



Boletim Técnico n. 55

A FERTILIZAÇÃO DO CACAUEIRO NO BRASIL
Doze Anos de Pesquisas

Francisco Ilton Morais
Charles J. L. de Santana
Rafael E. Chepote Silva

Boletim Técnico nº **55**

A FERTILIZAÇÃO DO CACAUEIRO NO BRASIL
Doze Anos de Pesquisas

Francisco Ilton Moraes
Charles J. L. de Santana
Rafael E. Chepote Silva

Centro de Pesquisas do Cacau

1977

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA – CEPLAC

CONSELHO DELIBERATIVO

Presidente

Alysson Paulinelli – Ministro da Agricultura

Vice-Presidente

Benedito Fonseca Moreira – Diretor da CACEX

Secretário-Geral da CEPLAC

José Haroldo Castro Vieira

Ministério da Indústria e Comércio

Carlos Pereira Filho

Governo do Estado da Bahia

José Guilherme da Motta

Governo do Estado do Espírito Santo

Emir Macedo Gomes

Banco Central do Brasil

Antonio Luiz Marchesini Torres

Produtores de Cacau

Onaldo Xavier de Oliveira

SECRETARIA GERAL

Secretário-Geral

José Haroldo Castro Vieira

Diretor Científico

Paulo de Tarso Alvim

Diretor da Coordenação Geral de Programas

Jorge Raymundo Vieira

DIRETORIA REGIONAL

Diretor Administrativo

Roberto Midlej

Diretor do Centro de Pesquisas do Cacau

Fernando Vello

Diretor do Departamento Administrativo

Sebastião Carlos Fajardo

Diretor do Departamento de Extensão

Manoel Malheiros Tourinho

Diretor do Departamento Especial da Amazônia

Frederico Monteiro Álvares-Afonso

Diretor da Escola Média de Agricultura da Região Cacaueira

Altenides Caldeira Moreau

Editor

José Correia de Sales

Tiragem: 4.000 exemplares

SUMÁRIO

Introdução	5
Características gerais da área	
Localização e superfície	5
Clima	5
Vegetação	6
Geologia	6
Solos	6
Deficiências de minerais do solo	9
Química e disponibilidade de nutrientes do solo	
Fósforo	13
Potássio	19
Nitrogênio	22
Micronutrientes	23
Acidez do solo e calagem	28
Respostas do cacaueiro à adubação	
Interação sombra x adubação e efeito residual	28
Época de adubação	30
Fontes fertilizantes	31
Efeito de nutrientes	35
Diagnose foliar do cacaueiro	35
Conclusões e recomendações	
Caracterização de solos	39
Acidez do solo e calagem	41
Respostas do cacaueiro à adubação	41
Análise foliar	42
Literatura citada	42
Resumo	44
Summary	44

A FERTILIZAÇÃO DO CACAUEIRO NO BRASIL

12 Anos de Pesquisas

*Francisco Ilton Moraes **

*Charles J. L. de Santana **

*Rafael E. Chepote Silva **

O programa de pesquisas sobre a fertilização do cacau no Brasil foi iniciado em 1963, quando se tornou efetiva a participação da CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira) no Campo da assistência técnica a este cultivo.

A partir de então, numerosas publicações apareceram na literatura especializada, abordando aspectos relacionados com a caracterização de solos e exigências nutricionais do cultivo, com reflexos positivos na produção nacional.

Este artigo sumariza os resultados obtidos em investigações conduzidas no país nos últimos 12 anos, com ênfase especial para os dados de maior alcance prático. Os autores esperam que o trabalho apresente uma síntese adequada do estado atual de conhecimentos sobre a adubação do cacau no Brasil, e que as sugestões de prioridade para pesquisas futuras contribuam para o aperfeiçoamento do programa em execução.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA

Localização Superfície

A principal zona produtora de cacau do Brasil localiza-se na faixa costeira do sudeste do Estado da Bahia, entre os meridianos de 39°00' e 41°30'W e os paralelos de 13°00' e 18°15' S.

A região cobre uma área de aproximadamente 91.000 km², dos quais 3.700 km² são ocupados com o cultivo do cacau, sendo responsável por quase 95% da produção nacional (3).

Clima

A região cacaueira da Bahia apresenta a classe climática "A" de Köppen, onde predominam os tipos climáticos Af, floresta tropical quente e úmida, sem estação seca, com pluviosidade total superior a 1.300 mm/ano, situado próximo do litoral com uma largura média de 40 km; Aw, tropical quente e úmido com precipitação superior a 750 mm anuais, inverno seco situado entre 70 e 140 km da costa; e Am, transição entre os tipos Af e Aw, quente e úmido, estação seca compensada por totais pluviométricos elevados, localizado na faixa de 40 a 70 km da costa.

* *Técnicos do Setor Fertilidade do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Itabuna, BA.*

A temperatura média anual oscila entre 21°C e 25°C, decrescendo a exemplo da precipitação, no sentido leste-oeste da Região. A amplitude térmica anual flutua entre 13,5°C e 9,6°C, dependendo da altitude e da proximidade do mar. Em geral, o maior valor é encontrado nas regiões mais distantes do litoral.

A evapotranspiração potencial, estimada pelo método de Thornthwaite, oscila entre 1.000 e 1.400 mm/ano e a umidade relativa do ar entre 70 e 90% (16, 33).

Vegetação

Os principais tipos de vegetação da zona cacauieira baiana, são: floresta tropical sempre verde, semi-sempre verde e semi-caducifolia. A cultura do cacau encontra-se implantada em áreas onde predominam os dois primeiros tipos (20).

Geologia

As formações geológicas que ocorrem na Região são o Quaternário, cordões arenosos litorâneos, aluviões e areias não consolidadas; o Terciário, sedimentos não consolidados da Série Barreiras, constituídos essencialmente de quartzo e argilas cauliniticas, relevo tabular; o Cretáceo, sedimentos relacionados com as formações do Recôncavo Baiano e Bacia de Maraú - Camamu; e o Pré-cambriano superior, médio e inferior, representados, respectivamente, por metassedimentos do grupo Rio Pardo e rochas do embasamento cristalino (2).

Solos

Levantamentos pedológicos da região cacauieira baiana indicam a existência de 30 unidades cartográficas, distribuídas em nove ordens taxonômicas (*Entisol*, *Inceptisol*, *Aridisol*, *Mollisol*, *Spodosol*, *Alfisol*, *Ultisol*, *Oxisol* e *Histosol*), de acordo com a 7ª aproximação do sistema americano de classificação. Esta grande variação de solos está relacionada sobretudo com a diversidade geológica da área (40).

Nos Quadros 1 e 2, estão contidas algumas propriedades físicas, químicas e mineralógicas de solos representativos da região cacauieira. Pode-se observar que apenas 12 unidades de mapeamento apresentam importância para a cacauicultura, devendo-se destacar que, nos solos Cepec (*Modal e diaclasado*), Rio Branco, Vargito (*Eutrófico*), Aluvial argiloso, Hidromórfico e Itabuna, são encontrados mais de 90% dos cacauais da Bahia (39).

O teor de argila destes solos varia de 12 a 50% no horizonte A, sendo a caulinita o mineral predominante. O equivalente de umidade (aproximadamente igual à capacidade de campo) situa-se entre 10 e 50%, havendo, conforme esperado, uma influência positiva dos teores de carbono, silte e argila sobre estes valores (Quadros 1 e 2).

O pH situa-se na faixa de 5,7 a 6,9 no subhorizonte A₁, decrescendo com a profundidade para valores inferiores a 5,0 devido a presença de alumínio. O carbono orgânico concentra-se na camada superficial dos solos, diminuindo bruscamente no horizonte "B". O nitrogênio mostra tendência semelhante. A capacidade de troca de cations (CTC) e o conteúdo

Quadro 1 - Propriedades físicas e mineralógicas de solos representativos da Região Cacaueira da Bahia*.

U n i d a d e	Subgrupo**	Horiz.	Prof. (cm)	Granulometria (%)**			Argila** Natural (%)	Equival.** Umidade (%)	Minerais da fração [§] argila (0,002 mm)
				Areia	Silte	Argila			
Itamirim	Typic	A ₁₁	0- 11	53,4	30,7	12,9	5,2	18,5	M, V, C, q, go
	Argiustol	B ₂	58- 82	42,2	31,8	26,0	14,0	22,1	M, V, C, Gb, q, go
Cepec Modal	Tipic	A ₁	0- 5	15,6	44,6	39,8	25,5	42,0	nd
	Tropudalf	B ₂	42- 61	8,8	29,6	61,6	0,0	41,8	
Cepec fase substrata Contínuo	Oxic	A ₁	0- 10	42,0	39,0	19,0	6,0	29,0	C, mi, Gb, q, go
	Tropudalf	B ₂₁	55- 70	31,0	18,0	51,0	9,0	29,0	C, mi, Gb, q, I, go
Vargito Eutrófico	Oxic	A ₁	0- 11	20,8	62,7	16,5	12,4	29,0	nd
	Tropudalf	B ₂	36- 91	6,0	48,5	45,5	41,4	32,7	
Vargito Distrófico	Typic	A ₁	0- 5	4,0	68,0	16,0	16,0	42,0	C, I, Q, Gb, go
	Tropudult	B ₂₁	52- 78	0,0	33,0	67,0	2,0	38,0	C, I, q, Gb, go
Itabuna	Typic	B ₁	0- 7	38,4	39,3	22,3	15,0	24,0	C, q, go
	Tropudult	B ₂	36- 64	19,9	30,9	49,2	100,0	34,8	C, go
Nazaré	Orthoxic	A ₁	0- 15	66,0	14,0	19,0	10,0	26,0	C, q
	Tropudult	B ₂₁	86-125	27,0	5,0	68,0	0,0	42,0	C, go, q
Rio Branco	Oxic	A ₁	0- 8	38,0	28,0	34,0	14,0	36,0	nd
	Dystropept	B ₂	30- 55	27,0	9,0	64,0	1,0	32,0	
Hidromórfico	Fluventic	A ₁	0- 9	14,6	41,0	44,4	21,7	50,0	nd
	Tropaquept	B(g1)	9- 31	5,7	28,0	66,4	0,4	38,0	
Aluvial	Fluventic	A ₁	0- 5	10,4	43,2	46,4	22,0	44,0	nd
	Dystropept	(B)	20- 43	19,4	37,5	43,1	0,0	38,0	
Colônia Argiloso	Typic	A ₁	0- 13	56,0	8,0	36,0	18,0	nd	C, q, Gb, h
	Haplorthox	B ₂₁	45- 75	31,0	4,0	65,0	0,0		C, gb, h
Colônia Arenoso	Psammentic	A ₁	0- 13	81,0	7,0	12,0	8,0	10,0	nd
	Haplorthox	B ₂₁	32- 47	65,0	8,0	27,0	23,0	13,0	
Una	Typic	A ₁	0- 15	39,6	20,2	40,2	18,5	24,8	C, gb, go
	Haplustox	B ₂₁	65-100	28,8	17,1	54,1	0,0	30,6	C, gb, go
Valença	Typic	A ₁	0- 10	33,5	16,3	50,2	29,0	nd	C, gb, go
	Haplorthox	B ₂₁	40-130	22,6	10,0	67,4	0,0		C, go
Água Sumida	Typic	A ₁	0- 10	48,3	13,7	38,0	7,6	20,6	nd
	Umbriorthox	B ₂₁	42- 63	31,2	4,5	64,3	0,0	24,5	

* Valores obtidos de perfis representativos;

** Dados de Silva et al (40);

§ Dados de Moraes e Page (31); C = Caulinita; M = Montmorillonita; V = Vermiculita; I = Interstratificados; Mi = Micas; H = Hematita; Go = Getita; Gb = Gibsita; Q = Quartzzo; Letras maiúsculas = Mineral predominante.
nd = não determinado.

Quadro 2 - Características químicas de solos representativos da Região Cacaueira da Bahia*.

U n i d a d e	Subgrupo	Horiz.	pH 1:2,5		C %	N %	Al (mEq/100 g)	Bases (mEq/100 g)				CTC** (mEq/100g)	C/N	Teores Totais (%) [§]			
			H ₂ O	KCl				Ca	Mg	K	Na			P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
Itamirim	Typic	A ₁₁	6,8	6,0	1,43	0,14	0,1	5,1	2,9	0,10	0,05	8,25	10,2	0,11	3,41	9,37	6,88
	Argiustol	B ₂	5,9	4,5	0,61	0,08	0,5	0,4	15,0	0,03	0,29	16,22	7,6	0,10	21,13	20,16	31,13
Cepec Modal	Typic	A ₁	6,4	5,7	4,09	0,40	0,0	13,7	9,4	0,27	0,15	23,52	10,2	0,79	16,90	17,30	20,93
	Tropudalf	B ₂	5,3	4,9	0,62	0,10	0,2	4,8	4,1	0,16	0,15	9,41	6,2	0,92	15,00	19,00	28,89
Cepec Contínuc	Oxic	A ₁	6,7	6,2	3,02	0,31	0,0	14,1	7,3	1,10	0,17	22,67	9,7	0,28	7,40	15,50	12,30
	Tropudalf	B ₂₁	5,8	5,2	0,40	0,05	0,0	2,6	3,3	0,07	0,19	6,04	8,0	0,36	17,40	16,80	20,20
Vargito Eutrôfico	Oxic	A ₁	6,4	6,0	3,30	0,38	0,0	16,9	4,0	0,17	0,11	21,18	8,7	0,10	8,50	5,30	13,50
	Tropudalf	B ₂	5,3	4,6	0,39	0,10	0,0	2,2	2,2	0,03	0,08	4,51	3,9	0,04	20,10	10,00	27,90
Vargito Distrôfico	Typic	A ₁	6,6	6,0	2,73	0,35	0,1	7,6	3,7	2,04	0,25	13,69	7,8	0,09	4,86	2,78	10,10
	Tropudult	B ₂₁	4,9	4,0	0,62	0,14	10,3	0,3	1,0	0,13	0,16	11,89	4,4	0,03	16,02	8,75	23,33
Itabuna	Typic	A ₁	6,0	5,1	1,85	0,21	0,0	4,5	5,4	0,11	0,13	10,14	8,8	0,13	9,14	5,20	11,91
	Tropudult	B ₂	5,2	4,0	0,39	0,09	3,3	0,0	4,6	0,03	0,17	8,10	4,3	0,11	23,46	8,02	26,33
Nazaré	Orthoxic	A ₁	5,3	4,5	1,30	0,18	0,3	1,1	0,7	0,05	0,07	2,22	7,2	0,03	7,80	5,70	8,70
	Tropudult	B ₂₁	5,1	5,1	0,33	0,05	3,2	0,1	0,4	0,11	0,06	3,77	6,6	0,02	24,00	8,40	26,60
Rio Branco	Oxic	A ₁	6,9	6,4	4,22	0,44	0,0	17,8	9,1	0,12	0,10	27,12	9,6	0,20	15,30	15,50	16,50
	Dystropept	B ₂	4,9	4,3	0,91	0,10	0,8	1,2	0,3	0,05	0,09	2,44	9,1	0,44	22,70	16,80	19,70
Hidromórfico	Fluventic	A ₁	5,1	4,1	5,78	0,61	0,5	8,1	6,9	0,49	0,98	16,97	9,4	nd	nd	nd	nd
	Tropaquept	B(g ₁)	4,8	3,6	0,87	0,12	4,3	2,7	3,4	0,07	0,37	10,48	7,3	nd	nd	nd	nd
Aluvial	Fluventic	A ₁	5,0	4,1	2,97	0,20	0,8	2,9	2,8	0,36	0,22	7,08	14,9	nd	nd	nd	nd
	Tropaquept	(B)	4,7	3,8	0,57	0,09	2,9	0,5	0,4	0,14	0,23	4,17	6,3	nd	nd	nd	nd
Colônia Argiloso	Typic	A ₁	5,1	4,4	1,74	0,17	0,5	2,1	0,8	0,04	0,08	3,52	10,2	0,01	13,70	1,70	15,40
	Haplorthox	B ₂₁	4,8	4,1	0,46	0,04	1,3	0,1	0,4	0,01	0,04	1,85	11,5	0,01	23,80	2,90	25,60
Colônia Arenoso	Psammentic	A ₁	5,1	4,5	2,08	0,13	0,3	2,5	1,2	0,10	0,64	4,74	16,0	0,03	3,20	2,00	3,30
	Haplorthox	B ₂₁	4,9	4,2	0,53	0,04	0,8	0,0	0,3	0,02	0,03	1,15	13,3	0,02	8,10	3,90	8,20
Una	Typic	A ₁	5,5	4,8	1,35	0,23	0,2	1,4	1,4	0,13	0,07	3,20	5,9	0,06	20,10	5,00	18,28
	Haplustox	B ₂₁	5,0	4,5	0,74	0,07	0,9	0,2	1,0	0,04	0,06	2,20	10,6	0,04	23,01	6,43	19,43
Valença	Typic	A ₁	5,9	5,1	2,16	0,19	0,6	4,4	1,6	0,35	0,14	7,09	11,4	0,09	23,00	20,90	21,40
	Haplorthox	B ₂₁	4,9	4,4	0,74	0,07	0,3	1,0	0,3	0,03	0,16	1,79	10,6	0,08	27,30	23,10	22,80
Água Sumida	Typic	A ₁	5,0	4,1	2,04	0,27	0,5	3,3	2,3	0,19	0,12	6,41	7,6	0,31	5,37	13,71	6,99
	Umbriorthox	B ₂₁	5,1	4,2	1,07	0,10	1,0	0,3	0,5	0,07	0,09	1,96	10,7	0,35	21,47	6,95	11,66

* Dados obtidos de perfis representativos. Silva et al (40);

** CTC efetiva (bases + alumínio);

§ Ataque sulfúrico; nd = não determinado.

de bases evidenciam valores mais altos nos melhores solos de cacau (*Cepec, Vargito eutrófico, Rio Branco, Itabuna, Aluvial argiloso e Vargito distrófico*), especialmente no horizonte "A" onde predominam níveis mais elevados de matéria orgânica (Quadro 2).

