

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ADUBAÇÕES
SOBRE A PRODUÇÃO DE MILHO NO NORDESTE
E OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA CALIBRAÇÃO
DE ANÁLISE DE SOLO**



INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ADUBAÇÕES
SOBRE A PRODUÇÃO DE MILHO NO NORDESTE
E OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA CALIBRAÇÃO
DE ANÁLISE DE SOLO

Clementino M.B. de Faria, Eng^o Agr^o, M.Sc.
José Nilson Melo, Eng^o Agr^o
Vital Artur de Lima Sá, Eng^o Agr^o
Antônio Timóteo Sobrinho, Eng^o Agr^o
Marcos A.C. dos Santos, Eng^o Agr^o, M.Sc.

EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido

ISSN 0100-8951

Comitê de Publicações
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
Rua Presidente Dutra, 160
Caixa Postal, 23
Telefone: (081) 961-0122*
Telex : (081) 1878
56.300 - Petrolina-PE

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina-PE.

Influência de diferentes adubações sobre a produção de milho no Nordeste e obtenção de informações para calibração de análise de solo, por Clementino M.B. de Faria e outros. Petrolina, PE., 1981.

32p. ilustr. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 8).

Colaboração de: José Nilson Melo, Vital Artur de Lima Sá, Antônio Timóteo Sobrinho e Marcos A.C. dos Santos.

1. Solos-Fertilidade. 2. Milho-Fertilização. 3. Solos-Calibração. I. Faria, Clementino M.B. de, colab. II. Melo, José Nilson, colab. III. Sá, Vital Artur de Lima, colab. IV. Timóteo Sobrinho, Antônio, colab. V. Santos, Marcos Aurélio Cavalcanti dos, colab. VI. Título. VII. Série.

CDD 631.8

EMBRAPA

APRESENTAÇÃO

A cultura do milho, no Nordeste, possui importância in discutível, posto que está presente no campo e na mesa de mais de 80% das famílias de pequenos e médios produtores rurais do Nordeste, além de também estar incorporado ao hábito alimentar da população urbana.

A demanda de consumo da região, estimada em 3.097.800t de grãos no ano de 1980, não está sendo satisfatoriamente atendida, uma vez que nos 2,1 milhões de hectares explorados com a cultura, a produtividade é muito baixa (780 kg/ha) em relação à média nacional (1.500 kg/ha).

Incrementos da ordem de 159% e 186% na produção de milho já foram alcançados em trabalhos de fertilização do solo, prática comumente usada para obtenção de aumento do rendimento físico de uma cultura, existindo grande demanda de informações nessa área de estudo.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) coloca à disposição da comunidade técnico-científica este trabalho que contém: avaliação da influência de nitrogênio, fósforo, potássio, micronutrientes e calagem na produção de milho; estimativa de doses econômicas de adubação; informações para calibração de análises de solo; características de solo que influem na produção.

RENIVAL ALVES DE SOUZA
Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
RESUMO	7
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	9
MATERIAIS E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CONCLUSÕES	27
AGRADECIMENTOS	28
REFERÊNCIAS	29

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ADUBAÇÕES
SOBRE A PRODUÇÃO DE MILHO NO NORDESTE
E OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA CALIBRAÇÃO
DE ANÁLISE DE SOLO¹

Clementino M.B. de Faria²
José Nilson Melo
Vital Artur de Lima Sá
Antônio Timóteo Sobrinho³
Marcos A.C. dos Santos⁴

RESUMO - Foram analisados 57 experimentos instalados em vários locais do Nordeste durante os anos de 1974 a 1979, com os seguintes objetivos: a) avaliar a influência da aplicação de fertilizantes no rendimento da cultura do milho; b) obter informações para calibração de análise de solo; c) estimar doses econômicas de adubação; d) verificar quais as características do solo que influem na produção. Apenas nitrogênio e fósforo tiveram efeitos significativos na produção do milho. Com o uso desses nutrientes, foram obtidos incrementos na produtividade que variaram desde 37 até 1.137%. Os níveis econômicos de adubação nitrogenada variaram de 78 a 139 kg/ha de N com uma média de 100 kg/ha de N. Obtiveram-se níveis críticos de fósforo no solo com valores médios de 8,7 ppm de P pelo extrator de Mehlich e de 7,5 ppm de P pelo extrator de Bray - 1 e ajustaram-se regressões entre o fósforo aplicado ao solo e o fósforo extraído por ambos os extractores. A análise pelo procedimento "stepwise" indicou que das onze variáveis de solo testadas, apenas a fração silte e o potássio trocável influíram na produção do milho, cuja influência foi positiva.

Termos para indexação: milho Nordeste, adubação, dose econômica, calibração.

INFLUENCE OF VARIOUS FERTILIZERS
ON CORN YIELD AND CALIBRATION

OF SOIL ANALYSIS IN THE NORTHEAST OF BRAZIL

ABSTRACT - Fifty seven experiments carried out at Northeast Brazil from 1974 to 1979 were analysed with the following objectives: a) to evaluate the application of fertilizers on the yield of corn crop; b) to obtain information for calibration of soil analysis; c) to estimate economic levels of fertilizers; d) to know which soil characteristics influence yield. Only nitrogen and phosphorus had significant effects on corn yield. With the application of these nutrients, increases on yield were obtained which ranged from 37 to 1,137%. The economic levels of nitrogen varied from 78 to 139 kg/ha of N, with an average of 100 kg/ha. Critical levels of phosphorus in the soil were obtained with mean values of 8.9 ppm of P by the Mehlich extractor and of 7.5 ppm of P by the Bray - 1 extractor. Regression lines were adjusted for phosphorus applied to the soil and phosphorus extracted by both extractors. The analysis by the stepwise procedure showed that from eleven soil factors tested, only the silt fraction and the exchangeable potassium had influence on corn yield, being this influence positive.

Index terms: Northeast corn, fertilization, economical level, calibration

¹ Este trabalho faz parte do Projeto Milho-NE do convênio SUDENE/BRASCAN-NORDESTE/IGen-ESALQ/EMBRAPA/IPA.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA.

³ Eng^o Agr^o da IPA - C.P. 1022 - Recife-PE.

⁴ Eng^o Agr^o, M.Sc. da IPA - C.P. 1022 - Recife-PE.

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ADUBAÇÕES
SOBRE A PRODUÇÃO DE MILHO NO NORDESTE
E OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA CALIBRAÇÃO
DE ANÁLISE DE SOLO¹

Clementino M.B. de Faria²

José Nilson Melo

Vital Artur de Lima Sá

Antônio Timóteo Sobrinho³

Marcos A.C. dos Santos⁴

INTRODUÇÃO

No Nordeste, a cultura do milho ocupa uma área aproximada de 2,1 milhões de hectares, com uma produtividade muito baixa (780 kg/ha) em relação à média nacional (1.500 kg/ha), o que não atende à demanda de consumo da região, que estava calculada em 3.097.800 t de grãos no ano de 1980, Brasil-SUDENE.

