



Nutrição Mineral e Adubação do Cacaueiro

Francisco Ilton Moraes
Maria Bernadeth M. Santana
Charles J. L. Santana

Boletim Técnico 88

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA
Vinculada ao Ministério da Agricultura

Centro de Pesquisas do Cacau
Km 22 Rodovia Ilhéus - Itabuna
Bahia, Brasil

1981

BOLETIM TÉCNICO

1970:

Distribuição por permuta

Endereço para correspondência

CEPLAC

Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)

Caixa Postal 7

45.600 — Itabuna, Bahia, Brasil

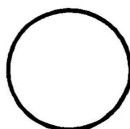
Tiragem: 2.000 exemplares

Boletim Técnico I

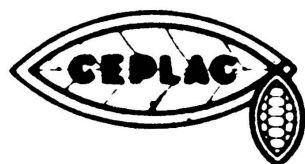
1970

Ilhéus, Comissão Executiva do Plano
da Lavoura Cacaueira, 1970 —
22,5 cm

1. Cacau — Periódicos. I. Comissão Executiva do
Plano da Lavoura Cacaueira, ed.



CDD 630.7405



Nutrição Mineral e Adubação do Cacaueiro

**Francisco Ilton Moraes
Maria Bernadeth M. Santana
Charles J. L. Santana**

Boletim Técnico 88

**Centro de Pesquisas do Cacau
Km 22 Rodovia Ilhéus - Itabuna
Bahia, Brasil**

1981

Í N D I C E

I. INTRODUÇÃO	5
II. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS	8
A - Extração de Nutrientes	8
B - Deficiências Minerais	14
III. EFEITOS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES	17
A - Interação Sombra x Adubação	17
B - Efeito de Nutrientes	21
IV. ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM	26
A - Toxicidade de Alumínio	26
B - Efeitos da Calagem	28
VII. DIAGNOSE FOLIAR	31
A - Fatores Internos Associados com a Composição Mineral da Folha	31
B - Fatores Externos Associados com a Composição Mineral da Folha	33
VI. SISTEMAS DE ADUBAÇÃO	37
A - Brasil	38
B - Costa do Marfim	38
C - Gana	42
D - Nigéria	42
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

I - INTRODUÇÃO

As plantas necessitam de elementos nutritivos que por estarem diretamente envolvidos no metabolismo, ou desempenharem função estrutural, são considerados essenciais.

Além do Carbono, Hidrogênio e Oxigênio que são derivados do ar e da água, os vegetais requerem 13 elementos que são considerados nutrientes minerais ou inorgânicos. Esses elementos são classificados em dois grupos — os macro (N,P,K,Ca,Mg,S) e os micronutrientes (Fe,Zn,Cu,Bo,Cl,Co,Mn), de acordo com as quantidades requeridas. O Quadro 1 relaciona todos os elementos considerados essenciais aos vegetais. As quantidades em que cada elemento é requerido variam com a espécie, com a idade da planta e com a idade do tecido.

Quando um desses elementos está presente no meio em quantidades insuficientes ou em combinações que o tornam pouco disponível, a deficiência de tal elemento nas células provocará distúrbios no metabolismo (18). Esses distúrbios metabólicos se manifestam como sintomas visíveis mais ou menos característicos para cada elemento, dependendo também da severidade da deficiência, da espécie ou variedade e de fatores ambientais.

O nitrogênio é principalmente absorvido sob as formas de NO_3 e NH_4^+ . Na forma amoniacal, pode servir imediatamente para síntese de compostos que contêm nitrogênio reduzido, enquanto na forma nítrica, tem que ser reduzido antes de sua assimilação.

Na planta desempenha as funções de componente de metabólitos (aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas), indutor de enzima (a nitrato redutase é induzida pelo nitrato), e elemento nutritivo em processos fisiológicos.

QUADRO 1 - Elementos inorgânicos essenciais às plantas superiores. Segundo Epstein (18).

	Peso Atômico	Quantidades aproximadas encontradas em 100 g de folhas secas	
		<u>gramas</u>	<u>moles</u>
<u>Macronutrientes</u>		0.05 à 5.0	0.002 à 0.15
Nitrogênio	14		
Fósforo	31		
Enxofre	32		
Calcium	40		
Magnésio	24		
Potássio	39		
<u>Micronutrientes</u>		1×10^{-6} à 5×10^{-2}	1×10^{-2} à 1×10^{-3}
Ferro	56		
Manganês	55		
Cobre	64		
Zinco	65		
Boro	11		
Molibdênio	96		
Cloro	35		

O fosfato é absorvido principalmente como ion H_2PO_4^- e não sofre redução na célula para um estado de oxidação mais baixo. É constituinte de compostos vitalmente importantes, como fitina, lecitinas e nucleotídeos, atua como ativador de algumas enzimas e desempenha papel indispensável na energética do metabolismo e nas reações biossintéticas.

O potássio é geralmente o cation mais abundante nas células vegetais, sendo absorvido com K^+ . É altamente móvel no floema sendo facilmente redistribuído no interior da planta. É ativador de numerosas enzimas e é responsável pela economia de água na planta.