A sílica coloidal apresenta-se, em geral, com teores bastante altos, que aumentam gradativamente em função da profundidade. O conteúdo total de sesquióxidos de ferro é também elevado, resultando valores de "kn" inferiores a 2,0 na maioria dos solos. O teor de Al_2O_3 varia de 3 a 27%, sendo o fósforo total, com raras exceções, extremamente baixo (Quadro 2).

DEFICIÊNCIAS DE MINERAIS DO SOLO

O diagnóstico nutricional dos principais solos do Sudeste da Bahia constituiu a fase inicial do programa de adubação do cacauzeiro no Brasil.

O levantamento foi realizado seguindo a metodologia das microparcelas de milho¹, instalando-se no total 205 ensaios em diferentes pontos da área estudada. Em 165 destes ensaios, utilizou-se o esquema fatorial NPK 3³, enquanto nos demais omitiu-se todos ou cada um dos elementos de uma fórmula completa contendo nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes. Detalhes do método usado e uma discussão dos resultados conseguidos foram apresentados por Cabala, Prado e Miranda (9) e por Fonseca et al (14, 15).

As Figuras 1 e 2 mostram as respostas obtidas em cada unidade de solo em função do tipo de ensaio usado. Em geral, a omissão de fósforo provocou os maiores decréscimos de biomassa de milho ($P < 0,01$), aparecendo em seguida o nitrogênio, potássio e magnésio. Não houve reação significativa para o cálcio e micronutrientes e somente no solo Valença a omissão de enxofre ocasionou efeitos deprimentes na produção.

É interessante ressaltar que, no tratamento em que se omitiu o cálcio, registraram-se produções superiores ao tratamento completo. Acredita-se que este fato esteja associado com a insolubilização de parte do fósforo, sob forma de fosfatos de cálcio, na mistura completa.

O incremento de massa verde de milho pela adição de N, P e K, em três níveis, apresenta uma tendência quadrática de resposta ao fósforo, sendo lineares os efeitos devidos ao nitrogênio e ao potássio. Para o nitrogênio, as respostas mais evidentes foram obtidas nos solos Cepec, Itamirim, Nazaré e Rio Branco, e para o potássio nos solos Cepec e Rio Branco (Figuras 1 e 2).

Com base na correlação entre produção relativa e teor disponível do elemento no solo (Figura 3), foram determinados tentativamente os valores de 0,23%, 18 ppm e 0,20 mEq/100 g, como níveis críticos de respostas para nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

Apesar das restrições existentes quanto à extrapolação destes dados para o cultivo do cacauzeiro, os resultados obtidos deram uma idéia

¹Hardy, F., Muller, L.A. e Bazan, R. Assessment of soil fertility by maize microplot test. Turrialba, Costa Rica, Inst. Interam. de Ciên. Agrícolas, 1963. (mimeografado).

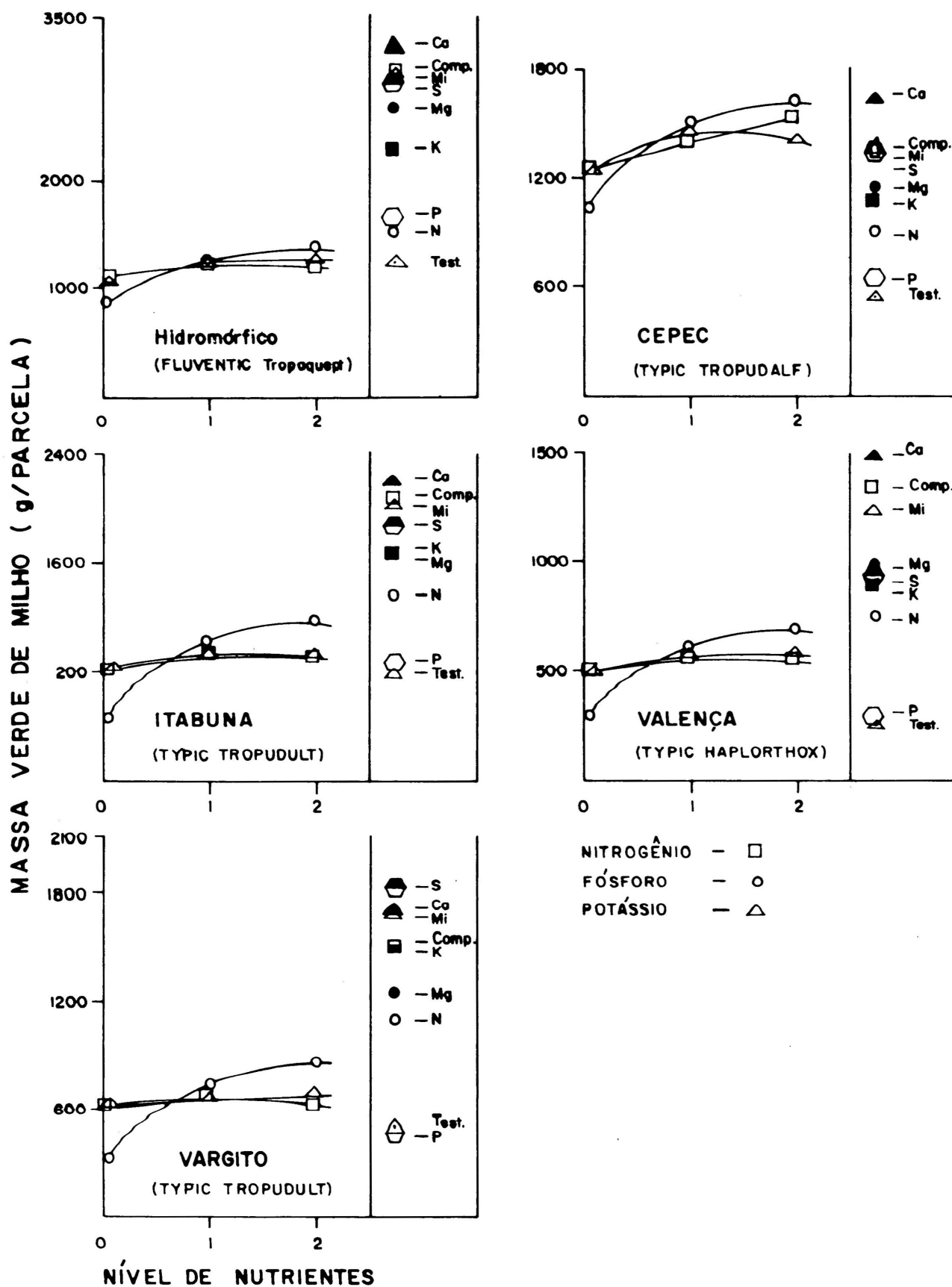


Figura 1 - Deficiências minerais dos Solos Cepec, Hidromórfico, Itabuna, Valença e Vargito na região cacauzeira da Bahia.

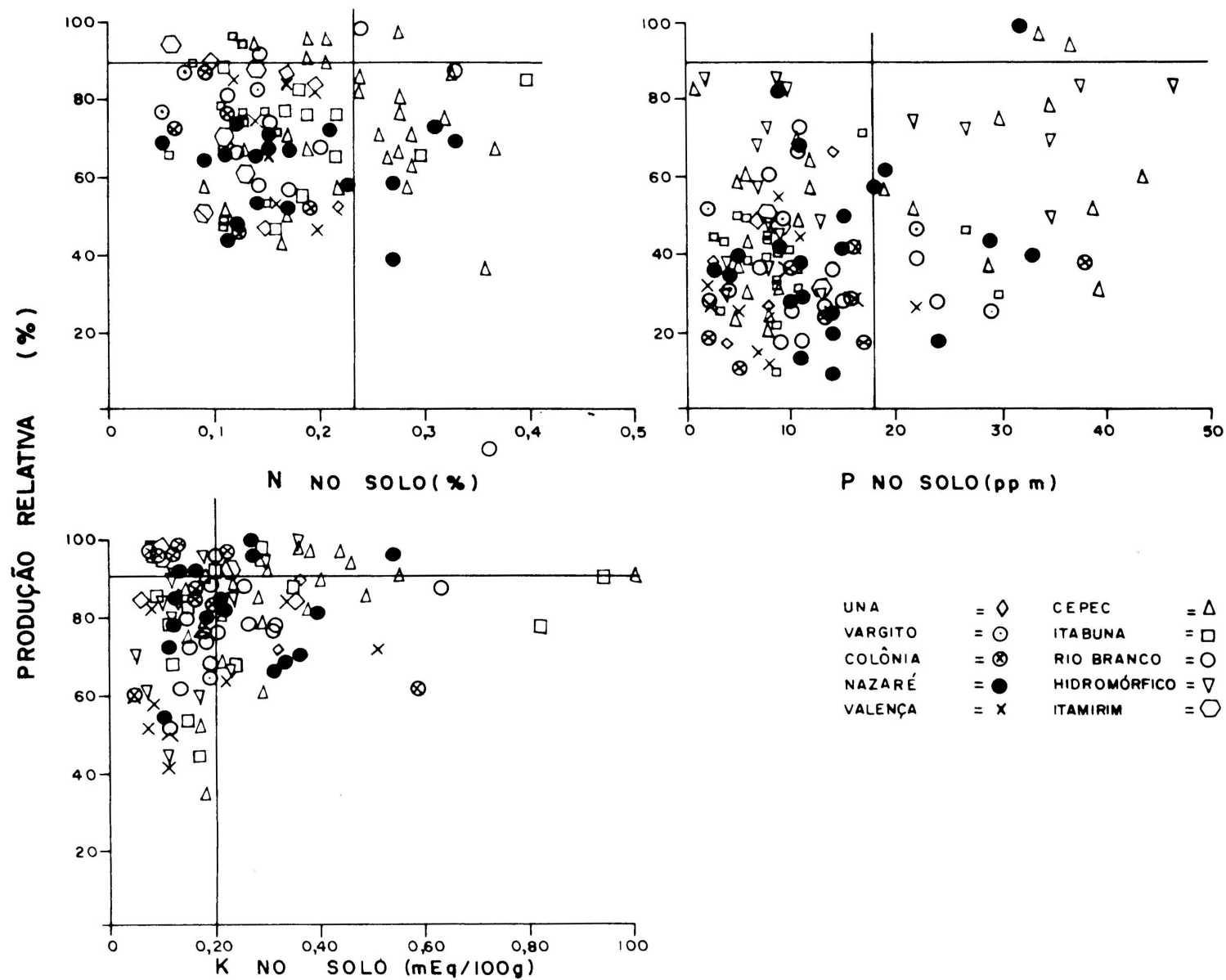


Figura 3 - Nível crítico de resposta para o nitrogênio, fósforo e potássio na região ca-
caueira da Bahia.

geral do estado nutricional dos solos estudados e serviram de base para o estabelecimento de experimentos de adubação em plantações novas e adultas de cacau.

QUÍMICA E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES DO SOLO

O diagnóstico nutricional dos solos da região cacaueira da Bahia, discutido anteriormente, demonstrou ser o fósforo o elemento mais carente, seguido em ordem de importância pelo nitrogênio, potássio e magnésio.

Estes resultados mostraram a necessidade de se dedicar atenção especial aos estudos relacionados com a determinação da reserva total e elucidação dos processos e/ou mecanismos responsáveis pela disponibilidade destes nutrientes no solo.

Fósforo

O conteúdo total de fósforo em solos da região situa-se entre 150 e 3.700 ppm (0,01 a 0,37%), sendo os teores mais altos encontrados nos solos Cepec e Rio Branco e os mais baixos no solo Colônia. O fósforo está, em geral, igualmente distribuído entre as formas orgânicas e inorgânicas, havendo uma predominância do P-inativo (ocluído + redutor) na fração mineral (Quadro 3).

O teor disponível de fósforo desses solos é freqüentemente baixo (<10 ppm), sendo os métodos de Truog e Olsen modificados os mais energéticos extratores (Quadro 3). O nível crítico deste elemento pelo método de Mehlich situa-se em torno de 5 ppm (9).

Experimento conduzido por Cabala e Santana (8) mostrou que a maior parte do fósforo adicionado a estes solos é fixada, possivelmente em formas não utilizáveis pelo cacaueiro (Figura 4). A equação de Langmuir², aplicada a estes dados, permitiu a determinação da capacidade máxima de adsorção e a afinidade dos solos estudados pelo fósforo (Figura 5). O solo Valença apresentou a maior fixação de fósforo (2.270 ppm) e o Itabuna a menor (96 ppm), havendo uma correlação estreita entre adsorção máxima e teor de óxidos livres de ferro no solo (Quadro 4).

Cabala (5) encontrou que a calagem diminui a fixação de fósforo nos solos Cepec, Hidromórfico, Rio Branco, Itamirim, Valença e Colônia, e aumenta esta fixação nos solos Itabuna e Nazaré (Quadro 5), explicando este fato como decorrência da precipitação do fósforo sob a forma de fosfatos insolúveis de cálcio.

$$\frac{\frac{C}{X}}{m} = \frac{1}{Kb} + \frac{C}{b} \quad \text{onde } \frac{X}{m} = \text{fósforo adsorvido (ug/g de solo);}$$

C = Concentração de fósforo em solução (ppm);

K = Constante de afinidade (ml/ug);

b = adsorção máxima de P (ppm).

Quadro 3 - Formas e teores disponíveis de fósforo em solos da região cacauzeira da Bahia. Extraídos de Cabala (5,10).