Considerando a grande área em que essa cultura é cultivada, o emprego de uma tecnologia que aumente a sua produtividade resultará num grande aumento da produção total de grãos.

A fertilização do solo é uma das tecnologias comumente empregada para se aumentar o rendimento físico de uma cultura. Incrementos de 159% e 136% na produção de milho com o uso de adubação foram obtidos por Almeida et al. (1972) e Sá Júnior et al. (1974), respectivamente, em alguns locais do Nordeste.

¹ Este trabalho faz parte do Projeto Milho-NE do convênio SUDENE/BRASCAN-NORDESTE/IGEN-ESALQ/EMBRAPA/IPA.

² Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA.

³ Eng^o Agr^o da IPA - C.P. 1022 - Recife-PE.

⁴ Eng^o Agr^o, M.Sc. da IPA - C.P. 1022 - Recife-PE.

Sã Júnior et al. (1974) encontraram que os níveis ótimos de adubação para o milho variaram de 35 a 120 kg/ha de N, 40 a 100 kg/ha de P_2O_5 e 40 a 100 kg/ha de K_2O . Em condições irrigadas, Faria & Aguiar (1978) encontraram que os níveis de adubação 60-40-30 e 120-80-60 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, deram rendimentos equivalentes de milho, porém bem superiores à da testemunha sem adubação. Além das deficiências generalizadas de nitrogênio e fósforo nos solos do Nordeste, trabalhos realizados em laboratório têm mostrado índices de deficiência dos micronutrientes zinco e cobre em algumas localidades agrícolas, Harowitz & Dantas (1973a e 1973b).

As respostas das plantas às adubações com fósforo e potássio dependem dos teores disponíveis desses elementos no solo, assim como de algumas características típicas do solo. Dos poucos trabalhos de calibração de análise do solo, realizados na região, Sã Júnior et al. (1970) estimaram níveis críticos de 10,5 ppm de fósforo e 45 ppm de potássio no solo pelo teste de Mehlich. Em trabalho de casa de vegetação, Pereira & Faria (1978), estudando diferentes extratores de fósforo que se relacionassem com o elemento absorvido pelo milho, encontraram coeficientes de correlação iguais a 0,92**, 0,97**, 0,97** e 0,98** para os testes de Mehlich, água destilada, Bray-1 e Olsen, respectivamente.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de nitrogênio, fósforo, potássio, micronutrientes e calagem na produção do milho, estimar doses econômicas de adubação, obter informações para calibração de análise de solo e verificar quais as características de solo que influem na produção.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho constitui uma análise dos resultados de experimentos instalados em vários locais do Nordeste durante os anos de 1974 a 1979.

O delineamento experimental nos primeiros anos, 1974 e 1975, foi em blocos ao acaso com seis repetições e os seguintes tratamentos: 1) sem adubação; 2) adubação conforme a análise de solo que correspondeu a uma quantidade

aproximada de 50-40-40 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente; 3) a mesma adubação do "tratamento 2", acrescida de 60 kg/ha de FTE-BR 9 (micronutrientes silicatados).

Em 1976, utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e os seguintes tratamentos:

- | | | |
|----------------|------------------|-----------------------------------|
| 1) $N_0P_0K_0$ | → 6) $N_4P_2K_2$ | 11) $N_2P_2K_0$ |
| 2) $N_0P_2K_2$ | 7) $N_2P_0K_2$ | 12) $N_2P_2K_1$ |
| 3) $N_1P_2K_2$ | 8) $N_2P_1K_2$ | 13) $N_2P_2K_3$ |
| 4) $N_2P_2K_2$ | 9) $N_2P_3K_2$ | 14) $N_2P_2K_2$ + micronutrientes |
| 5) $N_3P_2K_2$ | 10) $N_2P_4K_2$ | 15) $N_2P_2K_2$ + calagem |

Os níveis dos nutrientes foram 0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha de N e P_2O_5 , simultaneamente, 0, 30, 60 e 90 kg/ha de K_2O , 60 kg/ha de FTE-BR 9 e 1,0 t/ha de calcário.

Para os anos de 1977 a 1979, usou-se um delineamento em blocos ao acaso, com esquema fatorial e tratamentos adicionais e três repetições. O fatorial constou de quatro níveis de nitrogênio e quatro níveis de fósforo (0, 45, 90 e 135 kg/ha de N e P_2O_5). Os tratamentos adicionais constaram da presença de uma adubação potássica, 60 kg/ha de K_2O , e de uma calagem, 1,5 t/ha de calcário.

Em todos os anos, a variedade de milho empregada foi a Centralmex. Algumas características do solo onde foram instalados os experimentos encontram-se nas Tabelas 1 e 2. As análises de solo para os experimentos dos anos de 1974 e 1975 realizaram-se no laboratório do antigo Instituto de Pesquisa Agropecuária do Nordeste (IPEANE), segundo metodologia de Vettori (1969) e dos demais anos, no laboratório do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA), segundo procedimentos propostos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (EMBRAPA-SNLCS) (1979). O fósforo extraído pelo método de Bray - 1, foi segundo Olsen & Dean (1965).

Doses ótimas econômicas de nutrientes foram estimadas

TABELA 1. Algumas características dos solos onde os experimentos foram conduzidos nos anos de 1974 e 1975.

L o c a i s	A n o	pH	Al ⁺³	(Ca ⁺² + Mg ⁺²)	K	P
		1:2,5	meq./100 g		ppm	
Patos-PB	1974	6,4	0,10	7,4	82	2
Luzilândia-PI	1974	5,5	0,10	2,1	35	6
Amarante-PI	1974	6,9	0,10	10,0	74	30
Floriano-PI	1974	4,9	1,10	1,5	24	6
E. Veloso-PI	1974	7,2	0,10	10,0	55	30
Picos-PI	1974	6,6	0,10	10,0	148	30
Teresina-PI	1974	6,5	0,10	4,5	117	30
N. Iorque-MA	1974	5,3	0,10	1,0	24	3
S. do Ipanema-AL	1975	6,5	0,00	2,5	98	14
Itabaiana-AL	1975	6,7	0,20	8,0	105	30
S. Talhada-PE	1975	6,3	0,10	5,1	94	6,0
Cerro-Corã-RN	1975	4,9	0,50	1,3	35	6,0
Açu-RN	1975	6,6	0,00	5,2	148	30,0
Oeiras-PI	1975	5,8	0,10	10,0	148	1,0
Picos-PI	1975	6,6	0,10	10,0	148	30,0
D. Pedro-MA	1975	6,0	0,00	3,2	43	2,0
Sta. Inês-MA	1975	5,7	0,20	2,9	20	6,0

TABELA 2. Produção de milho da testemunha e algumas características dos solos onde os experimentos foram conduzidos de 1976 a 1979.