O cálcio é absorvido na forma de Ca^{2+} e suas principais funções na planta estão relacionadas com a resistência mecânica dos tecidos, atribuindo-se-lhe também participação na molécula da amilase e o papel de cofator de algumas enzimas.

O magnésio é absorvido com Mg^{2+} . É um dos constituintes da clorofila, ativador e cofator de numerosas enzimas.

O enxofre é absorvido essencialmente na forma de ions sulfato, sendo reduzido antes de ser incorporado a compostos orgânicos. É constituinte de alguns aminoácidos (cistina, cisteína e metionina). Substitui, às vezes, o fosfato na ativação de algumas enzimas.

Dos micronutrientes essenciais (Fe, Zn, Cu, B, Mo, Cl, Co e Mn) alguns são cofatores, outros são ativadores de enzimas e todos, com exceção do boro e do cloro, são constituintes de metabólitos, exercendo assim papel de vital importância nos processos fisiológicos.

II. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

As características naturais dos solos considerados bons para o cultivo do cacau (26, 58, 62) já evidenciam, por si sós, a alta exigência nutricional dessa planta. De um modo geral, o cacau encontra-se implantado em solos de média a alta fertilidade química e sem limitações nas suas propriedades físicas. É tanto que nas principais regiões produtoras de cacau do mundo, há indícios de que na fase de expansão do cultivo, os agricultores tenham tentado utilizar, também, solos de baixa fertilidade e, sem êxito, abandonaram as plantações ou substituíram-nas por outras culturas menos exigentes (11, 28). Hoje, com o avanço da tecnologia e o emprego de fertilizantes, o problema tem sido de certo modo solucionado e o que já se observa é uma verdadeira expansão da cultura em solos de propriedades químicas naturais menos favorecidas.

Com base nas características físicas e químicas dos solos, vários autores têm sugerido classes de solos de acordo com o nível de adequação à cultura do cacau (26, 59, 62).

A - Extração de Nutrientes

Uma estimativa do requerimento de nutrientes por plantas de cacau em diferentes estágios do desenvolvimento, foi feita por Thong e NG (63) através de análise de toda a planta. No Quadro 2 apresentam-se os resultados obtidos nesse trabalho.

QUADRO 2 - Estimativa da quantidade de nutrientes absorvidos por planta de cacau em diferentes estágios de desenvolvimento. Segundo Thong e NG (63).

FASE DA CULTURA	Idade da planta (meses)	Requerimento nutricional médio em kg/ha						
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn
Viveiro	5-12	2,4	0,6	2,4	2,3	1,1	0,04	0,01
Desenvolvimento	28	136	14	156	113	47	3,9	0,5
Início da produção	39	212	23	321	140	71	7,1	0,9
Plena produção	50-87	438	48	633	373	129	6,1	1,5

Entre os macronutrientes, o fósforo e o magnésio são absorvidos em quantidades relativamente menores. O potássio é requerido sempre em maiores quantidades, salvo na fase de enviveiramento quando é aproximadamente igual ao nitrogênio e ao cálcio.

O aumento da quantidade de nutrientes na planta está diretamente relacionado com o seu desenvolvimento. As figuras 1, 2 e 3 ilustram a porcentagem de distribuição de nutrientes na planta, segundo Thong e NG (63). Tanto na fase de viveiro quanto na fase de desenvolvimento, a folha é o componente mais importante da planta em termos de armazenagem de nutrientes. Na fase de produção, a folha e ramos + caule acumulam quantidades aproximadamente iguais de nutrientes, com exceção para K e Zn que predominam no caule e nos ramos.

De acordo com esse autor (63), 1 ha de cacau de 50-87 meses de idade, demanda, para manter seu crescimento e produzir 1000 kg de amêndoas secas, as seguintes quantidades de nutrientes em quilograma:

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
469,0	121,2	824,2	529,1	222,5