Solos	Profundidade (cm)	Formas de fósforo (ppm)*							Teores disponíveis fósforo (ppm)**						
		P total	P orgânico	P - Al	P - Fe	P - Ca	P inat.	P - NH ₄ Cl	MA	MB	Tr	Ol	OIM	ER	B-1
Cepec Modal	0- 20	3.178	1.692	86	178	206	508	tr	20	44	66	34	48	28	34
Typic Tropudalf	34- 62	3.692	1.281	46	1.094	130	570	tr	-	-	-	-	-	-	-
Cepec fase substrato	0- 20	590	64	12	57	23	434	0,2	3	4	8	4	5	1	3
Contínuo Oxíc Tropudalf															
Itamirim	0- 30	252	151	2	17	9	63	tr	-	-	-	-	-	-	-
Typic Argiustol	58- 82	233	52	tr	46	10	63	tr	-	-	-	-	-	-	-
Nazaré	0- 18	190	65	tr	20	3	51	tr	1	-	5	9	8	1	-
Othoxic Tropudult	36- 53	274	203	tr	12	6	42	tr	-	-	-	-	-	-	-
Itabuna	0- 27	283	144	1	24	12	51	tr	3	-	5	4	5	2	-
Typic Tropudult	36- 64	250	172	tr	18	1	30	tr	-	-	-	-	-	-	-
Hidromórfico	0- 20	457	388	9	32	11	5	2,0	-	-	-	-	-	-	-
Fluventic Tropaquetp	36- 56	489	423	tr	26	8	49	tr	-	-	-	-	-	-	-
Vargito Distrófico	0- 20	424	70	23	29	3	300	0,2	1	1	3	1	1	3	2
Typic Tropudult															
Rio Branco	0- 17	1.524	1.111	tr	132	28	202	tr	-	-	-	-	-	-	-
Oxíc Dystropept	30- 55	1.766	1.251	27	46	28	372	tr	-	-	-	-	-	-	-
Valença	0- 23	410	192	tr	5	12	120	tr	-	-	-	-	-	-	-
Typic Haplorthox	58-110	348	85	tr	3	11	125	tr	-	-	-	-	-	-	-
Colônia Argiloso	0- 29	165	89	3	12	3	6	tr	2	-	5	3	4	1	-
Typic Haplorthox	63-103	158	105	tr	15	4	31	tr	-	-	-	-	-	-	-

* P - Inat. = inorgânico inativo; tr = traços;

** OIM = Olsen modificado; ER = Egner Rienm; M = Mehlich com (A) e sem pernoite (B); Tr = Truog; B-L = Bray 1.

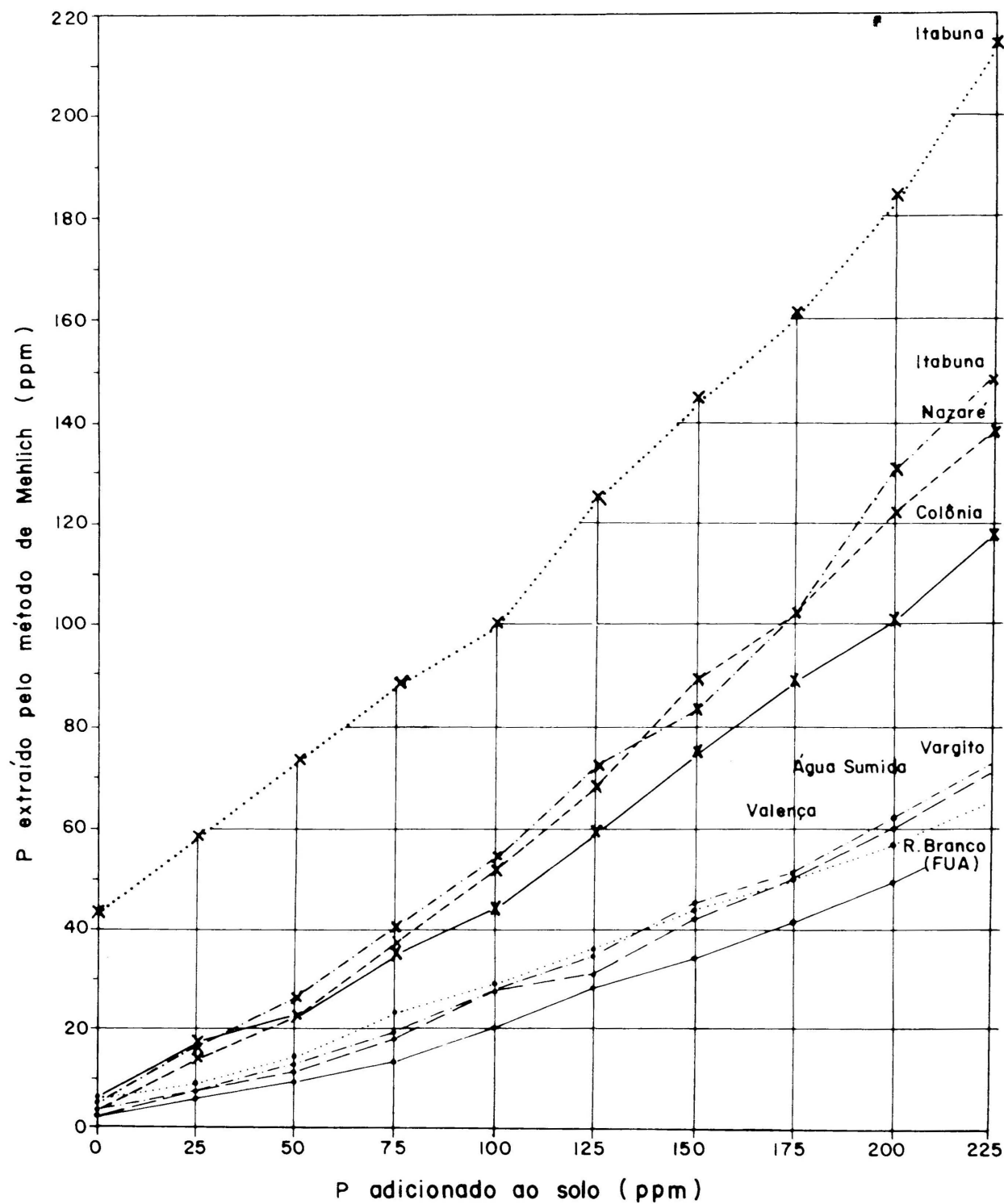


Figura 4 - Fixação de fósforo em solos da região cacauieira da Bahia, segundo Cabala e Santana (8).

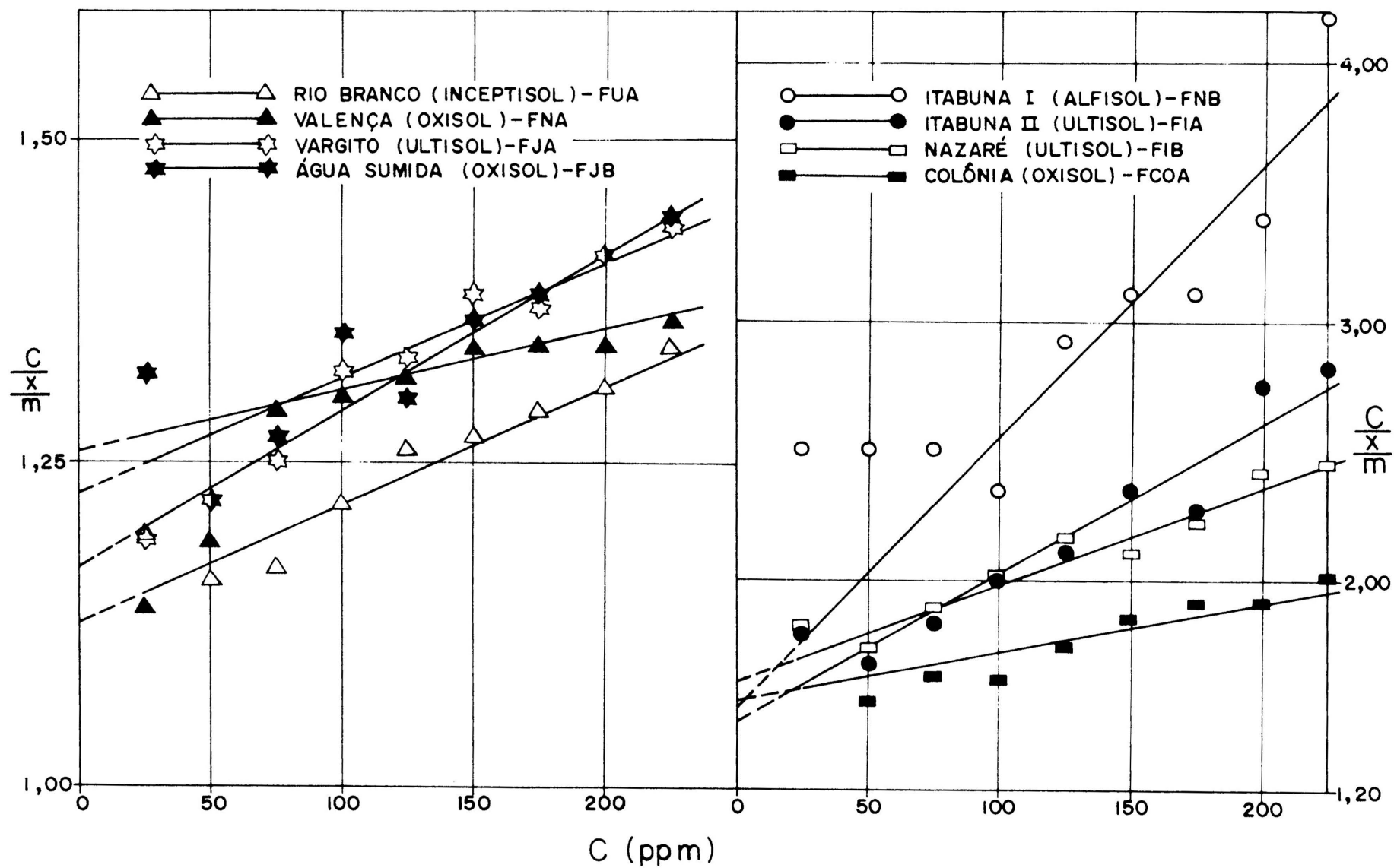


Figura 5 - Isothermas de adsorção de Langmuir em solos da região cacauzeira da Bahia (amostras coletadas de 0 a 20 cm de profundidade).

Quadro 4 - Constantes de afinidade e capacidade máxima de adsorção de fósforo de solos da região cacauzeira da Bahia*.

Solos**	Prefixos	Fe ₂ O ₃ livre (%)	K x 10 ³ (ml/ug)	b (ppm)	R ²	Regressão Linear (P 0,01)
Itabuna § (Oxic Tropudalf)	FNB	2,00	6,97	95,6	0,865	y = 1,50 + 0,01042x
Itabuna (Typic Tropudult)	FIA	3,27	3,95	174,5	0,917	y = 1,45 + 0,00573x
Nazaré (Orthoxic Tropudult)	FIB	3,90	2,30	269,5	0,949	y = 1,61 + 0,00371x
Colônia (Typic Haplorthox)	FCOA	0,90	1,19	543,5	0,644	y = 1,54 + 0,00184x
Vargito (Typic Tropudult)	FJA	6,00	1,04	819,6	0,960	y = 1,17 + 0,00122x
Rio Branco (Oxic Dystropept)	FUA	ind	0,79	1.123,6	0,917	y = 1,13 + 0,00089x
Água Sumida (Typic Umbriorthox)	FJB	ind	0,69	1.176,5	0,713	y = 1,23 + 0,00085x
Valença (Typic Haplorthox)	FNA	7,20	0,35	2.272,3	0,917	y = 1,26 + 0,00044x

* K = Constante de afinidade (ml/ug);

b = Capacidade máxima de adsorção de fósforo (ppm);

ind= Indeterminado.

** Coletados a 0-20 cm de profundidade.

§ Este solo constitui uma variação da unidade Itabuna, que apresenta alta saturação de bases (50%) segundo Silva et al (40).

Quadro 5 - Efeitos da calagem na disponibilidade e fixação de fósforo em solos da região cacauzeira da Bahia. Dados extraídos de Cabala (5).

Solos*	pH**		Olsen		Mehlich§		Trouw		P aplicado	P fixado	
	S/C	C/C	S/C	C/C	S/C	C/C	S/C	C/C		S/C	C/C
	ppm										
Cepec Modal (Typic Tropudalf)	6,6	6,6	62	73	34	37	73	75	5.000	1.030	830
Itabuna (Typic Tropudult)	6,3	6,7	1	2	2	2	11	9	5.000	530	650
Nazarê (Orthoxic Tropudult)	6,2	6,6	1	1	2	2	4	6	5.000	530	600
Hidromórfico (Fluventic Trophaquept)	6,6	7,0	16	18	37	32	41	27	5.000	500	350
Rio Branco (Oxic Dystropept)	5,8	6,0	5	5	4	4	8	6	5.000	980	780
Itamirim (Typic Argiustol)	6,6	6,9	4	4	4	3	11	11	5.000	350	180
Valença (Haplorthox Typic)	5,9	6,5	2	1	1	1	4	4	5.000	780	450
Colônia Argiloso (Typic Haplorthox)	5,5	6,4	2	2	2	3	3	5	5.000	550	300

* Amostras coletadas a 0-20 cm de profundidade;

** pH em água, relação 1:2,5, S/C = sem calagem, C/C = com calagem;

§ Relação solo: solução 1:10.

Potássio

As investigações relacionadas com a caracterização química do potássio em solos do sudeste da Bahia estão ainda em fase preliminar. Os dados existentes são provenientes dos trabalhos de Miranda (25), Santana e Santana (35) e Miranda e Igue (27).

O potássio total encontrado em perfis de solos representativos da Região varia de 1.000 a 16.000 ppm (0,1 a 1,6%), apresentando, em geral, uma tendência crescente em função da profundidade. Cerca de 98% do elemento estão associados com a estrutura de minerais primários e/ou secundários do solo e o restante distribuído entre as formas solúvel, trocável e não trocável (Quadro 6).

O potássio disponível, determinado por diversos extratores, situa-se entre 0,05 e 2,90 mEq/100 g, sendo o valor mais alto obtido para o solo Cepec modal utilizando-se o HNO_3 1N, e o mais baixo para o solo Hidromórfico com o extrator de Mehlich (Quadro 7). O nível crítico deste elemento, em condições de casa de vegetação, é 0,12 mEq/100 g (35).

Quadro 6 - Formas de potássio em solos da região cacauzeira da Bahia, segundo Miranda e Igue (27).

Perfil	Camadas	Profundidade (cm)	K-total (ppm)	K-estrut. (ppm)	K-sol. (ppm) HNO_3N	K-troc. (ppm) $\text{NH}_4\text{OAC N}$	K não troc.* (ppm)
Itabuna I (Oxic Tropudult)	A ₁	000-008	6.300	6.099	201,2	108	93,2
	A ₃	008-017	8.975	8.801	173,7	94	79,7
	B ₁	017-043	10.500	10.327	172,5	80	92,5
	B ₂₁	043-070	12.000	11.801	198,7	85	113,7
	B ₂₂	070-120	13.000	12.832	167,5	82	85,5
	B ₂₃	120-163	13.000	12.845	155,0	82	73,0
	B ₃	163-211	14.000	13.861	138,7	72	66,7
Colônia Arenoso (Psammentic Haplorthox)	A ₁₁	000-016	200	139	61,2	38	23,2
	A ₁₂	016-029	250	220	30,0	20	8,5
	B ₁	029-063	325	302	22,5	14	10,2
	B ₂₁	063-103	325	304	21,2	11	10,2
	B ₂₂	103-130	425	402	22,5	11	11,5
	B ₃	130-160	500	481	18,7	11	7,7
	C	160-200	500	472	27,5	11	16,5
Vargito Distrófico (Typic Tropudult)	A ₁	000-011	5.300	5.055	245,0	85	160,0
	A ₃	011-028	6.200	6.050	150,0	31	119,0
	B ₁	028-054	5.550	5.240	310,0	25	285,0
	B ₂	054-082	7.500	7.130	370,0	23	347,0
	B ₃	082-125	9.350	8.655	695,0	21	674,0
	C	125-165	16.010	15.725	285,0	23	262,0
Itamirim (Typic Argiustol)	A ₁	000-008	1.100	650	450,0	78	372,0
	A ₃	008-026	1.100	805	295,0	65	230,0
	B ₁	026-040	1.100	810	290,0	60	230,0
	B ₂	040-062	1.250	615	635,0	280	355,0
	B ₃	062-080	1.310	665	645,0	184	461,0
	C	080-094	1.300	760	540,0	80	460,0
Rio Branco (Oxis Dystropept)	A ₁	000-008	1.320	850	470,0	80	390,0
	A ₃	008-016	1.320	760	560,0	82	478,0
	B ₁	016-032	1.320	1.670	350,0	54	296,0
	B ₂	032-060	1.320	985	335,0	57	278,0
	B ₃	060-075	1.320	1.010	310,0	54	256,0
	D	>075	5.250	1.990	3.260,0	71	3.189,0

* Obtido por diferença entre K solúvel HNO_3 e K trocável NH_4OAC .