Experimentos (Locais)	Ano de análise	Produção		Características do solo										
		t/ha	pH l:l	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	CTC	P-Mehlich	P-Bray-1	V	M.O.	Silte	Argila
				meq./100 g					ppm					
D. Pedro-MA	76	4,27	6,9	0,05	3,5	1,0	0,34	6,42	4,8	-	76	1,43	51	16
Sta. Inês-MA	76	1,11	5,1	0,78	1,0	0,4	0,09	5,85	4,1	-	26	1,59	19	12
Codô-MA	76	1,05	5,0	0,38	0,9	0,4	0,13	3,92	2,1	-	38	0,83	10	6
Luzilândia-PI	76	0,95	5,4	0,19	0,5	0,3	0,14	3,14	5,5	-	33	0,86	7	7
Piripiri-PI	76	0,86	5,8	0,13	1,5	0,5	0,19	4,02	5,3	-	55	0,92	10	8
Stº Antônio-RN	76	0,34	6,5	0,08	1,1	0,2	0,17	2,18	0,8	-	70	0,43	9	6
Itaporanga-PB	76	1,53	6,7	0,05	4,7	1,5	0,33	7,52	19,2	-	88	1,35	20	12
Picos-PI	77	3,79	6,6	0,03	11,8	4,0	1,25	17,98	297,0	36,8	95	2,16	23	15
Oeiras-PI	77	2,70	6,6	0,05	15,3	5,7	1,00	22,69	27,6	3,1	97	1,26	37	23
Mis. Velha-CE	77	1,79	5,6	0,10	5,6	3,7	0,26	12,93	5,0	2,2	79	1,28	33	16
Marc. Vieira-RN	77	2,27	6,0	0,05	1,7	0,5	0,12	2,83	2,6	2,0	82	0,48	9	4
Açu-RN	77	1,21	6,6	0,05	4,8	2,8	0,51	9,30	116,5	26,1	88	0,60	22	12
Itaporanga-PB	77	1,48	6,2	0,07	5,5	2,0	0,44	9,20	49,2	2,0	87	1,36	19	13
Tabira-PE	77	1,94	5,4	0,05	2,2	1,3	0,31	5,59	1,4	1,8	70	0,93	18	24
S. do Ipanema-AL	77	0,35	5,6	0,05	2,1	0,7	0,32	3,95	70,1	45,8	79	0,73	13	4
Igaci-AL	77	0,73	5,5	0,08	1,6	0,8	0,31	4,55	10,3	10,9	60	0,87	14	14
Alagoinha-PB	77	-	5,2	0,07	3,4	2,0	0,24	9,19	2,0	1,1	60	2,18	28	8
Pio XII-MA	78	0,19	6,1	0,08	2,5	1,7	0,36	6,10	4,2	4,1	75	1,04	20	11
X D. Pedro-MA	78	3,59	6,2	0,05	3,8	1,4	0,52	8,26	4,0	2,7	70	1,88	44	19
S. Talhada-PE	78	2,85	6,4	0,05	2,5	1,2	0,70	5,62	11,0	12,1	78	0,85	16	14
Caruaru-PE	78	1,00	5,5	0,15	2,3	0,9	0,36	5,93	7,4	3,3	63	1,25	21	10
Bacabal-PB	78	-	6,1	0,05	4,2	3,8	0,53	11,50	1,6	1,4	75	2,02	30	19

através da derivada da regressão quadrática que representava a função de produção, considerando-se os preços dos fertilizantes e do produto. Determinaram-se níveis críticos de fósforo disponível no solo para os extratores de Mehlich e Bray - 1, segundo Cate & Nelson (1965). A influência das características do solo na produção da testemunha dos experimentos (Tabela 2) foi avaliada pelo procedimento "stepwise", Draper & Smith (1966).

Em todas as análises, eliminaram-se os dados dos experimentos que apresentaram um coeficiente de variação igual ou superior a 30%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 27 experimentos instalados nos anos de 1974 e 1975 (Tabelas 3 e 4), apenas em dois locais, Macaíba-RN e Teresina-PI, não houve resposta do milho à adubação NPK e, somente em um lugar, Martins-RN, a cultura respondeu a adição de micronutrientes. O incremento médio na produtividade obtido pelo uso de NPK foi de 92% para 1974 e 66% para 1975.

Nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 pode-se avaliar a influência na produção dos nutrientes estudados nos experimentos dos anos de 1976, 1977, 1978 e 1979, respectivamente. Dos 30 experimentos instalados nesses quatro anos, o nitrogênio e o fósforo tiveram influência na produção do milho, respectivamente, em 27 e 12, evidenciando, dessa forma, a cárcência generalizada em nitrogênio desses solos para essa cultura. As maiores produtividades ocorridas nos experimentos pelo uso da adubação corresponderam a incrementos sobre a testemunha que variaram de 37 a 1.137%. Em nenhum desses experimentos foi verificada influência do potássio. Os micronutrientes e a calagem usados em alguns desses experimentos, não exerceram alterações no rendimento.

Os incrementos na produção com o uso de nitrogênio e fósforo nesses últimos quatro anos foram bastante superiores aos obtidos com NPK nos dois primeiros anos. Essa diferença pode ser atribuída aos níveis de NPK que não foram suficientemente altos para a planta atingir o máximo da produção nos anos de 1974 e 1975.

→ A falta de resposta à calagem e ao potássio concorda

TABELA 3. Média da produção em t/ha de grãos para cada um dos tratamentos em 1974.

Experimentos (Locais)	C.V. %	Tratamentos ^a		
		1	2	3
Patos-PB	29,2	0,73 a	2,57 b	2,50 b
Luzilândia-PI	17,0	1,36 a	3,51 b	3,71 b
Amarante-PI	19,6	2,13 a	3,38 b	3,71 b
Floriano-PI	24,5	1,33 a	3,31 b	3,11 b
Elesbão Vesolos-PI	15,6	0,91 a	3,99 b	4,13 b
Picos-PI	4,8	5,60 a	6,49 b	6,38 b
Teresina-PI	10,0	2,64 a	4,66 b	4,69 b
Nova Iorque-MA	19,9	0,99 a	2,48 b	2,55 b
Média Geral		1,97	3,80	3,85
Percentagem		100	192	195

^a Tratamentos: 1 = sem adubação;
 2 = NPK;
 3 = NPK + Micronutrientes.

As médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem pelo teste Tukey $\leq 0,05$.

TABELA 4. Média de produção em t/ha de grãos para cada um dos tratamentos no ano de 1975.

Experimentos (Locais)	C.V. (%)	Tratamentos ^a		
		1	2	3
S. do Ipanema-AL	25,1	1,53 a	3,37 b	3,13 b
Itabaiana-PB	16,2	2,07 a	3,19 b	3,26 b
S. Talhada-PE	14,1	3,17 a	4,15 b	4,40 b
Cerro Corã-RN	14,0	1,27 a	2,95 b	2,60 b
Macaíba-RN	16,7	3,70 a	3,93 a	4,35 a
Açu-RN	11,5	3,03 a	4,35 b	4,19 b
Martins-RN	3,3	2,05 a	3,95 b	4,35 c
Florianópolis-PI	14,2	1,83 a	2,80 b	3,03 b
Teresina-PI	21,3	2,36 a	2,98 a	3,00 a
Amarante-PI	20,2	1,49 a	2,97 b	3,01 b
Oeiras-PI	24,0	2,19 a	3,08 b	3,68 b
Picos-PI	14,8	3,41 a	4,33 b	4,53 b
Elesbão Veloso-PI	9,0	1,03 a	2,48 b	2,39 b
Luzilândia-PI	17,5	1,23 a	2,43 b	2,55 b
São João dos Patos-MA	23,0	0,85 a	2,20 b	2,13 b
Nova Iorque-MA	17,9	1,70 a	2,83 b	2,85 b
Dom Pedro-MA	3,7	3,01 a	5,38 b	5,53 b
Santa Inês-MA	19,6	1,55 a	3,20 b	3,03 b
Passagem Franca-MA	21,5	0,67 a	2,83 b	2,90 b
Média Geral		2,01	3,34	3,42
Porcentagem		100	166	170

^a Tratamentos: 1 = sem adubação;

2 = NPK;

3 = NPK + micronutrientes.

As médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem pelo teste de Tukey $\leq 0,05$.

TABELA 5. Influência da aplicação dos fertilizantes na produção de grãos em relação à Testemunha (T) para os dados de 1976.

Experimentos (Locais)	C.V. (%)	Influência dos Fertilizantes ^a				Produção			
		N	P	K	Cal. Micr.	T		Milho adubado	
						(t/ha)	(%)	(t/ha)	(%)
D. Pedro ^b -MA	18,4	-	-	-	-	4,27	100	5,87	137
Sta Inês ^b -MA	25,4	x	-	-	-	1,11	100	3,25	292
Codô ^b -MA	19,6	x	-	-	-	1,05	100	3,33	317
Luzilândia-PI	22,8	x	-	-	-	0,95	100	3,29	346
Piripiri-PI	21,1	x	-	-	-	0,86	100	3,25	377
Sto. Antônio ^b -RN	17,6	x	x	-	-	0,34	100	2,21	650
Itaporanga ^b -PB	29,5	-	-	-	-	1,53	100	2,88	188

^a Onde houve influência dos fertilizantes, está indicado pelo sinal (x) que foi avaliada pelo teste de Tukey a 5%.

^b Nesses locais não foi incluído o tratamento com Calagem (Ca!).

TABELA 6. Influência da aplicação dos fertilizantes na produção de grãos em relação à Testemunha (T) para os dados de 1977.

Experimentos (Locais)	C.V. (%)	Influência dos Fertilizantes ^a				Produção			
		N	P	K	Calagem	T		Milho Adubado	
						(t/ha)	(%)	(t/ha)	(%)
D. Pedro-MA	16,4	-	x	-	-	6,14	100	8,47	138
Codô-MA	28,2	x	x	-	-	0,47	100	3,45	734
Picos-PI	26,7	x	-	-	-	3,79	100	5,65	149
Oeiras-PI	21,9	x	-	-	-	2,70	100	3,90	144
Missão Velha-CE	21,3	x	-	-	-	1,79	100	5,91	330
Açu-RN	25,3	x	-	-	-	1,21	100	3,48	287
Marc. Vieira-RN	22,5	x	x	-	-	2,27	100	6,63	292
Itaporanga-PB	22,6	x	-	-	-	1,48	100	5,20	351
Tabira-PE	17,5	x	x	-	-	1,94	100	3,61	186
Igaci-AL	15,5	x	x	-	-	0,73	100	5,23	716
S. do Ipanema-AL	25,4	x	-	-	-	0,35	100	4,33	1.237

^a Onde houve influência dos fertilizantes, está indicado pelo sinal (x), que foi avaliada pelo teste F a 5% para N e P, e pelo teste de Tukey a 5% para K e Calagem (Ca!).

TABELA 7. Influência da aplicação dos fertilizantes na produção de grãos em relação à Teste munha (T) para os dados de 1978.

Experimentos (Locais)	C.V. (%)	Resposta aos Fertilizantes ^a				Produção			
		N	P	K	Calagem	T (t/ha)(%)	Milho (t/ha)	Adubado (%)	
D. Pedro-MA	17,7	x	x	-	-	3,59	100	6,27	174
Pio XII ^b -MA	25,2	x	x	-	-	0,19	100	4,31	226
Picos-PI	22,7	x	-	-	-	2,85	100	3,94	138
Itaporanga-PB	19,0	x	-	-	-	1,27	100	4,10	322
S. Talhada ^b -PE	16,8	x	-	-	-	2,85	100	5,53	194
Caruaru-PE	22,6	x	x	-	-	1,00	100	4,00	400

^a Onde houve influência dos fertilizantes, está indicada pelo sinal (x), que foi avaliada pelo teste F a 5% para N e P, e pelo teste de Tukey a 5% para K e Calagem (Cal).

^b Nesses locais não foi incluído o tratamento com Calagem (Cal.).

TABELA 8. Influência da aplicação dos fertilizantes na produção de grãos em relação à Teste munha (T) para os dados de 1979.

Experimentos (Locais)	C.V.	Resposta aos Fertilizantes ^a				Produção			
		N	P	K	Calagem	T (t/ha)(%)	Milho (t/ha)	Adubado (%)	
Pio XII ^b -MA	19,0	x	-	-	-	1,54	100	5,35	347
Bacabal ^b -MA	18,6	x	x	-	-	1,26	100	5,43	430
S. Talhada ^b -PE	16,2	x	-	-	-	1,70	100	3,69	217
Mis. Velha-CE	14,9	x	-	-	-	2,80	100	5,82	207
Alagoinha-PB	24,3	x	x	-	-	1,86	100	5,30	284
Itaporanga-PB	20,1	x	x	-	-	1,83	100	3,71	202

^a Onde houve influência dos fertilizantes, está indicada pelo sinal (x) que foi avaliada pelo teste F a 5% para N e P, pelo teste de Tukey a 5% para K e Calagem (Cal).