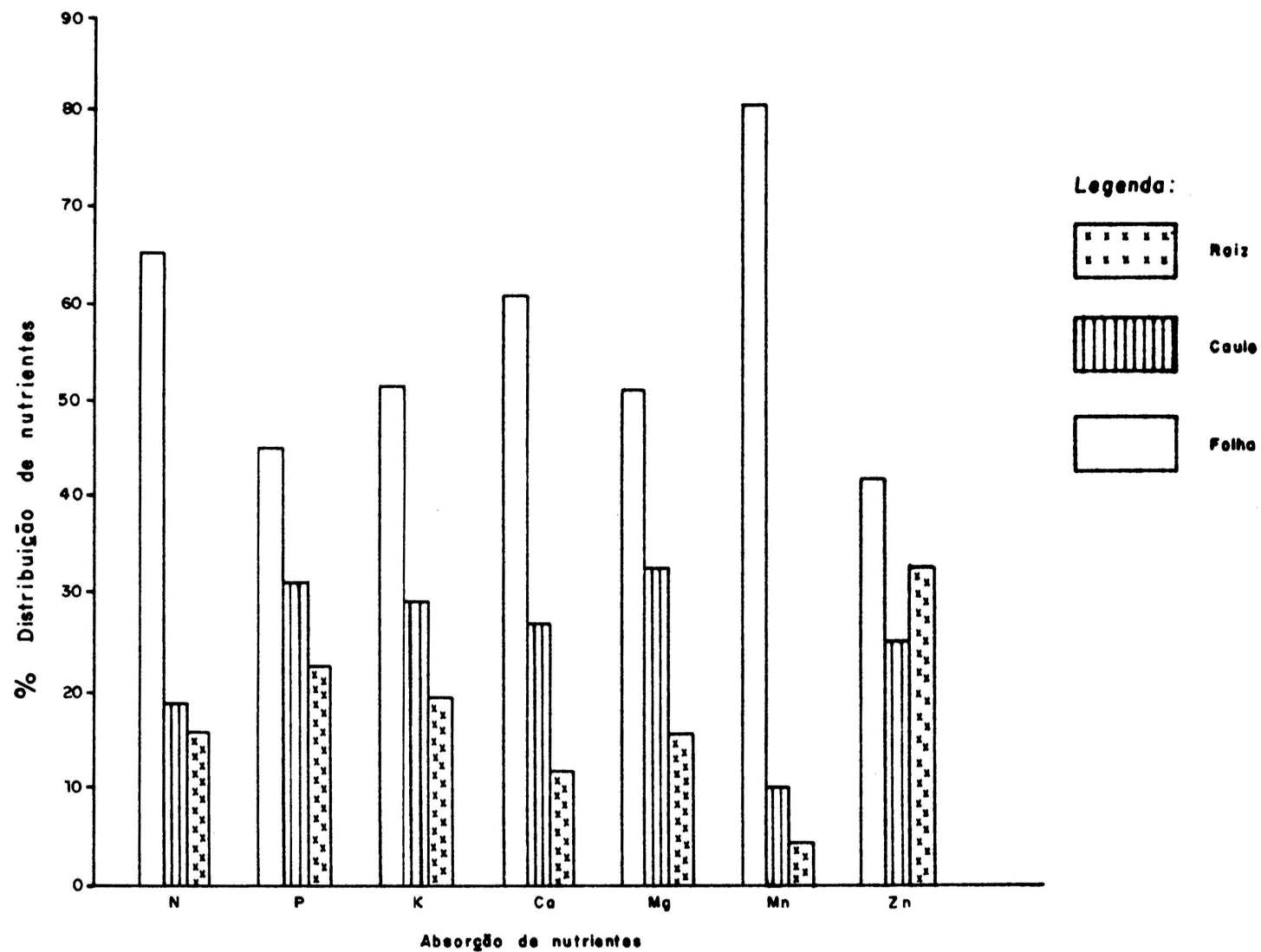


FIGURA 1 - Distribuição de nutrientes em plantas de viveiro. Segundo Thong e NG (63).