Quadro 7 - Potássio disponível em solos da região cacauzeira da Bahia, segundo Santana e Santana (35).

Solos	Métodos de Extração				
	Mehlich	Troug	H ₂ SO ₄ 0, 1 N	HNO ₃ 1 N	NH ₄ OAC 1 N pH 7,0
	mEq/100 g				
Cepec fase substrato Contínuo(Oxic Tropudalf)	0,09	0,11	0,11	0,61	0,12
Valença (Typic Haplorthox)	0,07	0,10	0,08	0,13	0,07
Cepec Modal (Typic Tropudalf)	0,54	0,75	0,77	2,89	0,68
Rio Branco (Oxic Dystropept)	0,35	0,32	0,35	0,42	0,34
Hidromórfico (Fluventic Tropaquept)	0,05	0,10	0,08	0,29	0,06
Colônia Argiloso (Typic Haplorthox)	0,09	0,10	0,12	0,16	0,09
Itabuna (Typic Tropudult)	0,14	0,21	0,17	1,75	0,15
Vargito Distrófico (Typic Tropudult)	0,15	0,19	0,17	0,29	0,16
Vargito Eutrófico (Typic Tropudalf)	0,74	0,95	0,76	1,15	0,81

Resultados apresentados por Miranda e Igue (27) (Figura 6) mostram que o potássio é facilmente liberado dos horizontes superficiais destes solos. Exceção a este comportamento foi apresentada pelo solo Itamirim, que liberou maior quantidade de potássio do horizonte "B". Embora nenhuma explicação tenha sido oferecida pelos autores, acredita-se que este fato esteja relacionado com o tipo de ion complementar e do material coloidal presente naquelas camadas.

A determinação dos parâmetros quantidade e intensidade de potássio, relação Q/I, e dos fatores que afetam essa variável em solos da Região foi também objeto de estudo realizado por Miranda (25). O parâmetro intensidade representa o potássio existente na solução do solo e, portanto, de absorção imediata pelas plantas, enquanto que o parâmetro quantidade define o total do elemento existente em forma assimilável na massa do solo. Correlacionada com esses parâmetros, existe a capacidade tampão (PBC) que mede a resistência do solo a mudanças no potencial de potássio.

Os dados sumarizados no Quadro 8 mostram que, entre os solos estudados, a unidade Cepec apresenta os maiores valores de PBC, A_{Ro} (intensidade), e ΔK_o (quantidade). Os valores mais baixos destas variáveis foram encontrados nos solos Colônia, Nazaré, Hidromórfico e Itamirim.

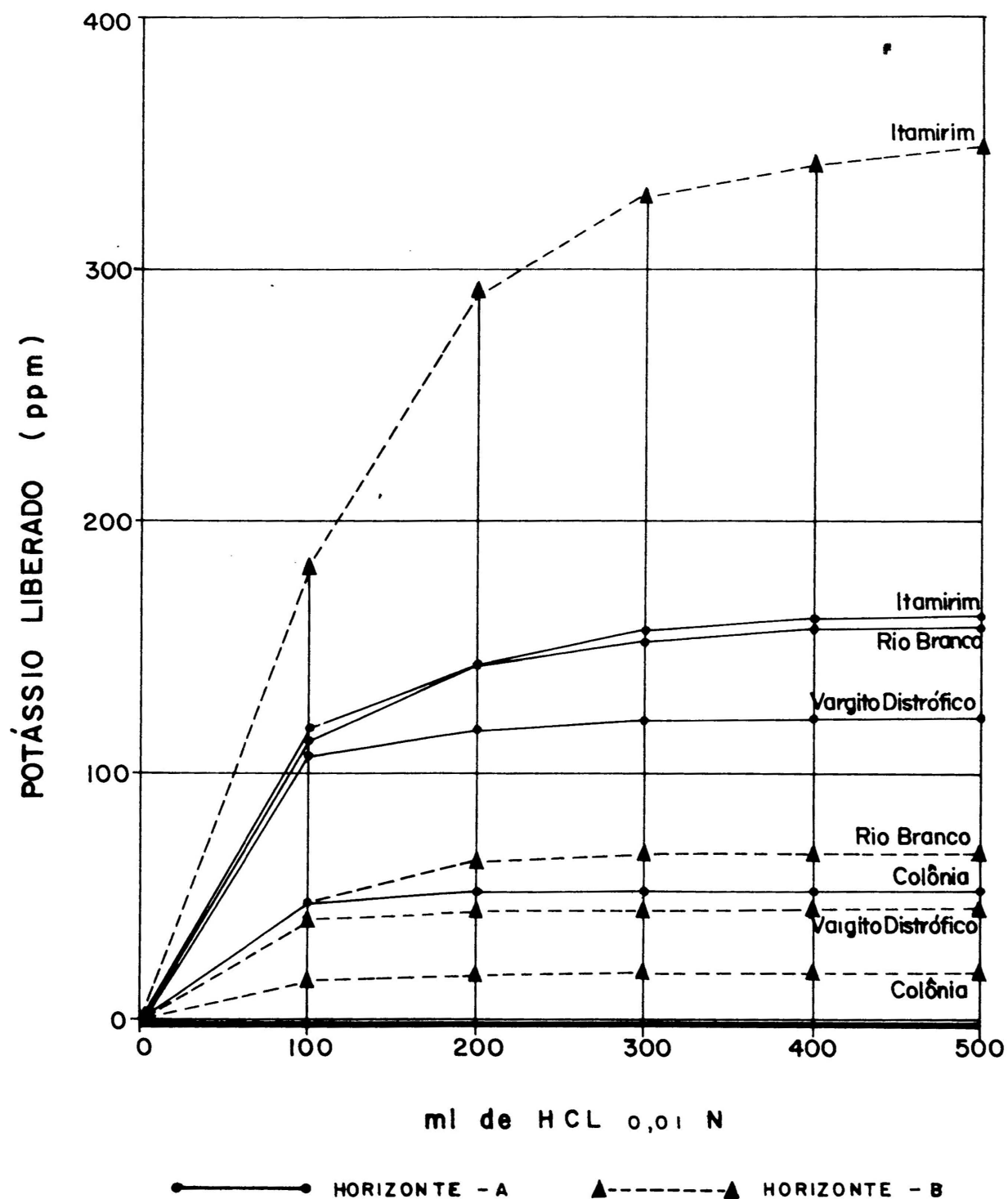


Figura 6 - Curvas de liberação de potássio em solos da região cacauzeira da Bahia, segundo Miranda e Igue (27).

Quadro 8 - Parâmetros quantidade e intensidade, potássio trocável e teor da argila em solos da região cacauzeira da Bahia, segundo Miranda (25).

Solos	Horiz.	- $\Delta Ko(Qo)^*$	$ARo(Io)^{**}$ $\times 10^2$	PBC §	K troc.*	Argila (%)
Nazaré (Orthoxic Tropudult)	A	0,095	0,14	24,1	0,05	23
	B	0,053	0,16	39,5	0,12	50
Itabuna (Typic Tropudult)	A	0,186	0,24	76,6	0,07	26
	B	0,046	0,07	68,9	0,04	43
	C	0,150	0,23	60,6	0,06	31
Rio Branco (Oxic Dystropept)	A	0,107	0,14	38,2	0,14	44
	B	0,091	0,27	41,1	0,05	63
Hidromórfico (Fluventic Tropaquept)	A	0,057	0,15	38,2	0,06	13
	B	0,066	0,20	41,1	0,04	21
	C _{1g}	0,062	0,07	65,7	0,04	25
Colônia Arenosos (Psammentic Haplorthox)	A	0,094	0,46	17,1	0,05	17
	B	0,023	0,08	16,1	0,03	40
	C	0,028	0,20	10,7	0,03	35
Itamarim (Typic Argiustol)	A	0,017	0,05	39,7	0,07	21
	B	0,095	0,06	168,0	0,07	57
Cepec (Typic Tropudalf)	A	0,530	0,60	72,7	0,51	33
	B	0,206	0,25	83,0	0,22	41
	C	0,030	0,04	115,0	0,77	30

* mEq/100 g;

** (mol/l) = 1/2;

§ mEq/100 g

$$\frac{(\text{mol/l})^{\frac{1}{2}}}{2}$$

A calagem provoca, em geral, decréscimos no parâmetro intensidade (ARo), influenciando de modo semelhante o parâmetro intensidade (ΔKo) nos solos Valença, Rio Branco e Itabuna e a capacidade tampão (PBC) nos solos Valença, Hidromórfico e Itabuna. Em nenhum caso, o potássio trocável foi modificado pela calagem (Quadro 9). A adubação potássica também concorre para aumentar os parâmetros quantidade e intensidade, sendo este efeito mais pronunciado em cacauzeiros a pleno sol (Figura 7).

Nitrogênio

As pesquisas sobre a química e disponibilidade do nitrogênio em solos do Sul da Bahia são ainda bastante escassas. No único trabalho existente sobre o assunto realizado por Igue, Santana e Fritjers (18), determinou-se o teor de nitrogênio total e amoniacal e a lixiviação deste elemento em plantações de cacau ao sol e à sombra.

O conteúdo do nitrogênio nas diferentes formas varia em função do tipo de solo, encontrando-se os níveis mais elevados na unidade Cepec e os mais baixos na unidade Colônia. Em geral, o teor de nitrogênio é mais alto nas áreas à sombra e diminui sempre em função da profundidade. Cerca de 95% do amônio presente nestes solos acha-se fixado (Quadro 10).

As perdas cumulativas de nitrogênio em plantações de cacau estabelecidas em solos Colônia são bastante elevadas, ultrapassando a quanti

Quadro 9 - Parâmetros Q/I e potássio trocável em solos da região cacau-eira da Bahia em função da calagem, segundo Miranda (25).

Solos	Trata- mentos	- $\Delta K_o(Q_o)^*$	Aro(Io)** $\times 10^2$	PBC§	K troc.*	pH (H ₂ O) 1:1
Valença	S/CAL	0,23	0,56	30,1	0,10	5,9
(Typic Haplorthox)	C/CAL	0,22	0,50	23,1	0,09	6,5
Rio Branco	S/CAL	0,24	0,67	34,2	0,08	5,8
(Oxic Dystropept)	C/CAL	0,09	0,25	35,0	0,08	6,0
Hidromórfico	S/CAL	0,07	0,44	47,1	0,08	6,6
(Fluventic Tropaquept)	C/CAL	0,07	0,20	27,0	0,09	7,0
Nazaré	S/CAL	0,06	0,43	12,7	0,06	6,2
(Orthoxic Trodupult)	C/CAL	0,14	0,37	36,8	0,06	6,6
Itamarim	S/CAL	0,14	0,37	36,8	0,28	6,6
(Typic Argiustol)	C/CAL	0,14	0,37	35,6	0,27	6,9
Itabuna	S/CAL	0,08	0,18	70,1	0,09	6,3
(Typic Tropudult)	C/CAL	0,04	0,09	46,0	0,08	6,7

* mEq/100 g;

** $(\text{mol/l}) \frac{1}{2}$;

§ $\frac{\text{mEq/100 g}}{(\text{mol/l}) \frac{1}{2}}$

dade adicionada. Quando o nitrogênio é aplicado isoladamente e em quantidades excessivas, a lixiviação é maior nos cacauzeiros sombreados (Figura 8a), ocorrendo o inverso com dosagens normais ou quando este elemento é associado ao fósforo, potássio e calagem (Figura 8b). A nitrificação, em ambos os casos, é mais intensa à sombra do que ao sol, havendo indicações de que essa transformação se processa mais rapidamente com a uréia do que com o sulfato de amônio; talvez devido aos efeitos acidificantes deste último fertilizante (Figura 8).

Micronutrientes

A determinação dos conteúdos totais e disponíveis de Zn, Cu, Mn, Fe e Mo em solos representativos da região cacauzeira da Bahia, representa o enfoque inicial para o conhecimento da potencialidade desses solos. A maior reserva dos elementos analisados foi encontrada no solo Cepec, devido, provavelmente, à presença de minerais primários no perfil. Nos solos Valença e Colônia, foram encontradas reservas bem menores, podendo-se atribuir tal ocorrência ao material parental bastante meteorizado. (Quadro 11).

Entre os micronutrientes analisados, o ferro e o manganês apresentaram-se em concentrações mais elevadas. A distribuição dos micronutrientes está correlacionada com o teor de argila e de matéria orgânica do solo (34).

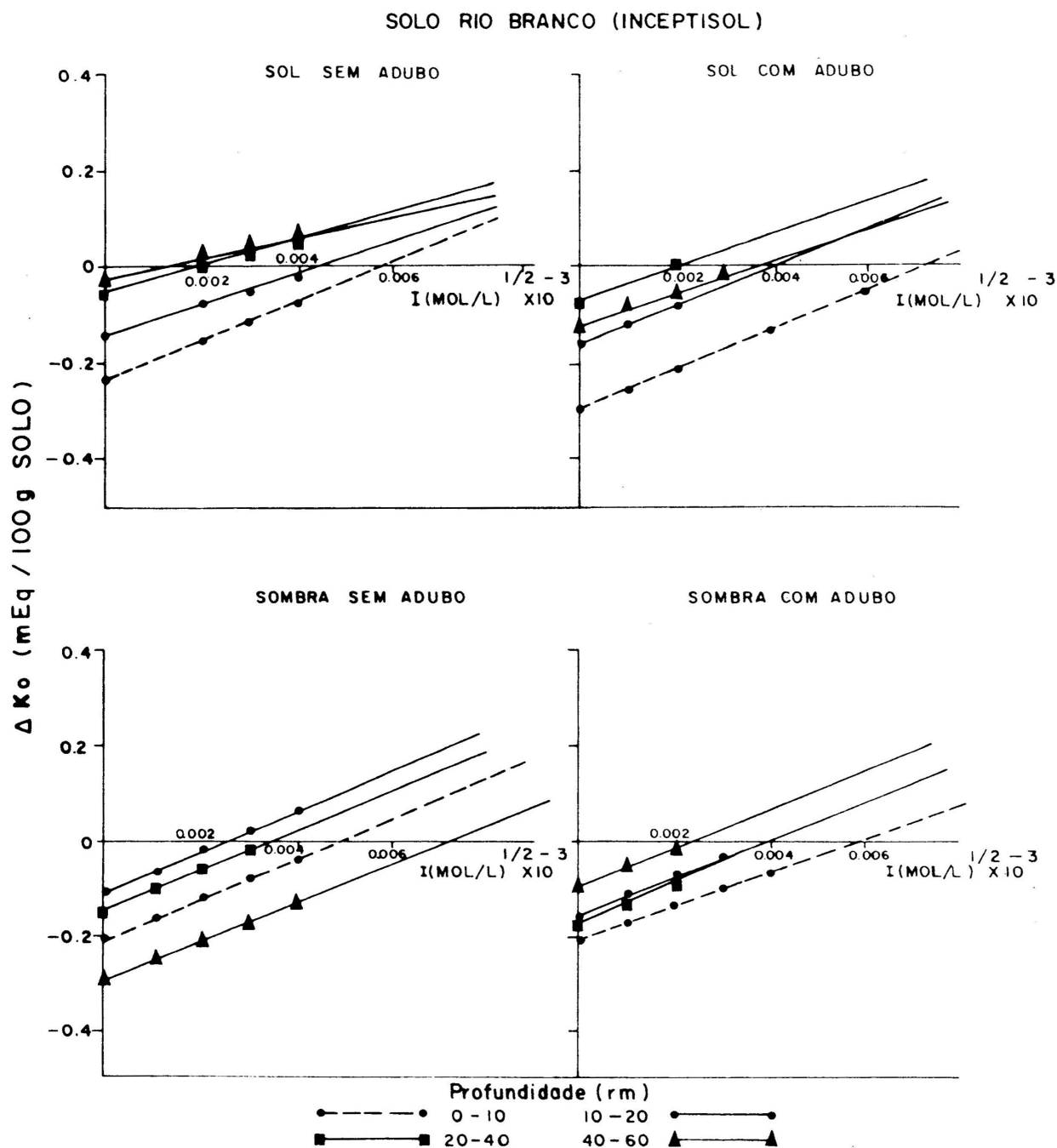


Figura 7 - Efeito da fertilização sobre a relação Q/I de potássio em um solo cultivado com cacaueiros no Sul da Bahia segundo Miranda e Igue (27).