^b Nesses locais não foi incluído o tratamento com Calagem (Cal.).

com as informações de Kemmler (1977) de que os solos das regiões semi-áridas são, de um modo geral, auto-suficientes em potássio e não apresentam problemas de acidez.

Nos 23 experimentos em que o delineamento experimental permite avaliar a existência de interações entre os fatores estudados, ou seja, nos experimentos dos anos de 1977 a 1979, apenas em dois deles, Pio XII-MA (1978) e Bacabal-MA (1979), ocorreu uma interação entre nitrogênio e fósforo, conforme mostra as Figuras 1 e 2. Por essas Figuras, pode-se observar que o fósforo só exerceu algum efeito na produção quando em presença do nitrogênio. Para o experimento de Bacabal-MA (Figura 2), o nitrogênio também só teve efeito quando o milho foi adubado com fósforo.

As estimativas das doses ótimas econômicas de nutrientes, para os locais onde houve resposta quadrática simples às adubações são mostradas na Tabela 9. Em Santa Inês-MA não foi possível calcular essas doses por falta de informações dos preços do produto e fertilizantes. Em virtude da baixa produtividade obtida em Codó-MA (Tabela 6) e do preço do fertilizante ter sido muito alto em relação ao do produto, os dados indicaram não ser econômico adubar nesse município. Em relação ao fósforo, apenas para Tabira-PE, foi possível calcular a dose econômica que foi de 72 kg/ha de P_2O_5 . Para nitrogênio, foram estimadas doses que variaram de 78 a 139 kg/ha de N, com uma média de 109 kg/ha de N. Essas doses de nitrogênio e fósforo situam-se em valores compreendidos pelas doses encontradas por Sá Júnior et al. (1974) e superiores àquelas obtidas por Faria & Aguiar (1978). Isso demonstra que a adubação para as condições de sequeiro, onde foi realizado o presente trabalho, é menos eficiente do que para as condições da cultura irrigada.

Os níveis críticos encontrados para fósforo disponível no solo situaram-se entre 7,5 e 10 ppm de P pelo extrator de Mehlich (Figura 3) e 5,5 e 10 ppm de P pelo extrator de Bray - 1 (Figura 4). Estes níveis estão próximos aos relatados por Sá Júnior et al. (1970) e Cate & Vettori. Quando foram considerados os valores médios desses níveis para cada extrator, o nível crítico pelo teste de Bray - 1 foi mais baixo, 7,5 ppm de P, do que pelo teste de Mehlich, 8,7 ppm de P (Figuras 3 e 4). Observando-se os

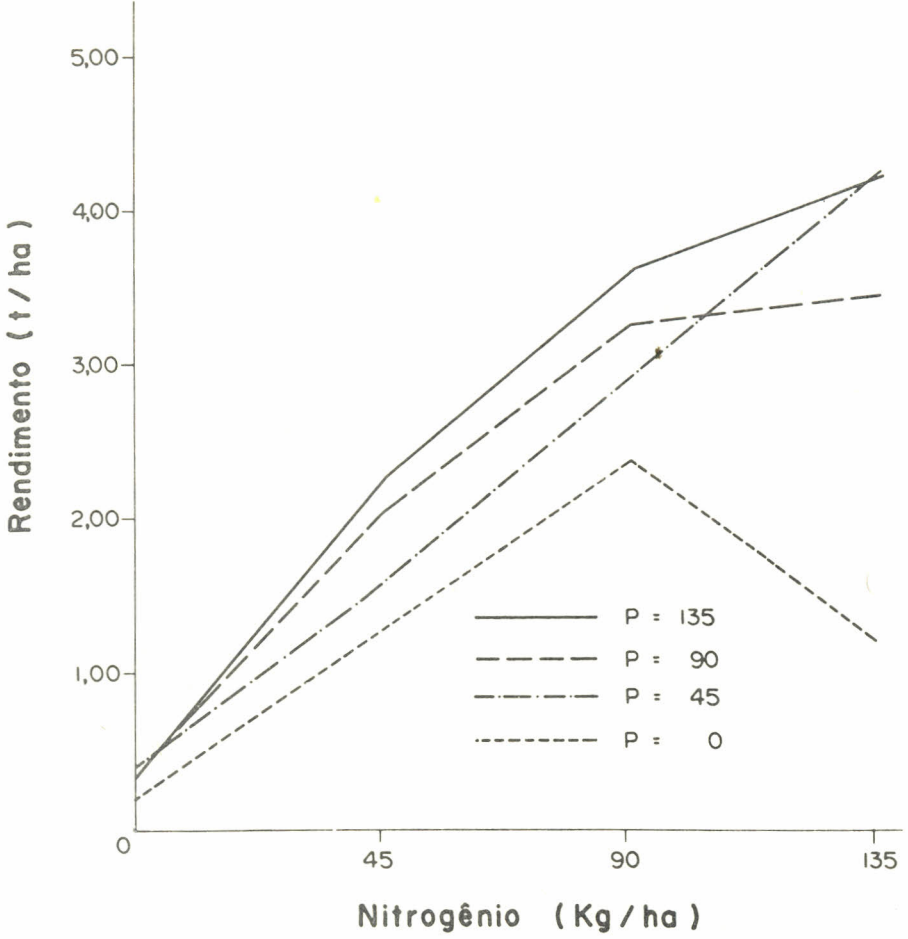


FIGURA I. Influência dos Níveis de Nitrogênio e Fósforo na Produção do Milho, em Pio XII-MA 1978.