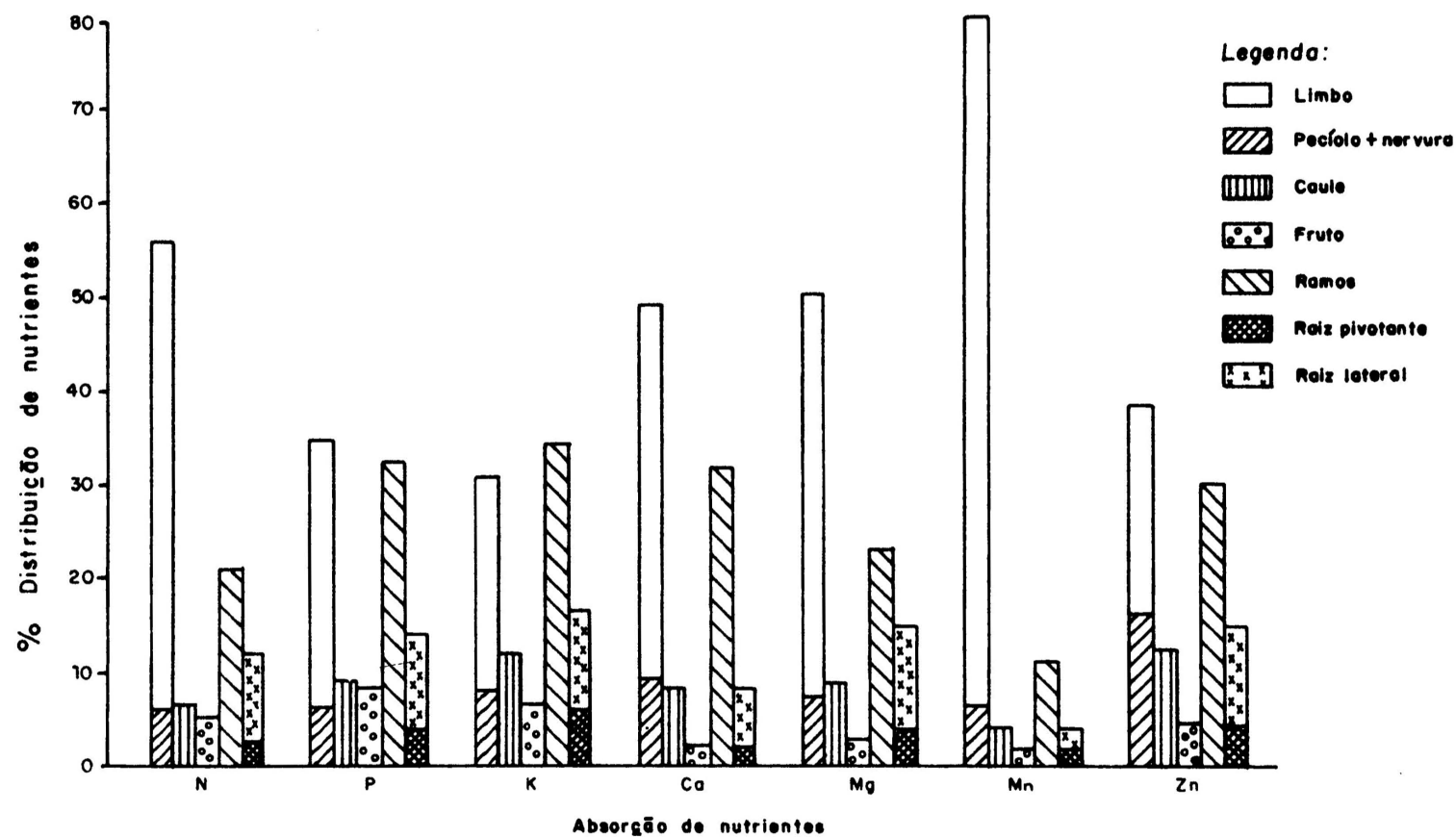


FIGURA 2 - Distribuição de nutrientes em cacaueiros na fase de desenvolvimento. Segundo Thong e NG (63).

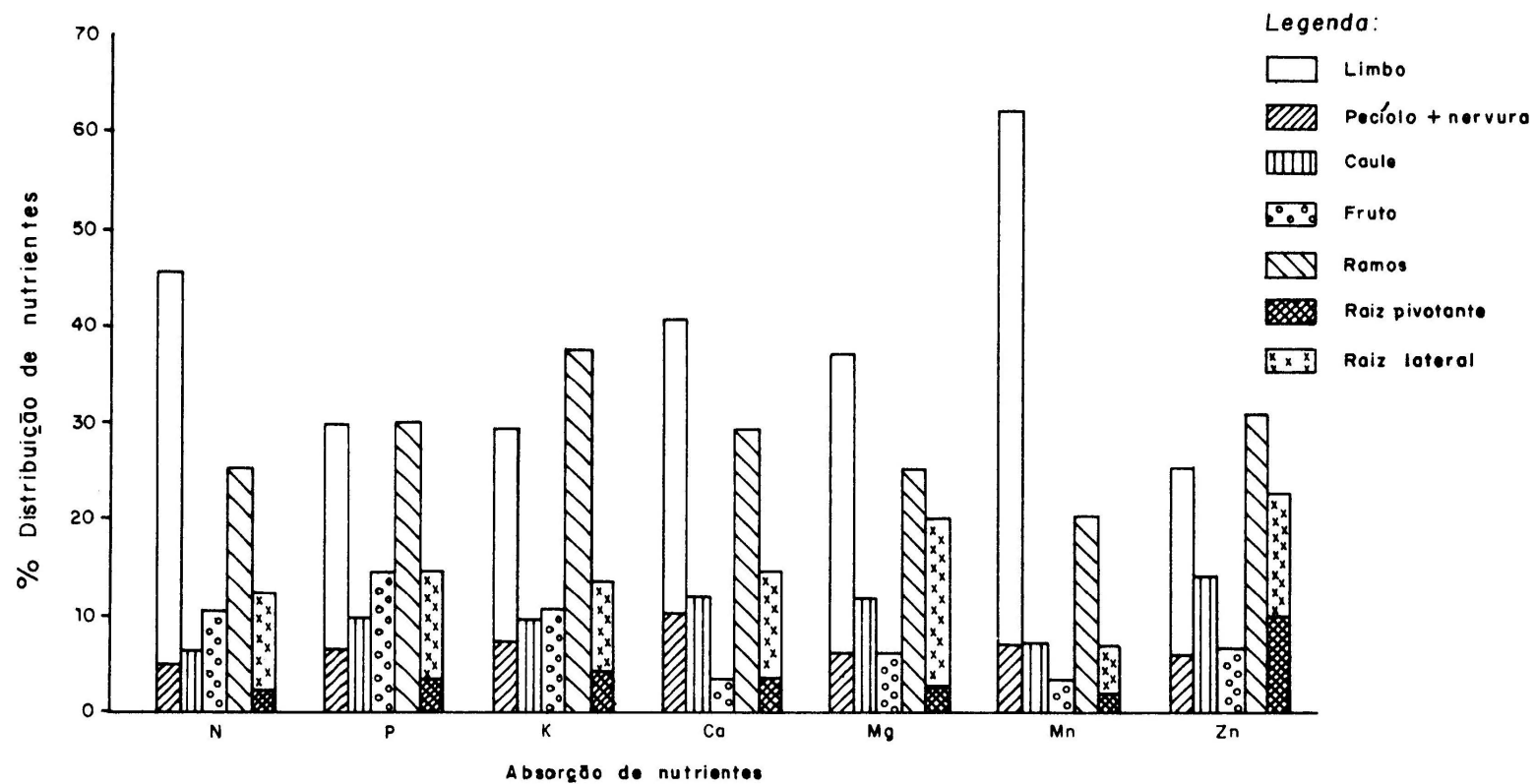


FIGURA 3 - Distribuição de nutrientes em cacaueiros adultos. Segundo Thong e NG (63)

O Quadro 3 contém dados referentes à quantidade de nutrientes retirada do solo pelo cacaueiro. Esses dados foram obtidos mediante a análise química de frutos, amêndoas e cascas de cacau (26, 31, 35, 63, 65, 71).

