kg ha<sup>-1</sup> N- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O

Cobertura: N - 100 + K<sub>2</sub>O - 30





## CONTROLE - HIBRIDOS SIMPLES

Prof.	pH	P mg dm <sup>-3</sup>
20 cm	5.8	10
40 cm	5.4	2

Fertilizante:

400 kg/ ha 5 - 20 -20 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O

Cobertura: N - 100 kg ha<sup>-1</sup>

## FAIXA 3 HIBRIDOS SIMPLES - BAIXO P

Prof.	pH	P - mg dm <sup>-3</sup>
20 cm	5.5	3
40 cm	5.1	1

Calagem - 2.2 t /ha

Fertilizante: 30 - 0 - 60 kg ha<sup>-1</sup> N- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O

Cobertura: N - 100 + K<sub>2</sub>O - 30





Prof.	pH	P - mg dm <sup>-3</sup>
20 cm	5.5	3
40 cm	5.1	1

**LINHAGENS - A X B**

Prof.	pH	P - mg dm <sup>-3</sup>
20 cm	5.5	3
40 cm	5.1	1

**LINHAGENS - C X D**





Prof.	pH	P - mg dm <sup>-3</sup>
20 cm	5.5	3
40 cm	5.1	1

## HÍBRIDOS SIMPLES



Prof.	pH	P - mg dm <sup>-3</sup>
20 cm	5.5	3
40 cm	5.1	1

## HÍBRIDOS SIMPLES

# OBRIGADO PELA ATENÇÃO

- Antônio Marcos Coelho
- Embrapa - Milho e Sorgo
- Telefone: (31) 3779 - 1164
- Email: [amcoelho@cnpms.embrapa.br](mailto:amcoelho@cnpms.embrapa.br)
- CP - 151
- CEP: 35701-970 Sete Lagoas, MG