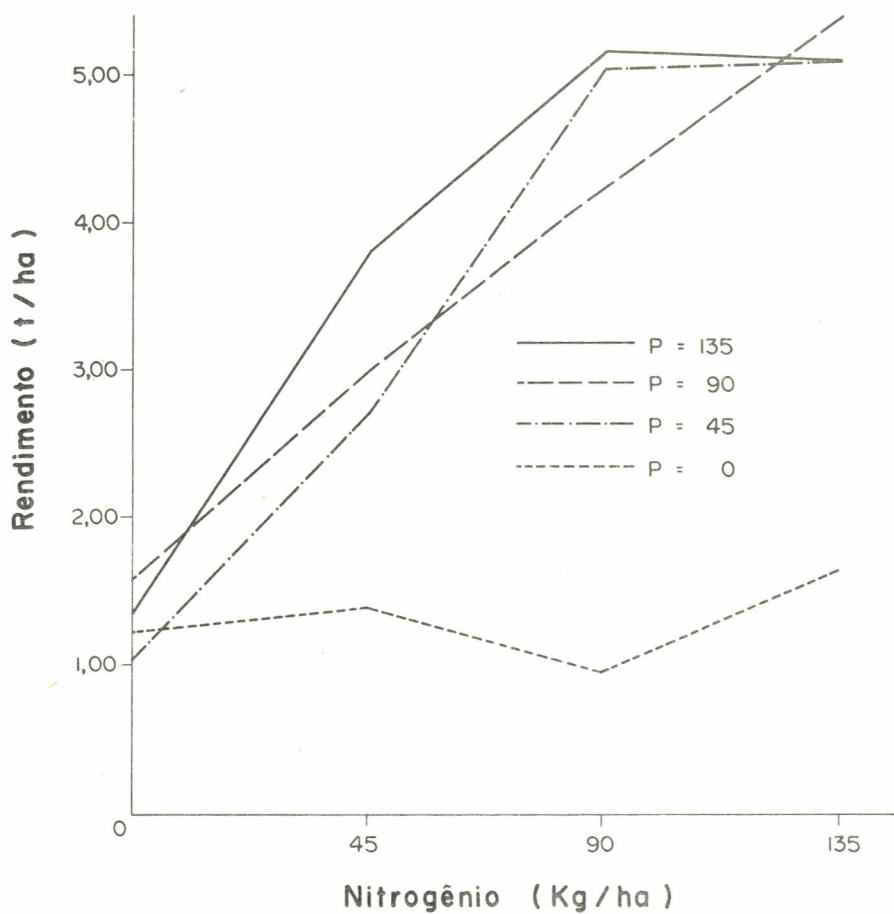


FIGURA 2. Influência dos Níveis de Nitrogênio e Fósforo na Produção do Milho, em Bacabal-MA 1979.

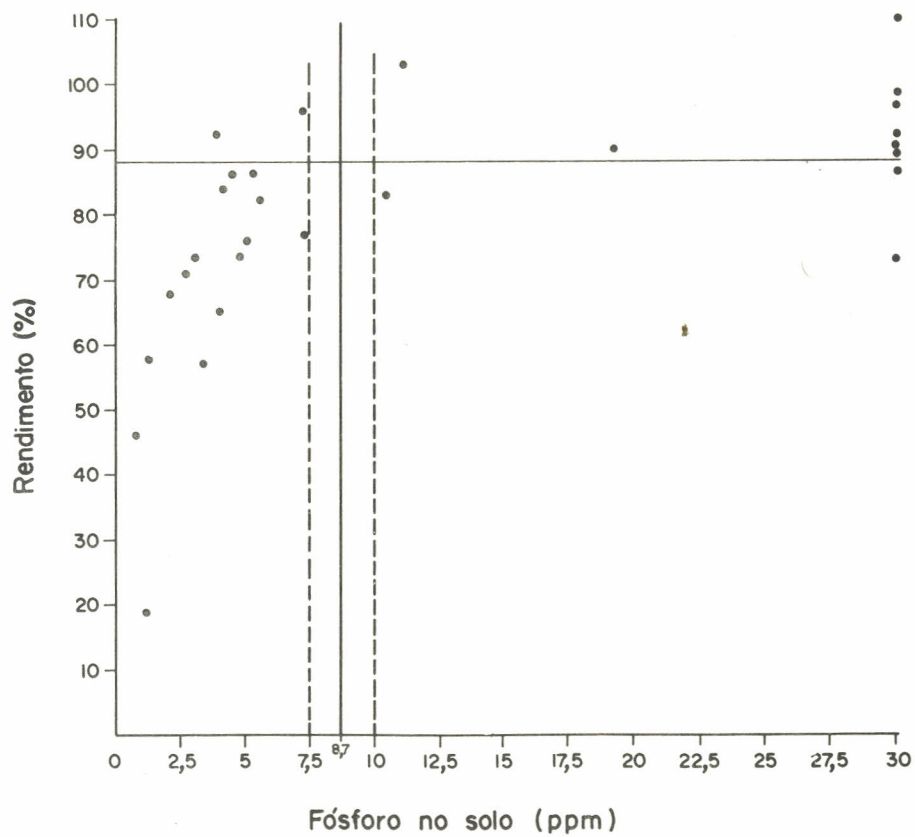


FIGURA 3. Determinação do nível crítico de fósforo disponível pelo extrator de Mehlich.

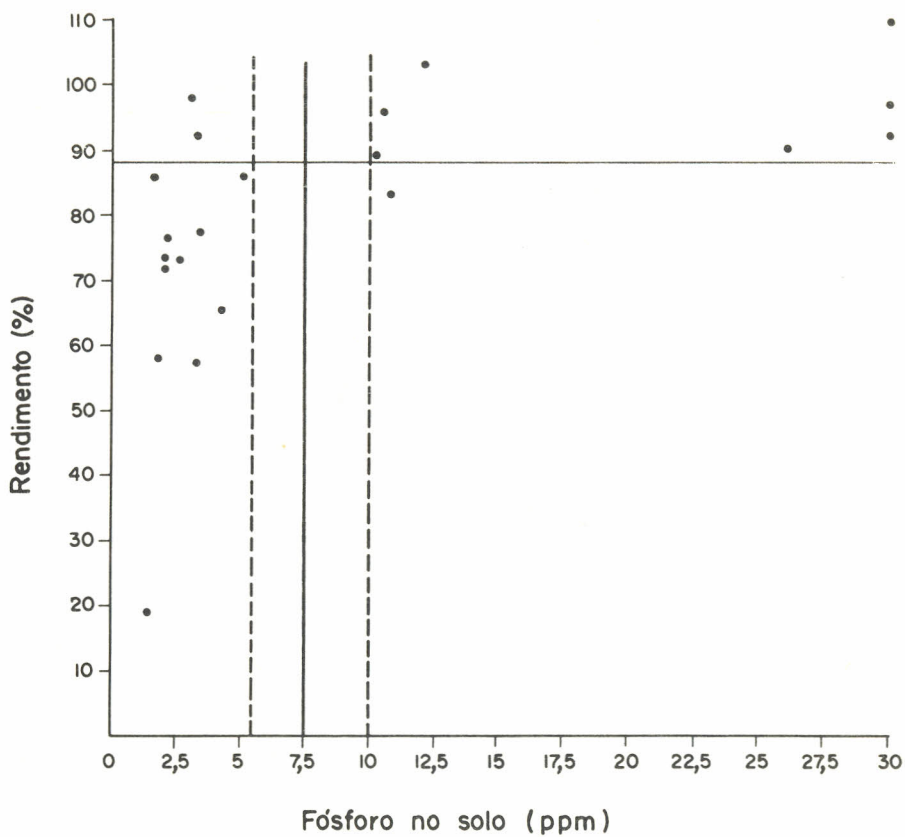


FIGURA 4. Determinação do nível crítico de fósforo disponível pelo extrator de Bray-1

TABELA 9. Estimativa das doses econômicas dos nutrientes para os locais onde se verificou uma resposta quadrática da produção em função dos níveis estudados.