QUADRO 3 - Conteúdo de N, P₂O₅, K₂O, CaO e MgO existentes em amêndoas secas, cascas e frutos de cacau.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	FONTE
	kg					
Amêndoas +	20,0	9,6	12,6	3,0	5,0	Zeller
	24,0	12,0	19,0	-	-	Urquhart
	20,0	15,8	21,3	2,0	11,0	Kanapathy
	20,4	8,3	12,6	1,5	4,5	Thong e NG
Cascas ++	44,0	8,0	64,0	-	-	Hardy
	10,6	3,0	52,0	5,3	4,2	Thong e NG
Frutos ≠	16,0	6,0	27,0	5,0	8,0	Humphries
	22,9	3,7	84,8	5,7	7,7	Kanapathy
Frutos ≠≠	31,0	11,2	64,6	6,9	8,6	Thong e NG

+ 1000 kg de amêndoas secas

++ Cascas de frutos para produzir 1000 kg de amêndoas secas

≠ 1000 kg de frutos secos

≠≠ Frutos para produzir 1000 kg de amêndoas secas

Infere-se dos dados apresentados que, em média, apenas 6% da quantidade total de nutrientes absorvidos por toda a planta, são necessários para a produção de frutos. Tendo em vista que geralmente a casca dos frutos é retornada ao campo, a extração de nutrientes pelo cacaueiro é relativamente pequena. Contudo, ressalta-se a importância de uma fertilização adequada para manter um crescimento vigoroso da planta e, conseqüentemente, garantir altas produções.

B - Deficiências Minerais

Considerando-se que o cultivo do cacauzeiro encontra-se normalmente implantado em solos férteis ou em solos adubados, dificilmente ocorrem deficiciências nutricionais cujos sintomas sejam nitidamente observados no campo, a não ser em casos de deficiência de manejo, desbalanços nutricionais, supercalagem, ou transtornos físicos no solo, tais como má drenagem ou seca prolongada. Mesmo assim, vários pesquisadores (5, 42) têm procurado reproduzir, através de cultivos com solução nutritiva, os sintomas de deficiência em cacau, visando a uma orientação para os casos em que uma deficiência venha a ocorrer. Uma chave para identificação dos principais sintomas de deficiência em cacau, descritos por Alvim (5), está representada a seguir. Algumas fotos coloridas, obtidas por Loué (36), estão ilustradas no Apêndice.

1 - Folhas tipicamente cloróticas

- 1.1. Clorose generalizada em todas as folhas, que se tornam espessas e duras, apresentando necrose apical, nos casos avançados. Redução no tamanho das folhas e da própria planta. Essa deficiência pode ocorrer em cacauais não sombreados ou invadidos por ervas daninhas: NITROGÊNIO.
- 1.2. Clorose em todas as folhas, porém sem redução no tamanho, nem apreciável aumento de espessura. Nervuras mais pálidas que o limbo: ENXOFRE.
- 1.3. Clorose apenas nas folhas novas, geralmente as nervuras permanecem verdes, porém nos casos avançados ocorrem completo branqueamento das folhas. Essa deficiência pode ocorrer em cacauzeiros

de solos mal drenados ou muito pobres em matéria orgânica ou, ainda, muito alcalinos: FERRO.

2 - Clorose somente entre nervuras (Macheteamento)

2.1. Clorose somente nas folhas mais velhas, geralmente com pontos ne
cróticos entre as nervuras e, algumas vezes também, com necrose
marginal: MAGNÉSIO.

2.2. Clorose somente nas folhas novas, geralmente limitada a uma fai
xa entre as nervuras, mais visível nas partes marginais: MANGA-
NÊS.

3 - Folhas tipicamente necróticas

3.1. Necrose estritamente marginal e, principalmente, nas folhas mais
velhas. Nota-se geralmente uma divisão bem delineada entre o te
cido necrótico e o vivo, característica que serve para distin
guir da queima marginal por falta de água: POTÁSSIO.

3.2. Pontos necróticos nas folhas mais novas e dispostos simetricamen
te ao longo da nervura central. Queda prematura das folhas: CÁL-
CIO.

4 - Folhas novas deformadas

4.1. Folhas novas de tamanho reduzido, apresentando acentuada curva
tura convexa ao longo da nervura central, podendo formar, algu
mas vezes, verdadeira espiral. Limbo endurecido e quebradiço. Ne
crose terminal às vezes presente nas folhas mais velhas: BORO.