Quadro 10 - Formas de nitrogênio em solos da região cacauzeira da Bahia*. Extraídos de Igue, Santana e Fritjers (18).

Solos	Prof. (cm)	N - Total (%)**				NH ₄ -Inorg-Total-(mEq/100 g)**				NH ₄ -Trocável (mEq/100 g)**			
		SA	S	SbA	Sb	SA	S	SbA	Sb	SA	S	SbA	Sb
Cepec Modal	0-20	0,20	0,20	0,21	0,25	1,8	2,3	2,0	1,5	0,1	0,1	0,2	0,3
(Typic Tropudalf)	20,40	0,10	0,14	0,13	0,13	1,6	0,9	1,8	1,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Rio Branco	0-20	0,19	0,10	0,10	0,16	0,4	0,6	0,4	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1
(Oxic Dystropept)	20-40	0,07	0,07	0,07	0,07	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
Hidromórfico	0-20	0,05	0,14	0,11	0,13	0,4	0,8	0,7	0,7	++	0,1	++	++
(Fluventic Tropaquept)	20-40	0,04	0,06	0,04	0,05	0,4	0,7	0,4	0,4	++	++	++	++
Colônia Argiloso	0-20	0,08	0,09	0,10	0,11	0,6	0,8	0,7	0,9	++	++	++	0,1
(Typic Haplorthox)	20-40	0,05	0,07	0,06	0,07	0,5	0,7	0,8	0,8	++	++	0,1	++

* Método de BREMNER, J.M. 1965. In: BLACK, C.A. et al (Ed). Methods of Soil Analysis, Agronomy 9, 1965. pp 1179-1232;

** SA = Sol com adubo; S = Sol sem adubo; SbA = Sombra com adubo e Sb = Sombra sem adubo.

++ Menor do que 0,05 mEq/100 g.

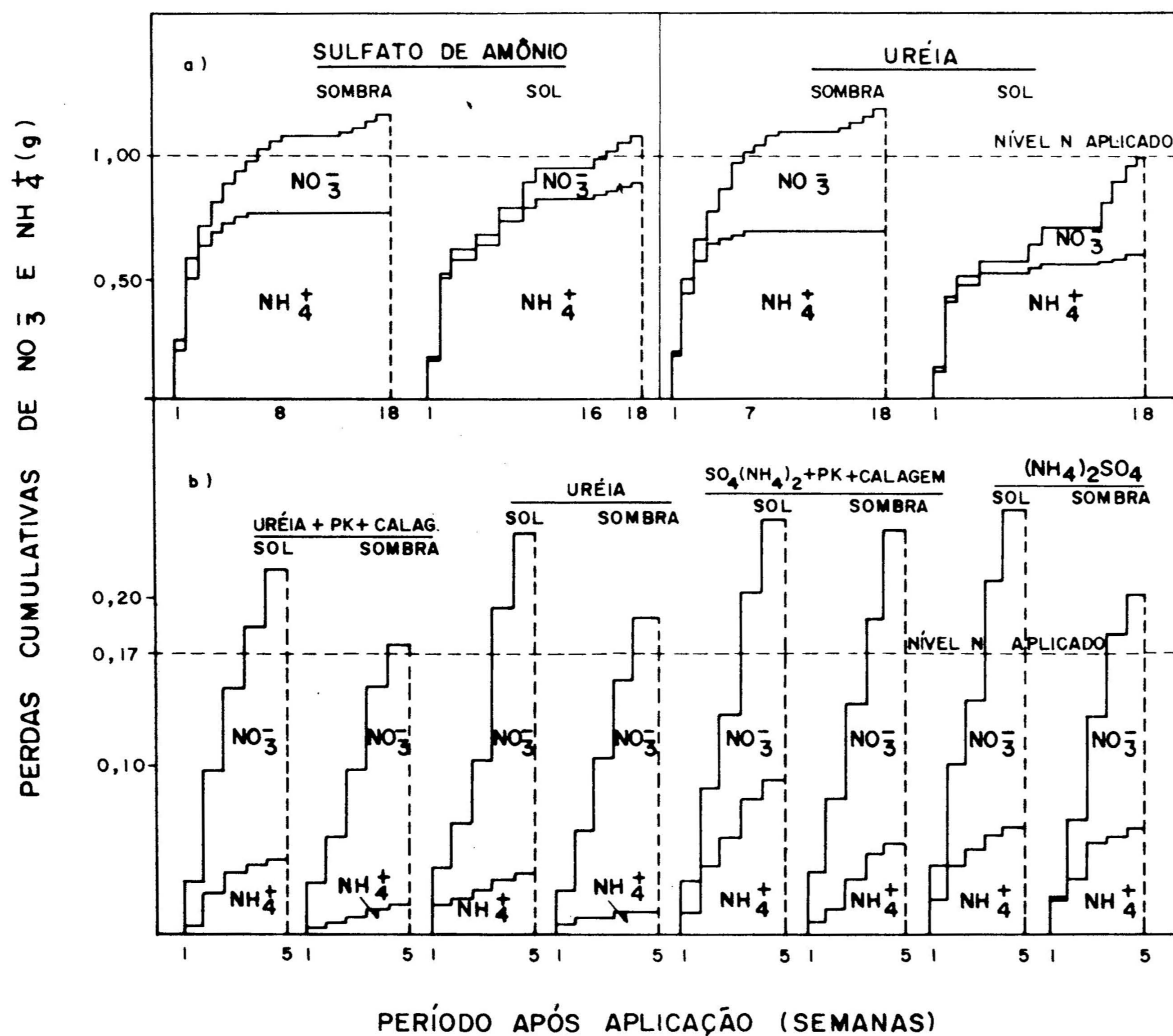


Figura 8 - Lixiviação do nitrogênio em oxisol (Colônia) da região cacau eira da Bahia em vasos de Mitscherlich com 800 g de solo segundo Igue, Santana e Fritjers (18). a) Nitrogênio aplicado isoladamente e na dosagem de 250 kg/ha; b) Nitrogênio aplicado isoladamente em conjunto com PK e calagem na dosagem de 40 kg/ha.

Quadro 11 - Micronutrientes em solos da região Sul da Bahia, segundo Santana e Igue (34).

Solos	Horiz.	Espes. (cm)	Conteúdo total (ppm)*					Conteúdo disponível (ppm)**			
			Zn	Cu	Mn	Fe	Mo	Zn	Cu	Mn	Fe
Cepec Modal (Typic Tropudalf)	A ₁	0- 11	82,6	19,3	4.082,4	7.776,0	2,82	44,8	5,2	2.646,0	250,6
	B ₂	34- 62	51,5	12,8	1.283,0	6.998,4	2,68	4,3	1,1	108,0	210,6
	C ₁	98-147	61,2	13,6	596,2	7.322,0	2,27	5,4	1,4	22,7	312,1
Itabuna (Typic Tropudult)	A ₁	0- 7	24,8	13,0	877,6	8.961,0	1,73	7,4	1,6	612,9	396,6
	B ₂	36- 64	22,2	14,2	63,0	12.285,0	2,13	3,2	0,8	2,3	23,6
	C ₁	64- 78	20,6	10,6	49,9	10.171,2	2,18	3,1	0,8	1,6	18,5
Nazaré (Typic Tropudult)	A ₁	0- 10	28,6	16,9	512,9	19.158,0	2,09	3,1	3,1	401,7	149,4
	B ₂	36- 53	32,6	20,2	174,7	20.592,0	4,21	1,6	2,4	35,2	101,9
	C ₁	82-137	24,6	24,9	63,0	16.632,0	2,84	1,4	2,5	6,3	101,9
Hidromórfico (Typic Trophaquept)	A ₁₁	0- 9	37,5	12,1	247,2	4.944,0	1,58	2,6	2,1	53,6	136,9
	B _{2g}	34- 56	26,0	1,9	756,0	3.465,0	2,60	2,3	1,4	42,0	71,4
	C _{1g}	80- 95	28,1	2,6	517,9	4.618,0	1,59	3,7	1,0	16,6	110,2
Rio Branco (Typic Dystropept)	A ₁	0- 8	65,5	19,7	590,6	12.198,0	2,25	8,6	4,8	369,2	105,4
	B ₂	30- 55	37,5	13,4	178,1	15.900,0	1,62	4,2	1,6	5,3	56,2
Itamirim (Typic Argiustol)	A ₁₁	0- 11	53,8	16,9	815,8	18.540,0	1,85	3,4	1,9	319,3	129,8
	B ₂	58- 82	43,7	51,0	215,8	10.791,0	2,94	0,8	6,5	19,3	100,3
Valença (Typic Haplorthox)	A ₁	0- 12	36,4	16,0	339,9	11.804,0	1,58	1,0	2,4	68,0	173,0
	B ₂	58-110	39,3	22,9	218,4	12.168,0	4,45	0,6	3,4	10,0	98,8
Colônia Argiloso (Typic Haplorthox)	A ₁₁	0- 16	35,8	16,8	110,2	3.488,0	1,56	1,2	1,3	2,1	225,0
	B ₂₁	63-103	14,1	2,6	201,9	12.118,0	2,07	1,4	0,9	0,7	83,6

* JACKSON, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Englewood Clippis; N.J., Prentice Hall, 498 p.

** Extraído por HCl 0.1N.

ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM

O registro inicial da ocorrência de solos ácidos na região cacau-eira da Bahia foi efetuado por Olmos e colaboradores (32). Estudos posteriores mostraram que a intensidade da acidez depende do tipo de solo, sendo mais pronunciada nos Ultisols (Vargito, Itabuna, Nazarê) e Oxisols (Valença, Una, Água Sumida e Colônia). Estes solos apresentam um pH situado entre 4,6 e 5,1 no horizonte "B", baixo conteúdo de bases e uma saturação de alumínio frequentemente superior a 50% (Quadro 12).

O alumínio presente na solução do solo, em concentração superior a 16 ppm, afeta sensivelmente o crescimento do cacau-eiro provocando decréscimos na produção de biomassa e na absorção de fósforo e cálcio (38). No solo, estes efeitos se manifestam quando a saturação de alumínio ultrapassa 32% (Figura 9).

Experimentos realizados em casa de vegetação, utilizando solos das unidades Colônia e Vargito, tem demonstrado que a calagem neutraliza o alumínio tóxico favorecendo o desenvolvimento de plântulas de cacau (27, 28, 37). No solo Colônia, a aplicação de sulfato de magnésio produz resultados similares, sugerindo que este solo apresenta deficiência acentuada deste elemento (29).

A calagem nos solos ácidos da Região tem sido efetuada pelo método Kamprath³, aplicando-se 1,5 tonelada de calcário dolomítico para cada miliequivalente de alumínio trocável. Este fator, no entanto, parece não ser adequado para estimar a necessidade de corretivo do solo Colônia, conforme sugerem os dados da Figura 10. A recomendação desta prática com base no índice de saturação de alumínio (36) parece uma alternativa promissora.

RESPOSTAS DO CACAUEIRO À ADUBAÇÃO

Os efeitos gerais da aplicação de fertilizantes na cultura do cacau na Bahia têm sido estudados sob diferentes aspectos. A ênfase inicial foi para as investigações relacionadas com a interação sombra x adubação e medição do efeito residual, cujos resultados serviram de base para o estabelecimento das fórmulas em uso nas fazendas particulares da Região.

Em fase subsequente, foram realizados ensaios para determinar as melhores fontes de nutrientes, época de fertilização e resposta do cultivo à calagem. As pesquisas em processo atualmente procuraram avaliar o efeito dos macroelementos sobre o desenvolvimento e produção do cacau-eiro.

Interação Sombra x Adubação e Efeito Residual. Os resultados parciais deste experimento, incluindo a descrição da metodologia usada e discussão do efeito dos tratamentos nas diferentes unidades de solos, foram apresentados em diversas publicações por Cabala et al (4, 6, 7, 11, 12) e Miranda et al (24).

³ Kamprath, E.J. 1970. *Exchangeable Al as a criterion for limig leached mineral soil.* SSSAP, 34:252-254.

Quadro 12 - Componentes da capacidade de troca de cations (CTC) em solos da região cacaueira da Bahia.

S o l o s	Horiz.	pH		Soma bases	Al ⁺⁺⁺		H ⁺		C T C			Saturaçã~ Bases %		
		H ₂ O	KCl		KCl	NH ₄ OAC pH 4,8	KCl	(OAC ₂ Ca) pH 7,0	E	NaCl	Ca(OAC) ₂ pH 7,0	Bases/E	Bases pH	Ca(OAC) ₂ 7,0
		mEq/100 g												
Itamirim** (Typic Argiustol)	A	6,7	5,8	12,4	0,0	0,1	2,3	1,1	14,7	11,1	16,2*	84,4		76,5
	B	6,5	5,7	9,7	0,0	0,2	1,4	3,4	11,1	10,1	9,7*	87,4		100,0
Cepec** (Oxic Tropudalf)	A	6,5	5,7	12,8	0,0	0,2	0,2	2,8	13,0	11,9	13,5*	98,5		94,8
	B	5,3	4,8	2,9	0,1	0,7	0,3	3,5	3,3	3,0	11,0*	87,9		26,4
Vargito Distrôfico [§] (Typic Tropudult)	A ₁	6,6	6,0	13,2	0,0	0,5	0,1	2,9	13,3	nd	16,1*	99,0		82,0
	B ₂₁	4,9	4,2	1,6	12,4	14,2	1,8	4,0	15,8	nd	15,6*	11,0		10,0
Itabuna** (Typic Tropudult)	A	5,4	4,8	5,6	0,3	0,9	1,9	4,2	7,8	5,3	7,4*	72,7		75,7
	B	4,9	4,4	0,7	2,2	2,6	1,2	4,3	4,1	2,5	9,4*	24,1		7,4
Nazarê [§] (Orthoxic Tropudult)	A ₁	6,6	6,1	4,0	0,0	0,1	0,1	2,6	4,1	nd	6,6	97,0		61,0
	B ₂₁	4,9	4,2	1,7	1,0	2,1	0,4	2,6	3,1	nd	5,4	54,0		31,0
Hidromórfico [§] (Fluventic Tropaquept)	A ₁	5,3	4,5	2,2	0,8	4,7	0,2	3,7	3,2	nd	6,5	68,0		34,0
	B ₂₁	5,1	4,3	1,0	1,8	4,0	0,4	1,3	3,2	nd	3,7	31,0		27,0
Colônia Argiloso [§] (Typic Haplorthox)	A ₁	5,4	4,9	2,3	0,8	2,7	0,6	2,8	3,7	nd	5,7	63,0		40,0
	B ₂₁	5,1	4,4	0,6	0,7	4,4	0,4	4,1	1,7	nd	5,3	34,0		11,0
Água Sumida [§] (Typic Umbriorthox)	A ₁	5,2	4,3	4,2	0,2	1,4	0,3	4,5	4,7	nd	9,0	39,0		46,0
	B ₂₁	4,8	3,9	0,8	3,0	3,9	0,5	5,3	4,3	nd	5,4	15,0		25,0
Valença [§] (Typic Haplorthox)	A ₁	4,5	3,7	1,6	3,4	5,6	0,9	9,6	5,9	nd	14,2	27,0		21,0
	B ₂₁	4,6	4,1	1,2	1,3	3,5	0,4	2,6	2,9	nd	5,2	41,0		23,0
Una** (Typic Haplusthox)	A	5,3	4,5	1,5	0,6	4,0	0,5	6,7	2,6	2,3	7,5*	57,7		20,0
	B	5,1	4,3	0,7	0,4	2,6	0,4	2,2	1,5	0,4	5,2*	46,7		13,5

* Determinado em N NaOAC pH 7,0;

** Dados de Morais (29); § Dados de Igue et al (17); nd = não determinado.

E = Capacidade efetiva de troca de cations = bases + acidez KCl.