Experimentos (Locais)	A n o	E q u a ç ã o	R %	Preços (Cr\$/kg) ^a			Dose Econômica (kg/ha)	
				Milho	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Sta. Inês-MA	1976	Y = 1.133 + 48,83 (N) - 0,29 (N) ²	95,8	-	-	-	67	-
Luzilândia-PI	1976	Y = 869 + 50,59 (N) - 0,27 (N) ²	98,6	1,17	17,00	-	183	-
Codô-MA	1977	Y = 1.446 + 19,16 (P ₂ O ₅) - 0,11 (P ₂ O ₅) ²	98,3	1,08	-	22,50	-	0
Açu-RN	1977	Y = 1.235 + 36,39 (N) - 0,18 (N) ²	99,5	1,20	10,00	-	78	-
Mar. Vieira-RN	1977	Y = 2.476 + 57,99 (N) - 0,24 (N) ²	99,9	1,20	10,00	-	103	-
Itaporanga-PB	1977	Y = 1.544 + 38,27 (N) - 0,13 (N) ²	98,4	1,20	8,00	-	124	-
Tabira-PE	1977	Y = 1.813 + 24,81 (P ₂ O ₅) - 0,12 (P ₂ O ₅) ²	85,5	1,20	-	9,00	-	72
Igaci-AL	1977	Y = 798 + 57,15 (N) - 0,21 (N) ²	99,3	2,75	11,95	39,25	125	-
S. do Ipanema-AL	1977	Y = 571 + 40,68 (N) - 0,13 (N) ²	99,9	2,75	11,95	-	139	-
S. Talhada-PE	1978	Y = 3.217 + 31,83 (N) - 0,13 (N) ²	95,1	2,12	18,35	-	89	-
Itaporanga-PB	1978	Y = 1.591 + 27,14 (N) - 0,09 (N) ²	99,6	2,27	-	-	-	-
S. Talhada-PE	1979	Y = 2.092 + 22,42 (N) - 0,09 (N) ²	95,2	4,60	35,00	-	83	-

^a Em alguns locais não foi possível encontrar esses preços.

dados apresentados na Tabela 2, constatou-se que existe uma tendência dos teores de fósforo no solo serem menores pelo teste de Bray - 1 do que pelo teste de Mehlich, principalmente quando os solos apresentam altos teores de cálcio trocável. Essa diferença é atribuída à natureza química dos dois testes e resultados semelhantes foram encontrados por Faria & Pereira (1979), Braga & Defelipo (1972), Balerdi et al. (1968).

Tentando-se obter uma relação entre o fósforo aplicado e o fósforo extraído do solo de dez locais onde os experimentos foram repetidos no mesmo local por mais de um ano, apenas em três, Caruaru-PE, Marcelino Vieira-RN e Dom Pedro-MA, conseguiu-se uma correlação pelo teste de Mehlich e em quatro, Caruaru-PE, Missão Velha-CE, Marcelino Vieira-RN e Dom Pedro-MA, outra correlação pelo teste de Bray - 1. Provavelmente, não houve um maior número de correlações devido aos níveis de fósforo aplicados que foram baixos. Fazendo-se uma análise com a média dos dados desses locais onde existiram as correlações, obtiveram-se as seguintes regressões:

$Y = 2,55 + 0,044 x$, $r = 0,99^{**}$ para o teste de Mehlich e

$Y = 2,45 + 0,018 x$, $r = 0,99^{**}$ para o teste de Bray - 1, em que Y representa o fósforo extraído do solo em ppm e x, o fósforo aplicado em kg/ha de P_{205} .

Das onze variáveis do solo que estão contidas na Tabela 2⁵, em 20 observações, apenas a fração silte e o nutriente potássio tiveram uma influência na produção do milho não adubado pelo modelo matemático "stepwise" que explicou 61% da variação (Figura 5).

Conforme essa análise, os solos que possuem altos teores dessas duas variáveis apresentam um alto potencial para a cultura do milho no Nordeste. A influência do potássio não era esperada, considerando-se que em nenhum dos experimentos conduzidos neste trabalho, o milho respondeu à adubação potássica. Nesse caso, essa influência do potássio pode ser indireta, através de uma outra variável

⁵ O fósforo pelo método Bray - 1 não entrou nessa análise

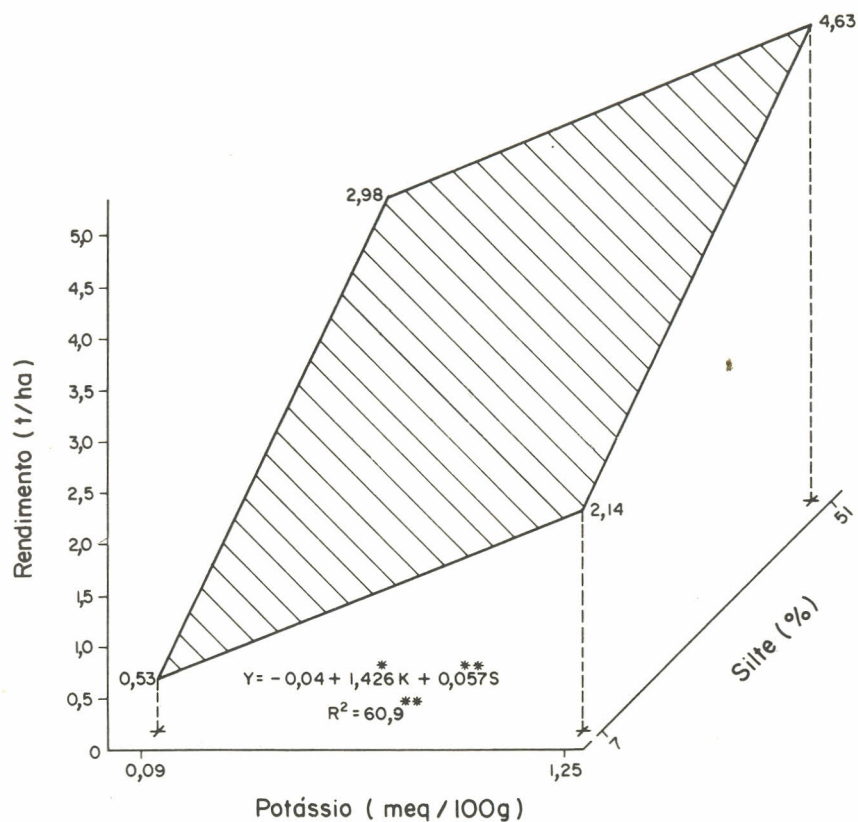


FIGURA 5. Relação entre o rendimento de milho não adubado e os teores de potássio trocável (k) e da fração silte (s) no solo.

que não foi estudada. O efeito da fração silte deverá estar relacionado com as condições físicas do solo; do contrário, as influências dessas duas variáveis foram simplesmente casuais, atribuídas ao modelo matemático utilizado.