4.2. Folhas muito estreitas e distorcidas; margem frequentemente on
dulada e limbo algumas vezes com forma de foice. Clorose em pe-
quenas manchas entre as nervuras secundárias, podendo em casos
avançados dominar todo o limbo, dando-lhe uma coloração creme
uniforme. Essa deficiência pode ocorrer em solos que receberam
doses muito elevadas de calcário: ZINCO.

4.3. Folhas novas de tamanho reduzido. Nervuras secundárias em me
nor número e com distâncias irregulares entre si, mostrando-se
exageradamente juntas na parte apical. Necrose freqüente no
ápice da folha: COBRE.

5 - Ausência de clorose, necrose ou deformações facilmente identificáveis

5.1. Plantas de tamanho reduzido. Folhas relativamente estreitas,
conservando a cor verde normal. Acentuado desfolhamento a começ
ar pelas folhas mais velhas, permanecendo as estípulas no caule
le. Antes do desfolhamento observa-se algumas vezes, uma necrose
se na zona apical do limbo. Deficiência das mais freqüentes:
FÓSFORO.

5.2. Folhas novas relativamente finas e translúcidas, apresentando
ligeira clorose nas regiões intervenais, podendo apresentar
posteriormente necrose marginal: MOLIBDÊNIO.

III. EFEITOS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES

O emprego de fertilizantes no cultivo do cacau tem despertado o interesse de cientistas do solo desde o início do século XX. Revisões sobre o assunto foram apresentadas por Cunningham (13), Dienderock (16), Geus (23), Morais et al (45) e Wessel (66).

Em Gana, já em 1926 foram iniciados experimentos de campo que evidenciaram o efeito benéfico de escórias básicas (P e Ca) em plantações sombreadas de cacau. Avanços posteriores no uso de fertilizantes só foram conseguidos depois de 1956, quando se tornou efetivo o controle às pragas e doenças do cacaueiro. En Trinidad, inúmeros experimentos foram estabelecidos entre 1932 e 1939 obtendo-se, em alguns casos, incrementos significativos na produção de cacaueiros sombreados pela adição de fertilizantes fosfatados e potássicos. Entretanto, a maioria desses ensaios foram perdidos em virtude da grande variabilidade das plantações existentes e utilização de desenhos experimentais ineficientes (25, 37, 52, 53).

As investigações sobre a adubação do cacaueiro, no entanto, somente tomaram impulso a partir de 1953, quando se tornaram conhecidos os resultados de Evans e Murray (20) associando a aplicação de fertilizantes ao fator intensidade luminosa.

A - Interação Sombra x Adubação

Evans e Murray (20) iniciaram o experimento em 1949, utilizando cinco intensidades de luz (0, 15, 25, 50 e 100% da luz solar) e diferentes tratamentos fertilizantes. Os resultados obtidos no primeiro ano demonstra

ram que as plântulas de cacau apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo quando cultivadas entre 25 e 60% de luminosidade, verificando-se de crêscimos acentuados na taxa de crescimento relativo (TCR) em intensidade de luz iguais ou superiores a 75%. A necessidade de luz do cacaueiro aumentou com a idade, fato aparentemente associado com o auto-sombreamento da planta.

A Figura 4 mostra a correlação obtida entre a intensidade de luz e a aplicação de fertilizantes na fase produtiva do experimento. Os requerimentos nutricionais do cacaueiro aumentam com a exposição luminosa, sendo a produção máxima alcançada a uma intensidade de luz em torno de 75-80% . Plantações de cacau com exposições luminosas iguais ou inferiores a 25% parecem não se beneficiar da adubação. Apesar deste experimento ter sido realizado com apenas três plantas por parcela e, portanto, sujeito a restrições, representa a primeira evidência experimental de que as necessidades de sombra do cacaueiro são influenciadas pelo nível nutricional do solo.

Depois do sucesso dessa investigação, diversos experimentos foram estabelecidos em diferentes países produtores de cacau, para estudar o efeito da interação sombra x adubação na produtividade do cacaueiro (10, 14, 27, 29). A Figura 5 sumaria os resultados obtidos em um desses ensaios, conduzido em Gana por um período de 17 anos (2). A remoção do sombreamento e aplicação de fertilizantes provocaram acrêscimo da ordem de 200% no rendimento do cacaueiro, em relação a testemunha, havendo uma tendência decrescente na produção das parcelas sem sombra ã partir de 1965/66, ou seja nove anos após o início dos tratamentos. Esse fato foi atribuído pelos autores ã degradação do solo, devido a perda substancial de matéria orgânica, bases trocáveis (Ca, Mg, K) e fósforo, e a elevada incidência de