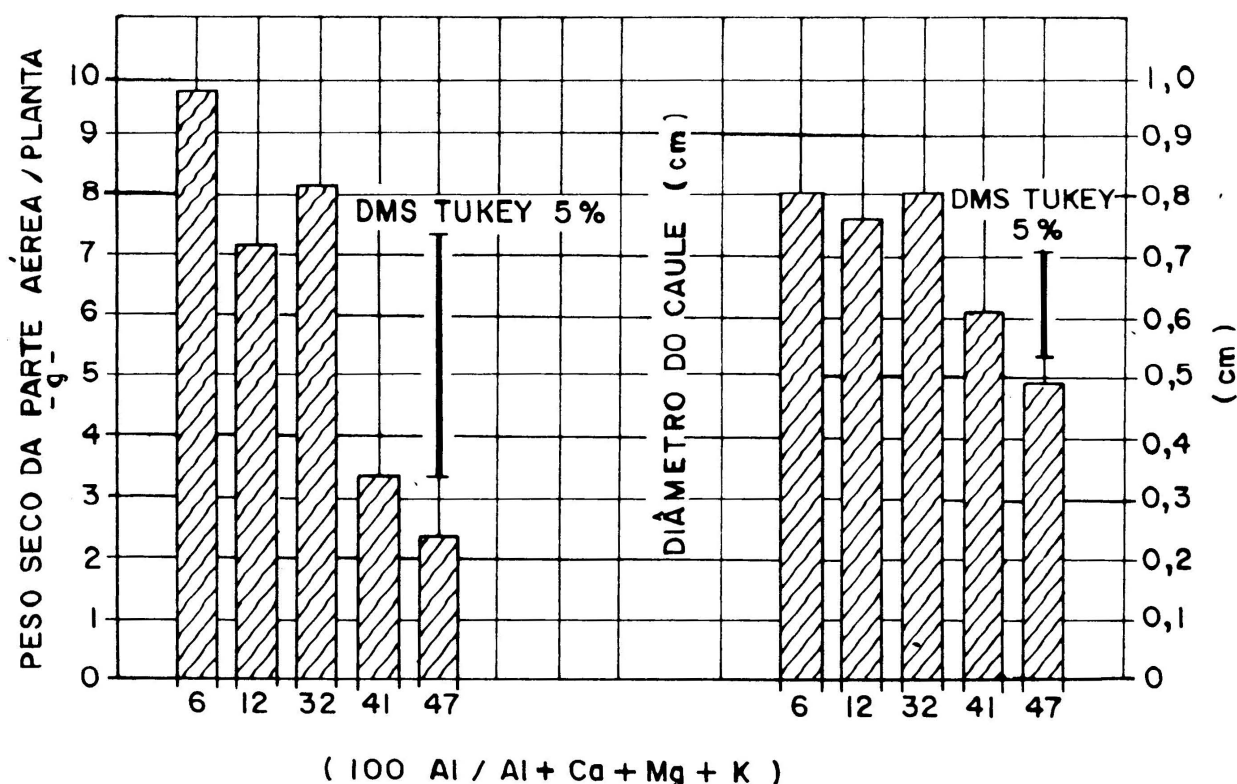


Figura 9 - Efeito da saturação de alumínio no solo sobre o crescimento do cacauero aos 175 dias de idade. Dados extraídos de Miranda e Dias (22).

O sumário dos dados obtidos em todo o período experimental (Figura 11) mostra que, em geral, o melhor tratamento foi aquele em que se efetuou a remoção da sombra com a aplicação de fertilizantes. O efeito da eliminação do sombreamento, em forma isolada, é bastante efêmero, persistindo por apenas 1 ou 2 anos. A paralização da adubação após 3 anos, além de sustentar altas colheitas durante um período adicional de 2 anos, parece concorrer também para evitar o declínio na produção das áreas expostas à luz.

Este fato está aparentemente associado com a maior degradação do solo no ensaio com adubação contínua, especialmente com relação à decomposição da matéria orgânica (kc) e perda de nitrogênio (C/N), conforme indicam os resultados analíticos apresentados no Quadro 13.

Por outro lado, Miranda et al (24), analisando a resposta do cacauero nas unidades de solo usadas neste experimento, demonstraram que os resultados mais significativos para aplicação de fertilizantes foram obtidos nos solos Colônia e Rio Branco e que as unidades mais férteis (Cepec e Itabuna) mantêm por períodos mais longos as produções conseguidas com a remoção da sombra sem adubação.

Época de Adubação. A época mais adequada para a fertilização do cacauero na Bahia foi determinada em experimento conduzido nos municípios de Ilhéus e Uruçuca. Estes locais foram escolhidos por representarem condições climáticas diferentes e por estarem situados na principal província cacauera do sudeste da Bahia (21).

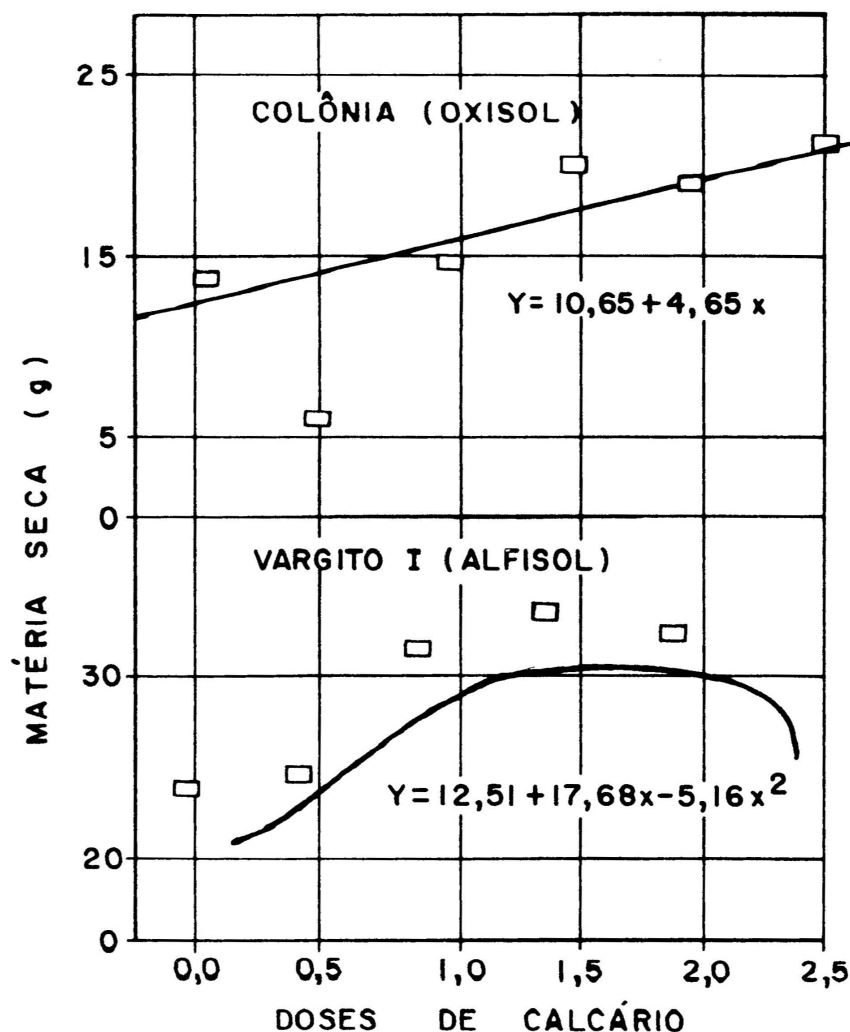


Figura 10 - Efeitos de doses crescentes de calcário sobre o desenvolvimento de plântulas de cacau. As doses básicas correspondem ao num. de mEq. do Al^{+++} Santana, Cabala e Moraes (37).

Os melhores resultados foram obtidos quando se efetuou a adubação nos meses de agosto, dezembro, fevereiro e abril, devendo-se notar que a aplicação de fertilizantes no mês de junho apresenta resultados praticamente iguais ao tratamento testemunha (Figura 12).

De acordo com Alvim (1), os meses de outubro a abril apresentam as condições climáticas mais favoráveis para o crescimento do cacauzeiro na Bahia, havendo dois subperíodos, setembro/outubro e fevereiro/abril, nos quais o lançamento de folhas novas ocorre com maior intensidade. No mês de junho, o cacauzeiro encontra-se em completo repouso fisiológico.

Fontes Fertilizantes. Evidências disponíveis indicam que a eficiência de fontes fertilizantes de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o desenvolvimento e produção do cacauzeiro está associada com efeitos secundários devidos à acidez do material, à presença de outros elementos e/ou à ação residual do adubo no solo.

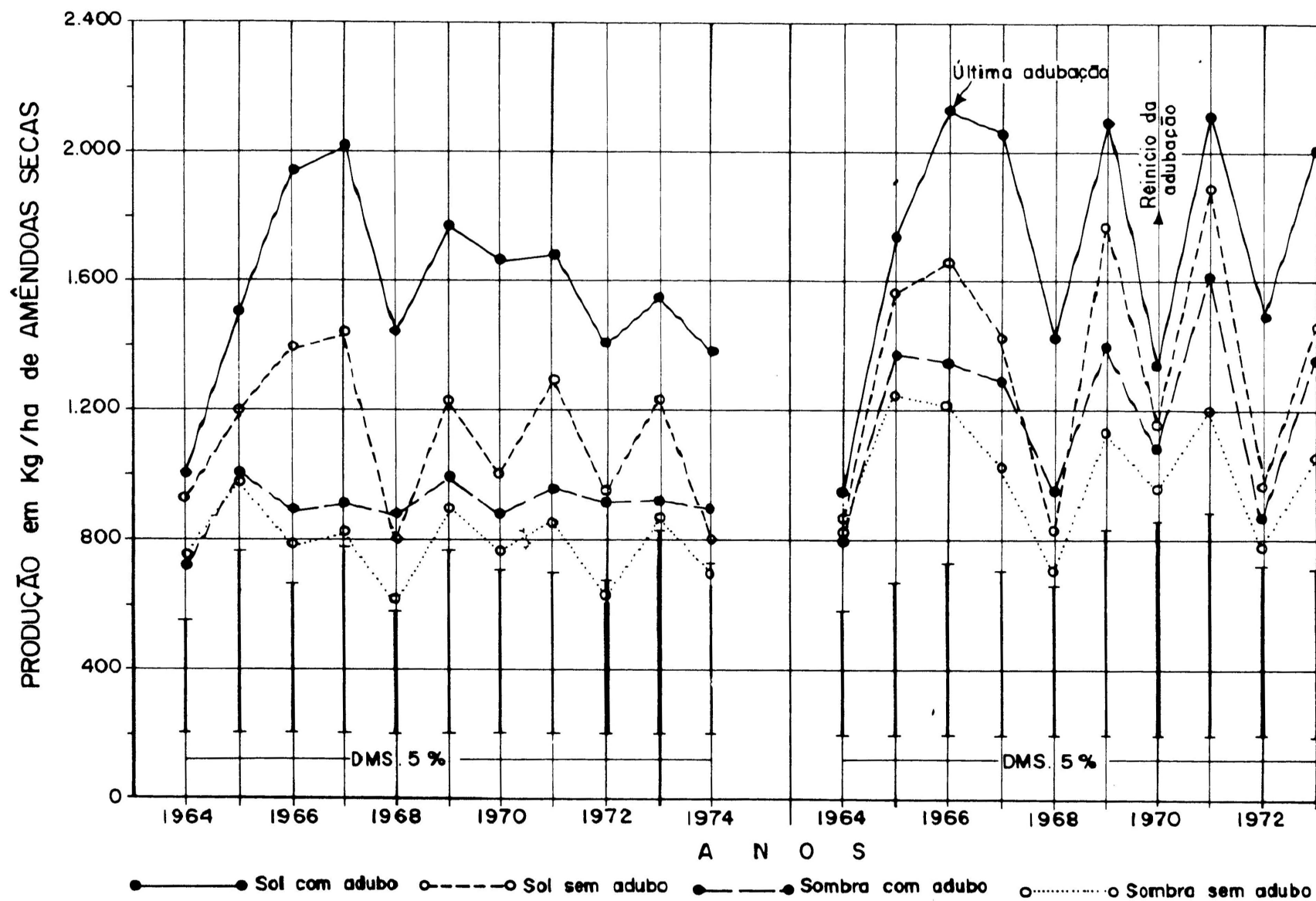


Figura 11 - Efeitos gerais da remoção de sombra e aplicação de fertilizantes na cultura do cacau, da Bahia, Brasil.

Quadro 13 - Características químicas de amostras superficiais (0-20 cm) coletadas no ensaio de adubação X sombra.

Tratamentos	pH (1:2,5)		P. Disp. (ppm)		Al(mEq/110 g)		Bases trocáveis (mEq/100 g)						C%		Kc*	C/N		
							Ca		Mg		K							
	1964	1971	1964	1971	1964	1971	1964	1971	1964	1971	1964	1971	1964	1971		1974	1971	
	1964	1971	1964	1971	1964	1971	1964	1971	1964	1971	1964	1971	1964	1971		1974	1971	
Sol c/adubo	1	6,5	5,0	20	28	0,2	0,7	0,7	4,1	2,3	2,5	0,34	0,14	1,39	1,24	1,63	9,9	9,3
	2	6,2	4,8	5	10	0,2	0,8	3,4	2,0	1,4	1,7	0,17	0,06	1,27	1,31	-0,44	8,7	11,0
Sol s/adubo	1	6,1	5,9	14	6	0,2	0,2	8,1	5,6	1,7	2,6	0,19	0,07	1,51	1,45	0,58	9,1	9,3
	2	6,2	5,7	2	2	0,1	0,2	6,5	2,6	2,0	2,3	0,25	0,11	1,29	1,28	0,11	9,1	10,2
Sombra c/adubo	1	5,9	4,9	14	34	0,3	0,8	6,1	3,8	2,1	2,5	0,26	0,18	1,38	1,34	0,42	11,2	8,6
	2	6,1	5,0	2	13	0,1	0,5	3,9	2,2	1,7	2,1	0,16	0,09	1,42	1,44	-0,20	9,0	11,1
Sombra s/adubo	1	5,9	5,8	13	11	0,6	0,2	6,1	5,5	1,9	3,0	0,25	0,08	1,34	1,36	-0,21	10,5	9,4
	2	6,1	5,7	2	2	0,1	0,2	4,2	2,2	1,5	0,6	0,16	0,08	1,43	1,57	-1,33	7,4	13,9

1. Adubação anual contínua;

2. Efeito Residual;

* A constante de decomposição do humus (Kc) foi calculada a partir da fórmula $Kc = \frac{1}{t} \ln \frac{Co}{Ci}$, onde Co é o teor inicial de carbono orgânico no solo e Ci o teor deste elemento t (7) anos depois (JENNY, H. 1933 Bull Mo. Agric. Exp. Stn, nº 342).