CONCLUSÕES

1. Quanto à fertilidade do solo, os fatores que limitam a produtividade do milho no Nordeste são as deficiências que ocorrem com nitrogênio, na maioria dos casos, e com fósforo, em uma percentagem menor.
2. Os aumentos na produtividade obtidos com o uso de adubação variaram de 37 a 1.137%.
3. As doses ótimas econômicas encontradas para nitrogênio, sem computar as despesas de transporte do fertilizante e da mão-de-obra utilizada em sua aplicação, variaram de 78 a 139 kg/ha de N, com uma média de 109 kg/ha de N.
4. Foram estabelecidos níveis críticos de fósforo no solo com valores médios de 8,7 e 7,5 ppm de P, respectivamente, para os extratores de Mehlich e Bray - 1. Em alguns casos, também foram ajustadas regressões entre o fósforo aplicado ao solo e o fósforo extraído para ambos extratores.
5. A análise feita pelo procedimento "stepwise" indicou que, das onze variáveis de solo testadas, apenas a fração silte e o potássio trocável exerceram influência na produção do milho, tendo sido esta influência positiva.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) de Teresina-PI, Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária (EMAPA), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE), Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte (EMATER-RN) e a Fundação Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Alagoas (FITPAL) que colaboraram para realização deste trabalho.

ac

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L.M.de.; SÁ JÚNIOR, J.P.M.; ARAÚJO, S.M.C.de. & VASCONCELOS, A.L.de. Efeitos da adubação nitrogenada na produção do milho em solos latossólicos e podzólicos da zona canavieira de Pernambuco. *Pesq. Agrop. Nord.*, Recife, 4(2):13-28, jul./dez. 1972.
- BALERDI, F.; MULLER, L. & FASSBENDER, H.W. Estudio del fósforo en suelos de América Central. III Comparación de cinco métodos químicos de análisis de fósforo disponible. *Turrialba*, 18(4):348-60, oct./dic. 1968.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Relações entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material vegetal em solos sob vegetação de cerrado: I - Trabalhos de laboratório. *R.Ceres*, Viçosa, 19(102):124-36, mar./abr. 1972.
- BRASIL. SUDENE. Projeto melhoramento e produção de sementes de milho no Nordeste. Convênio: SUDENE/BRASCAN-NE/IPA/IPEANE/ESALQ-USP. Recife, PE, SUDENE/BRASCAN-NE, s.d., n.p. (BRASIL.SUDENE. Série Projetos de Pesquisas, 1).
- CATE JUNIOR, R.B. & NELSON, L.A. Um método rápido para correlação de análises de solo com ensaios de adubação. Raleigh, North Carolina State University, 1965. 13p. il (International Soil Testing Series. Technical Bulletin, 1).
- CATE JUNIOR, R.B. & VETTORI, L. Sugestões para adubação: 3ª aproximação; um processo simplificado para fazer recomendações de fertilizantes, usando valores médios de níveis críticos e probabilidades de resposta, combinados com estimativas da receita bruta. s.n.t. 14p. il.
- DRAPER, N.R. & SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York, J. Willey, 1966. 407p. il.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. **Manual de métodos de análises de solo.** Rio de Janeiro, 1979. 1v. il.
- FARIA, C.M.B.de. & AGUIAR, P.A.A. Influência do espaçamento e adubação na produção e qualidade da semente de milho. **Ci.Agron.**, Fortaleza, CE, 8(1/2):83-9, dez. 1978.
- FARIA, C.M.B.de. & PEREIRA, J.R. Influência de níveis e épocas de aplicação de fósforo na produção em um sistema de rotação e nos teores de fósforo de dois solos do Vale do Sub-Médio São Francisco. **R.bras.Ci.Solo**, Campinas, SP. 3(2):97-100, mai./ago.
- HOROWITZ, A. & DANTAS, H.da S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. III. Cobre na zona Litoral-Mata. **Pesq.agropec.Bras.**, Ser. Agron., 8(7):169-76, 1973.
- HOROWITZ, A. & DANTAS, H.da S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. IV. Zinco na zona Litoral-Mata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, 1973. **Anais...** s.l., Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1974. p.214-41.
- KEMMLER, G. Questions of fertilizer use in rainfed agriculture of arid and semi-arid regions. **Plant Res. Dev.**, 5:70-85, 1977.
- OLSEN, S.R. & DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.E., ed. **Methods of soil analysis.** Madison, American Society of Agronomy, 1965. part.2, p.1035-49. (ASA.Agronomy, 9).
- PEREIRA, J.R. & FARIA, C.M.B.de. Disponibilidade de fósforo, aplicado em um vertissolo do Médio São Francisco, avaliado por métodos químicos. **R.bras.Ci.Solo**, Campinas, SP, 2(2):125-8, mai/ago. 1978.
- SÁ JÚNIOR, J.P.M.e.; ARAÚJO, S.M.C.de.; ALMEIDA, L.M.de & VASCONCELOS, A.L.de. Adaptação de sugestões de adubação com base no método de Cate e Vettori, a resultados de experimentos de campo realizados no Nordeste do Brasil. **Pesq.agropec.Nor.**, Recife, 6(1):125-40, jan./jun. 1974.

- SÁ JÚNIOR, J.P.M.e.; UCHOA, B.F. & SKOGLEY, E.O. Subsídios à caracterização de solos carentes em P e K para o milho na região fisiográfica do Nordeste do Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, 5:351-7, 1970.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1969: 24p. (EPE. Boletim Técnico, 7).

PEDE-SE PERMUTA DE PUBLICAÇÕES
ON DEMANDE L'ÉCHANGE DE PUBLICATIONS
WE ASK FOR PUBLICATION EXCHANGE
MAN BITTET UM PUBLIKATIONAUSTAUSCH

Diagramação, desenho, composição e montagem
Editoração do Comitê de Publicações do CPATSA
Impressão GRAFSET