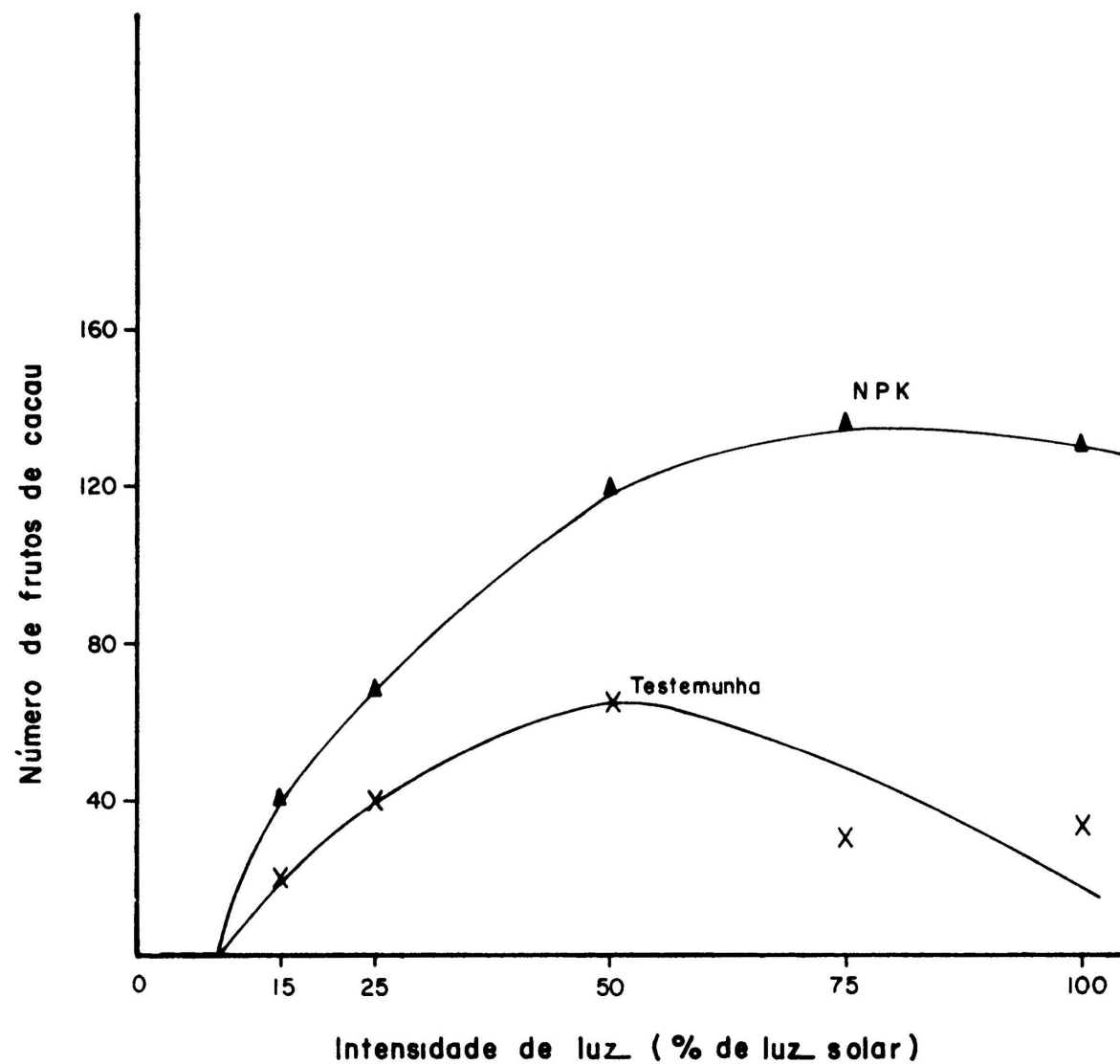


FIGURA 4 - Produção do cacaueiro em função da intensidade de luz e da aplicação de fertilizantes. Segundo Murray (49).