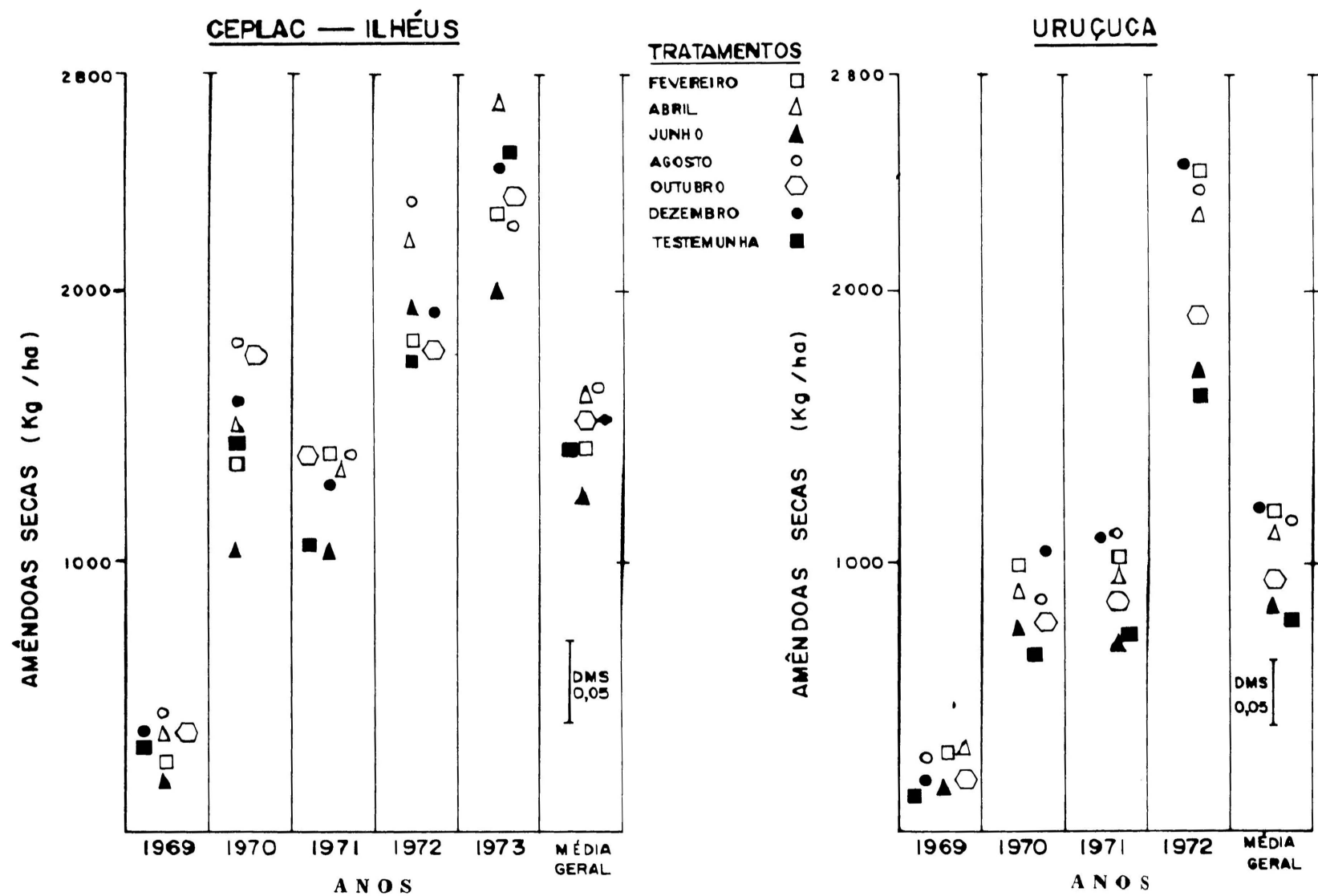


Figura 12 - Efeitos da aplicação de fertilizantes na cultura do cacau no sudeste da Bahia em diferentes épocas do Ano. Dados obtidos de Miranda, Cabala e Moraes (26).

Na região cacauzeira da Bahia, Miranda e Moraes (23), em estudo comparativo de fontes nitrogenadas e potássicas, concluíram que não houve diferenças entre o sulfato de amônio e a uréia quando a calagem foi também usada. Sem calagem, a uréia superou o sulfato de amônio, especialmente em presença do sulfato de potássio. As plântulas de cacau reagiram de modo igual à aplicação de sulfato e cloreto de potássio.

Os índices de acidez do sulfato de amônio e da uréia são, respectivamente, 110 e 71%⁴, sugerindo que a menor eficácia do sulfato de amônio se deve à sua ação acidificante no solo. Os adubos potássicos são de reação neutra⁴, motivo pelo qual apresentam efeitos semelhantes no crescimento do cacauzeiro.

Por outro lado, os dados contidos no Quadro 14 mostram que as melhores fontes de fósforo são o superfosfato simples e a fosforita de Olinda, devendo-se notar que as apatitas de Itambé e Araxá e a farinha de ossos apresentam produção praticamente igual ao tratamento NK (*testemunha relativa*).

Estes resultados decorrem provavelmente da maior solubilidade do superfosfato simples aliada a efeitos indiretos do enxofre nele existente, bem como do maior resíduo de P deixado no solo pela fosforita de Olinda (Quadro 15).

Efeito de Nutrientes. A resposta do cacauzeiro à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio no sudeste da Bahia está sendo determinada em experimento de alcance regional, iniciado em 1970, utilizando-se oito plantações de cacau do cultivar Catongo com 6 anos de idade.

Resultados preliminares, descritos por Cabala et al (11), indicam que o fósforo e o nitrogênio são os nutrientes que têm ocasionado os maiores rendimentos, havendo uma tendência depressiva na produção devido ao potássio (Figura 13). As melhores combinações fertilizantes no período abrangido por estes dados foram o $N_4P_4K_2$ e $N_3P_3K_1$, com produções médias da ordem de 891,2 e 886,7 kg/ha, respectivamente (Quadro 16).

DIAGNOSE FOLIAR DO CACAUEIRO

A análise de tecidos vegetais foi utilizada pela primeira vez em 1903, porém o seu desenvolvimento só começou a partir de 1930. Atualmente, esta técnica é empregada na interpretação de resultados de pesquisas e para a recomendação da adubação.

O trabalho pioneiro sobre diagnose foliar do cacauzeiro na Bahia foi realizado por Cunha (13), que encontrou uma variação acentuada no teor de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em função da época de amostragem e da idade fisiológica da árvore usada.

Outros fatores que influenciam o conteúdo destes nutrientes em tecidos do cacauzeiro são a idade e posição da folha, ocorrência de

⁴ CALIFORNIA FERTILIZER ASSOCIATION. 1968. *Western Fertilizer Handbook*. pp.108-109.

Quadro 14 - Efeitos de diferentes fontes de fósforo na produção do cacauzeiro na Bahia*. Dados extraídos de Miranda, Cabala e Moraes (26).

Tratamentos**	A n o s						Média Geral	Índice de Produção (%)
	PB§	1971	1972	1973	1974	1975		
	kg/ha							
Testemunha	1.372,1	1.941,2	1.033,5	1.475,7	1.308,1	1.312,8	1.402,2	84
NK	1.541,0	2.331,9	1.140,2	1.837,7	1.734,6	1.486,5	1.659,0	100
NK + Superfosfato Triplo	1.462,8	2.380,7	1.591,2	2.167,3	2.012,1	1.720,9	1.828,2	110
NK + Fosfato Diamônio (DAP)	1.751,8	2.659,6	1.779,6	2.116,8	1.759,9	1.939,7	1.965,6	118
NK + Superfosfato Simples	1.791,9	3.052,5	2.039,4	2.789,8	2.376,8	2.177,0	2.288,5	138
NK + Fosforita de Olinda	2.096,4	2.729,8	1.854,1	2.697,6	2.354,9	2.199,0	2.289,7	138
NK + Termosfosfato	1.578,0	2.552,8	1.501,2	2.193,3	1.811,7	1.762,0	1.853,8	112
NK + Farinha de Ossos	1.373,4	2.228,8	1.477,8	2.161,0	1.507,5	1.578,0	1.697,1	102
NK + Apatita de Araxá	1.369,0	2.235,6	1.123,0	2.032,8	1.405,3	1.835,9	1.624,4	98
NK + Apatita de Itambé	1.554,6	2.130,2	1.109,3	1.857,0	1.548,0	1.645,2	1.628,4	98
DMS TUKEY (0,05)	1.400,2	735,3	920,4	1.028,8	794,7	791,3	-	-

* Experimento instalado em 1969 no município de Ipiaú em solo Itabuna (Típic Tropudult). Blocos casualizados, 5 repetições, cacaual com 25 - 30 anos de idade;

** Adubação iniciada em 1971 nas dosagens anuais de 53 kg/ha de N, 135 kg/ha de P_2O_5 e 40 kg/ha de K_2O ;

§ Prova em Branco (média de produção dos anos 1969 e 70).

Quadro 15 - Efeitos de fertilizantes fosfatados nas características químicas do solo*.

Tratamentos	pH (1:2,5)		Al (mEq/100 g)		Bases (mEq/100 g)						P (ppm)	
					Ca		Mg		K			
	1972	1974	1972	1974	Ca		Mg		K		1972	1974
					1972	1974	1972	1974	1972	1974		
Testemunha	6,1	6,0	0,0	0,0	4,7	4,3	1,0	1,1	0,07	0,05	1	1
NK	6,0	5,6	0,0	0,0	3,0	4,0	2,0	1,1	0,15	0,08	1	2
NK + S.Triplo	6,0	5,8	0,0	0,0	4,3	5,0	1,5	1,3	0,18	0,07	40	23
NK + DAP	6,4	5,8	0,0	0,0	5,2	5,1	0,8	1,3	0,10	0,05	22	8
NK + S.Simples	6,0	6,0	0,0	0,0	3,0	4,9	1,3	1,5	0,13	0,05	15	12
NK + Fosf. de Olinda	6,2	5,9	0,0	0,0	4,6	5,5	1,4	1,3	0,15	0,07	21	61
NK + Termosfosfato	6,7	6,3	0,0	0,0	7,0	5,8	2,3	1,7	0,23	0,10	18	13
NK + Farinha de Ossos	6,5	5,9	0,0	0,0	5,5	5,9	2,5	1,2	0,29	0,12	23	23
NK + Apatita de Araxá	6,3	6,1	0,0	0,0	3,8	5,5	1,5	1,5	0,10	0,06	12	15
NK + Apatita de Itambé	6,3	6,1	0,0	0,0	6,8	5,2	2,2	1,5	0,17	0,06	12	45

* Amostra coletadas a 0-10 cm de profundidade. Fazenda Guiovar (Ipiaú, Ba.).

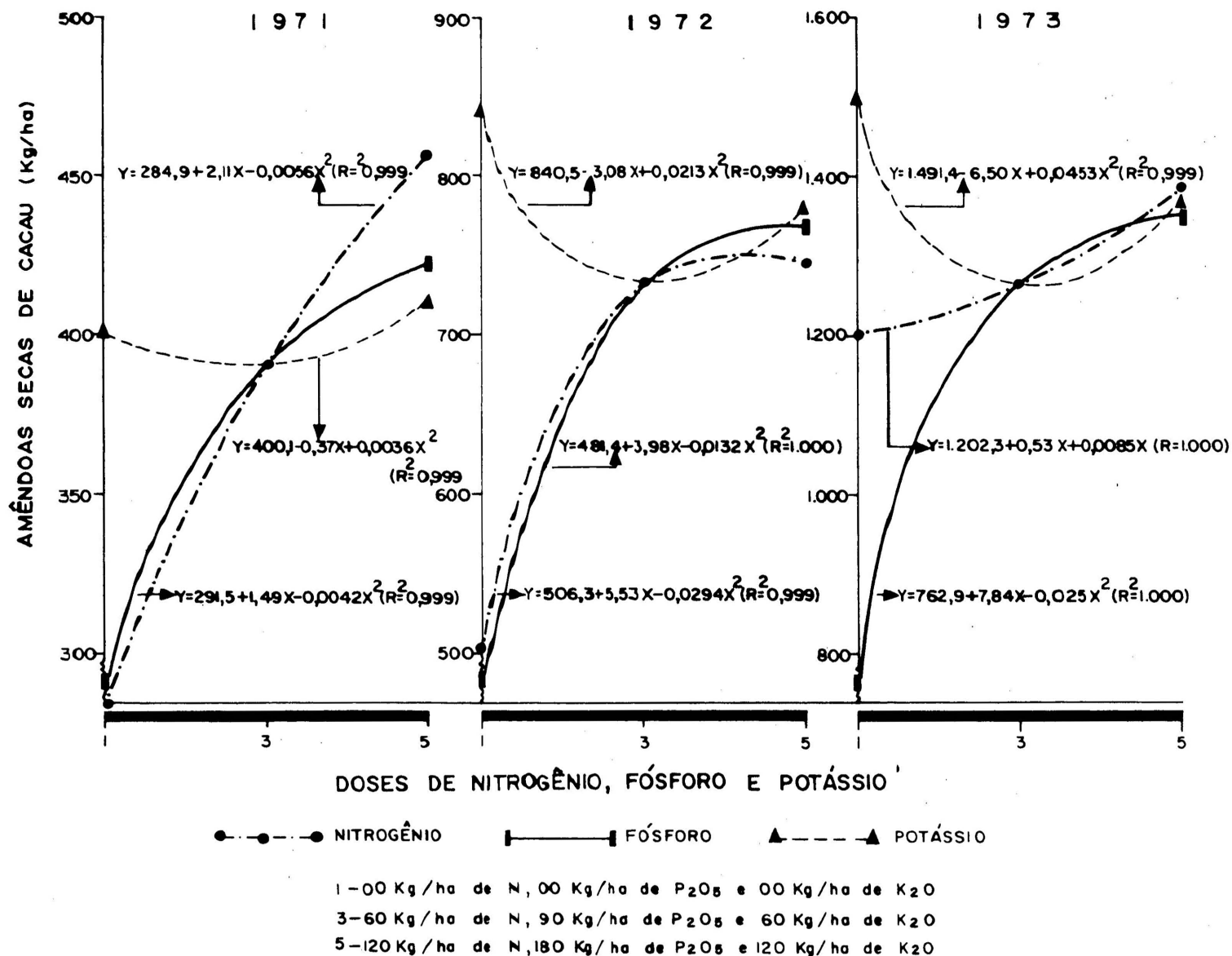


Figura 13 - Respostas de cacauzeiros Catongo a doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio em solos da região cacauzeira da Bahia, segundo Cabala, Miranda e Santana (11).

Quadro 16 - Resposta do cacaueiro à incorporação de nitrogênio, fósforo e potássio na Bahia. Extraído de Cabala, Miranda e Santana (11).

Tratamentos*	Doses de nutrientes (kg/ha)			Amêndoas secas (kg/ha)				Média 71-73
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1970**	1971	1972	1973	
1 3 3	00	90	60	178,0	284,9	506,4	1.202,3	664,4
3 3 3	60	90	60	205,7	391,3	732,3	1.264,6	796,1
5 3 3	120	90	60	230,7	456,8	746,6	1.388,2	863,9
3 3 1	60	90	00	203,8	400,1	840,5	1.491,4	886,7
3 3 5	60	90	120	210,0	408,6	777,6	1.364,1	850,1
3 1 3	60	00	60	164,4	291,5	481,4	763,0	512,0
3 5 3	60	180	60	209,3	422,0	768,4	1.359,0	849,8
2 2 2	30	45	30	158,3	349,9	690,1	1.228,4	756,1
4 4 4	90	135	90	232,2	448,2	843,5	1.338,6	876,8
2 2 4	30	45	90	208,0	359,4	716,7	1.242,8	773,0
2 4 2	30	135	30	262,6	500,0	734,5	1.411,4	882,0
2 4 4	30	135	90	228,4	401,1	657,1	1.221,2	759,8
4 2 2	90	45	30	235,0	421,3	641,8	1.135,2	737,8
4 2 4	90	45	90	228,9	429,5	577,5	1.162,2	723,1
4 4 2	90	135	30	261,7	429,9	874,6	1.369,2	891,2

* Cacaueiros Catongo plantados em 1965. Adubação iniciada em 1971. Desenho experimental de superfície de resposta composto central não rotável. Média de 16 repetições de 12 plantas/parcela;

** Prova em branco.

lançamentos e prática cultural (19). A adubação concorre, em geral, para aumentar o nível de nitrogênio e potássio, especialmente durante o lançamento de folhas novas. Após o lançamento, porém, o teor destes nutrientes tende a diminuir. O cálcio e o fósforo diminuem com a adubação em ambos os períodos. As folhas mais velhas apresentam teores mais baixos de nitrogênio e potássio; e mais altos de cálcio (Quadro 17).

Com relação à posição da folha, os dados do Quadro 18 mostram que os ramos expostos à radiação solar contêm mais nitrogênio e menos cálcio do que os sombreados. O magnésio, por outro lado, é pouco afetado pelos fatores estudados muito embora este elemento tenda a crescer com a idade da folha, nos lotes sem adubação, durante o período de lançamentos (Quadro 17).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Caracterização de Solos. Na região cacaueira da Bahia ocorre uma grande diversidade de solos, predominando representantes da ordem oxisol, de alta potencialidade agrícola. No entanto, a maior parte dos solos cultivados com cacau são enquadrados como alfisols, ultisols mesotrópicos e inceptisols.

A caracterização química destes solos constitui uma importante área de pesquisas, onde se destacam problemas relacionados com a dinâmica do fósforo, nitrogênio, potássio e micronutrientes.

Os estudos relativos a química e disponibilidade de fósforo indicam que este elemento encontra-se em partes iguais nas formas orgânica e inorgânica, predominando o P-inativo na fração mineral do solo. Os solos mais intemperizados (ultisols e oxisols) adsorvem quantidades elevadas de fósforo, havendo a necessidade de se

Quadro 17 - Variação no teor de N, P, K, Ca e Mg em folhas de cacau de diferentes idades, em função da adubação e lançamento de folhas novas. Igue et al (17).

Elementos	Nº folhas* no ramo	Com adubação**		Sem adubação§	
		s/lançamento	c/lançamento	s/lançamento	c/lançamento
Nitrogênio (%)	1	2,17	1,85	1,70	1,78
	2	2,18	1,84	2,39	1,73
	3	2,14	1,71	2,26	1,66
	4	2,01	1,70	1,89	1,58
Fósforo (%)	1	0,18	0,15	0,19	0,21
	2	0,19	0,15	0,20	0,20
	3	0,18	0,14	0,19	0,18
	4	0,17	0,12	0,19	0,20
Potássio (%)	1	1,45	1,06	1,26	0,91
	2	1,49	1,14	1,28	0,98
	3	1,41	0,97	1,12	0,82
	4	1,36	0,89	1,11	0,77
Cálcio (%)	1	1,66	2,42	1,78	2,55
	2	1,75	2,47	1,76	2,66
	3	1,89	2,77	2,05	2,86
	4	2,00	2,75	2,11	2,59
Magnésio (%)	1	0,88	0,92	1,00	0,76
	2	0,91	0,84	1,04	0,80
	3	0,77	0,88	1,04	0,87
	4	0,85	0,90	1,02	1,02

* Representa folhas fisiologicamente maduras, a partir do ápice. A idade aumenta com a ordem crescente dos números;

** Adubação efetuada em abril;

§ Lançamento de mais de dois pares de folhas novas.

Quadro 18 - Efeito da posição do ramo na planta nos teores de nutrientes. Igue et al (17).

Elementos	Posição árvore	Com adubação		Sem adubação	
		s/lançamento	c/lançamento	s/lançamento	c/lançamento
Nitrogênio	1	2,20	1,82	2,24	1,75
	2	2,15	1,72	2,15	1,62
Fósforo	1	0,18	0,14	0,19	0,20
	2	0,18	0,14	0,20	0,19
Potássio	1	1,43	0,95	1,11	0,82
	2	1,42	1,03	1,27	0,92
Cálcio	1	1,78	2,52	2,25	2,50
	2	1,88	2,68	1,99	2,82
Magnésio	1	0,82	0,89	1,01	0,86
	2	0,86	0,88	1,04	0,85

Obs: A posição 1 ocupa a parte alta da planta, exposta ao sol, e a posição 2 a parte baixa (auto-sombreada).

determinar a viabilidade do emprego de fontes fertilizantes fosfatas não convencionais e os efeitos da fixação do fósforo no desenvolvimento e produção do cacau. É também necessária a execução de pesquisas para avaliar o papel desempenhado pela fração orgânica de fósforo do solo.

Cerca de 98% do potássio em solos da Região estão associados com a estrutura de minerais primários e/ou secundários, sendo o restante distribuído nas formas solúvel, trocável e não trocável. O potássio trocável situa-se na faixa média (0,10 - 0,30 mEq/100 g), apresentando, porém, valores geralmente baixos nos oxisols e em alguns representantes dos alfisols e inceptisols. Estes solos possuem também um poder de liberação relativamente lento, existindo a possibilidade de mostrarem deficiências de potássio quando cultivados intensamente. Investigações futuras deverão atender para a determinação da capacidade de fixação, movimento e liberação de formas não trocáveis de potássio, além de fornecer informações mais conclusivas sobre os parâmetros quantidade (Q) e intensidade (I).

Os dados disponíveis sobre o nitrogênio e micronutrientes são ainda bastante restritos. Maior ênfase deverá ser dada às pesquisas relacionadas com estes elementos, especialmente no tocante à capacidade de suprimento dos diferentes solos regionais, lixiviação e interação com outros nutrientes.

Acidez do Solo e Calagem. Os efeitos da calagem no crescimento de plântulas de cacau podem ser atribuídos principalmente à neutralização do alumínio trocável e suprimento de cálcio e/ou magnésio. Existem solos em que esta prática contribui também para diminuir a fixação de fósforo, a perda de nitrogênio por lixiviação e o potencial de potássio.

Experimentos de campo, com cacauzeiros adultos estabelecidos nos diferentes tipos de solos ácidos da Região, são necessários visando determinar dosagens adequadas de calcário para a obtenção dos máximos rendimentos econômicos, incluindo ensaios de longa duração para estimar a frequência da aplicação deste insumo. Atenção especial deve ser dispensada aos estudos relacionados com a acidez do subsolo e sua ação no desenvolvimento do sistema radicular do cacauzeiro, bem como sobre a concentração de alumínio e outros cations na solução edáfica e sua interdependência com as propriedades de troca do solo.

Respostas do Cacauzeiro à Adubação. As informações apresentadas indicam que a adubação concorre para aumentar a produtividade do cacauzeiro no sudeste da Bahia, especialmente quando realizada sob alta luminosidade. A aplicação de fertilizantes em períodos alternados de 3 anos parece uma estratégia promissora para evitar a decadência das plantações de cacau naquelas condições, devido à rápida degradação do solo.

Investigações em andamento sugerem que o fósforo e o nitrogênio são os principais elementos responsáveis pelos resultados favoráveis da fertilização, havendo indicações de que a adição contínua de cloreto de potássio ocasiona efeitos deprimentes na produção de cacau.

Estes fatos mostram a necessidade de se obter dados relativos à acumulação de cloro em folhas do cacauzeiro e de se conduzir experi-

mentos para melhor avaliar não sô o efeito residual dos fertilizantes como também a influência destes materiais nas propriedades do solo e no aproveitamento dos nutrientes. Informações conclusivas sobre doses econômicas de N, P e K, em relação aos diferentes tipos de solos regionais, níveis críticos destes elementos e esquema de adubação, são ainda carentes. Nunhum experimento sistemático foi conduzido sobre a importância do enxofre e dos micronutrientes no desenvolvimento e produção do cacau.

Análise Foliar. Os resultados disponíveis demonstram haver uma variação acentuada no teor de nutrientes em função da idade cronológica, posicionamento da folha, e manejo empregado nas plantações de cacau. Outro problema encontrado na amostragem se refere a presença ou ausência de lançamentos novos.

Um grande número de estudos é ainda necessário antes que se possa avaliar a importância desta técnica na diagnose nutricional do cacau no Brasil.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P.T. Eco-physiology of the cacao tree. In Conference Internationale sur les Recherches Agronomiques Cacaoyères, Abidjan, 15-20 November, 1965. Paris, Jouve, 1967. pp. 23-35.
2. AZEVEDO, H.C.A. e SOUTO, P.G. Recursos minerais do Sul da Bahia. Itabuna, CEPEC. Boletim Técnico nº 10, 1971. 31 p.
3. BARROCO, H.E. A importância econômica da região cacaueira para a Bahia e para o Brasil. A economia cacaueira: produção e tendência. In Seminário de Desenvolvimento Regional Integrado, Itabuna, 1970. Introdução à Região Cacaueira da Bahia, Brasil. Ilhéus, CEPLAC, 1970. pp. 4-11.
4. CABALA ROSAND, F.P., PRADO, E.P. e MIRANDA, E.R. Deficiências minerais e efeitos da adubação na região cacaueira da Bahia. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 2ª, Salvador, 1967. Memórias. Ilhéus, CEPLAC, 1969. pp. 436-442.
5. _____. Influencia del encalado en las formas, fijación y disponibilidad de fósforo en suelos de la region cacaotlera de Bahia, Brasil, Tesis Ma. Sc., Turrialba, IICA, 1970. 97 p.
6. _____. MIRANDA, E.R. e PRADO, E.P. Efeito da remoção de sombra e da aplicação de fertilizantes sobre a produção do cacau na Bahia. Cacao 15 (2): 1-10. 1970.
7. _____. PRADO, E.P. e SANTANA, C.J.L. Efeito da remoção de sombra e da aplicação de fertilizantes sobre a produção do cacau na Bahia. Revista Theobroma 1 (4): 43-57. 1971.
8. _____. e SANTANA, M.B.M. Capacidade de fixação do fósforo pelos solos das regiões cacaueiras da Bahia e Espírito Santo. In Itabuna, Bahia, Brasil, Centro de Pesquisas do Cacau. Informe Técnico 1968/69. Itabuna, 1971. pp. 123-124.

9. CABALA ROSAND, F.P. e SANTANA, M.B.M. Comparação de extratores químicos de fósforo em solos do sul da Bahia. Turrialba 22 (1): 19-20. 1972.
10. ———. Caracterização do fósforo em solos da Bahia. In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 9ª, Belo Horizonte, 1974. Comunicações da Equipe de Fertilidade do Solo do Centro de Pesquisas do Cacau, s.l. CEPEC, 1974. pp. 50-57.
11. ———, MIRANDA, E.R. e SANTANA, C.J.L. de. Respostas do cacaueiro no Sul da Bahia à aplicação de fertilizantes. In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 9ª, Belo Horizonte, 1974. Comunicações da Equipe de Fertilidade do Centro de Pesquisas do Cacau. s.l., CEPEC, 1974. pp. 4-11.
12. ———, MIRANDA, E.R. e SANTANA, M.B.M. Exigências nutricionais e fertilização do cacaueiro. Itabuna, CEPEC. Boletim Técnico nº 30. 1975. 59 p.
13. CUNHA, H.M.P. Variações estacionais dos teores de macronutrientes em tecidos de cacaueiros na região Sul do Estado da Bahia. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 2ª, Salvador, 1967. Memórias. Ilhéus, CEPLAC, 1969. pp. 339-343.
14. FONSECA, R. et al. Avaliação da fertilidade dos solos da região cacaueira da Bahia com ensaios de microparcels de milho. In Congresso Brasileiro de Botânica, 16º, Itabuna, 1965.
15. ———. Correlações dos teores de fósforo nos solos com respostas de microparcels de milho na zona cacaueira da Bahia. Pesquisa Agropecuária Brasileira 3:235-242. 1968.
16. FROTA, P.C.E. Notas sobre o clima da região cacaueira da Bahia. Cacau Atualidades 9(12): 17-24. 1972.
17. IGUE, K. et al. Correção da acidez do solo. Ilhéus, Centro de Pesquisas do Cacau, 1972. 35 p.
18. ———, SANTANA, M.B.M. e FRITJERS, A. Caracterização de N em solos de cacau. In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 8ª, Santa Maria, RS, 1973. Comunicações da Equipe de Fertilidade do Centro de Pesquisas do Cacau, s.l., CEPEC, 1974. pp. 20-27.
19. ———, et al. Análise foliar do cacaueiro. In Itabuna, Bahia, Brasil. Centro de Pesquisas do Cacau. Informe Técnico 1972/73. Itabuna, 1974. pp. 23-24.
20. LEÃO, A.C. e GOUVEA, J.B.S. Ecossistemas da região cacaueira baiana. Informe preliminar. Itabuna, CEPEC, s.d. (inédito).
21. LEITE, J. de O. O meio físico e a dinâmica da terra na região cacaueira baiana. In Itabuna, Bahia, Brasil. Centro de Pesquisas do Cacau. Informe Técnico 1975. Itabuna, 1977. p. 9.
22. MIRANDA, E.R. e DIAS, A.C.C.P. Efeito da saturação de alumínio no crescimento de plântulas de cacau. Revista Theobroma 1(3): 33-42. 1971.

23. MIRANDA, E.R. e MORAIS, F.I.O. Efeitos da combinação de diferentes fontes de nitrogênio e potássio no desenvolvimento de plântulas de cacau. *Revista Theobroma* 1(2): 29-38. 1971.
24. _____ et al. Respostas à adubação em algumas unidades de solos da região cacaueira da Bahia. Itabuna, CEPEC. Boletim Técnico nº 7. 1971. 27p.
25. _____. Relação quantidade/intensidade (Q/I) de potássio em alguns solos das zonas cacaueiras do Brasil e de Costa Rica. Tesis Ma. Sci. Turrialba, IICA, 1972. 50p.
26. _____, CABALA R.F.P. e MORAIS, F.I.O. Época de adubação e comparação de fontes fosfatadas no cultivo do cacaueiro. In *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo*, 9ª, Belo Horizonte, 1974. Comunicações da Equipe de Fertilidade do Centro de Pesquisas do Cacau, s.l., CEPEC, 1974. pp.11-17.
27. _____ e IGUE, K. Química de potássio em solos da região cacaueira da Bahia. In *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo*, 9ª, Belo Horizonte, 1974. Comunicações da Equipe de Fertilidade do Centro de Pesquisas do Cacau, s.l., CEPEC, 1974. pp. 48-50.
28. MORAIS, F.I. et al. Efeito da mistura de carbonatos de cálcio e magnésio no desenvolvimento de plântulas de cacau. In *Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*, 22ª, Simpósio de Pesquisas em Cacau, Salvador, Bahia, 1970. Resumos, 1970. pp. 69-70.
29. _____ e CABALA ROSAND, F.P. Efeitos dos equilíbrios entre cálcio, magnésio e potássio no crescimento do cacaueiro. *Revista Theobroma* 1(3): 21-32. 1971.
30. _____. Charge characteristics and ion exchange equilibria in soils from the humid tropics of Brazil. A Ph.D. Dissertation. Riverside, University of California, 1975. 100 p.
31. _____ e PAGE, A.L. Some chemical and mineralogical properties of cacao soils in Brazil. In *International Cacao Research Conference*, 5 th, Ibadan, Nígeria, 1975. p.140.
32. OLMOS, J. et al. Considerações preliminares sobre utilização agrícola dos solos da região cacaueira. Itabuna, CEPLAC/DFPS, 1964. 40 p.
33. ROEDER, M. Reconhecimento climatológico, Ilhéus, CEPLAC/IICA, 1975. 89 p. (Diagnóstico Sócio Econômico da Região Cacaueira, v. 4).
34. SANTANA, C.J.L. e IGUE, K. Formas de micronutrientes em solos da região cacaueira da Bahia. *Turrialba (Costa Rica)* 1 (22): 73-80. 1972.
35. _____ e SANTANA, M.B.M. Aferição de níveis de potássio em solos da região Sul da Bahia. *Revista Theobroma* 3 (3): 22-34. 1973.
36. SANTANA, M.B.M., MIRANDA, E.R. e MORAIS, F.I.O. Nova orientação sobre o emprego de calcário dolomítico em solos com altos

- teores de alumínio e Ca + Mg. Itabuna, Bahia, CEPLAC, 1970. 7 p. (Mimeografado).
37. SANTANA M.B.M., CABALA R., F.P. e MORAIS, F.I. Efeito da incorporação de doses crescentes de calcário em alguns solos da região cacaueira da Bahia. Revista Theobroma 1 (2): 17-28. 1971.
38. _____, CABALA-ROSAND, F.P. e MIRANDA, E.R. Toxidez do alumínio em plântulas de cacau. Revista Theobroma 3 (4): 11-21. 1973.
39. SILVA, L.F. et al. Características dos principais solos de cacau da Bahia. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 2ª, Salvador, 1967. Memórias. Ilhéus, CEPLAC, 1969. pp. 412-416.
40. _____. Solos e aptidão agrícola. Ilhéus CEPLAC/IICA, 1976. 179 p. (Diagnóstico Sócio Econômico da Região Cacaueira v.2).

RESUMO

Neste artigo são revisados os principais trabalhos realizados nos últimos 12 anos sobre a adubação do cacaueiro no Brasil. Ênfase especial foi dada aos resultados de maior alcance prático conseguidos.

Com base nas informações disponíveis são apresentadas sugestões de pesquisas para complementar o programa em execução.

SUMMARY

CACAO FERTILIZATION IN BRAZIL - TWELVE YEARS OF RESEARCH

This paper is a review on soils studies related to cacao production in Brazil. Special emphasis was placed on the main practical results obtained.

Based on available information some research suggestions are given to improve the program in progress.