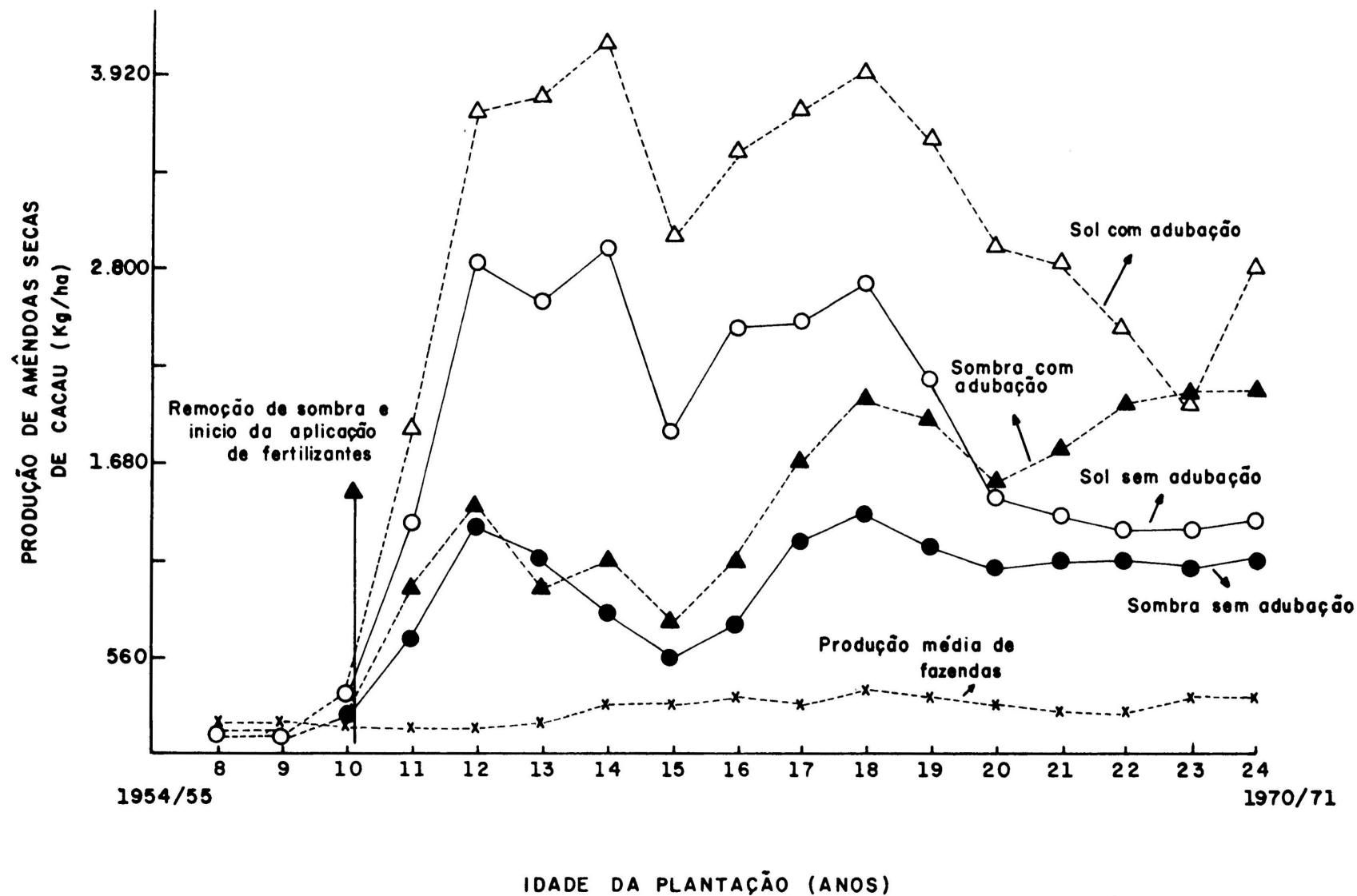


FIGURA 5 - Efeitos da remoção de sombra e da aplicação de fertilizantes na produção do cacaueiro. Segundo Ahenkorah e Akrofi (2).

pragas e doenças. É possível que o problema esteja associado, também, com mudanças no microclima das parcelas do experimento, especialmente velocidade do vento, causadas pela eliminação da floresta, existente ao redor da área experimental, em 1964 (6).

Experimentos posteriores demonstraram que a precipitação pluviométrica e as propriedades físicas do solo também constituem fatores importantes para a determinação dos requerimentos de sombra do cacaueiro. Wessel (71), em um experimento realizado na Nigéria com plântulas de cacau estabelecidas em solos de diferentes gradientes texturais, encontrou que nos períodos secos a mortalidade das plântulas era maior em solos arenosos do que em solos argilosos. Em ambos os casos, a taxa de mortalidade foi excessivamente elevada (até 90%) na presença de sombreamento, devido a competição por água e nutrientes entre as árvores de sombra e o cacaueiro. Resultados similares têm sido observados em plantações adultas de cacau no vale de Colatina, Espírito Santo, onde a evapotranspiração potencial excede a precipitação durante a maior parte do ano. Na região cacaueira da Bahia, onde predominam solos hidromórficos ou que permanecem saturados de água durante períodos prolongados do ano, a influência favorável do sombreamento de Erythrina na produção do cacaueiro (72) parece ser o resultado do arejamento do solo causado pela transpiração dessa árvore.

Embora se recomende o plantio do cacaueiro com sombreamento permanente moderado (6), estudos são ainda necessários para definir melhor as condições ecológicas que afetam os requerimentos de sombra do cacaueiro.

B - Efeito de Nutrientes

A resposta do cacaueiro à aplicação dos nutrientes essenciais tem sido determinada em função da intensidade luminosa e idade da planta. Em ge-

ral tem sido encontrado que o nitrogênio beneficia o cacaueteiro nos estágios iniciais de crescimento, enquanto que o fósforo ou uma combinação NP tem ocasionado os melhores resultados na fase produtiva. O efeito do nitrogênio e potássio depende do grau de sombreamento da plantação ou da fertilidade natural do solo (3, 12, 34, 51).

Wessel (70), em um experimento com cacaueteiros amazônicos transplantados para o campo aos seis meses de idade, obteve efeitos depressivos no crescimento de plântulas de cacau devido a aplicação na cova ou na superfície do solo de 28g/planta da fórmula 15-15-10. Em um segundo ensaio, onde as quantidades de fertilizantes foram reduzidas e adicionadas somente na superfície do solo, foi observado que o nitrogênio estimulou o crescimento em diâmetro e altura do cacaueteiro. O Quadro 4 contém os resultados de um experimento recente, conduzido na Malásia, no qual são evidenciados os efeitos favoráveis do nitrogênio na altura do cacaueteiro, taxa de crescimento relativo do tronco e altura de formação da copa (40). Em Gana, a adubação na cova também tem ocasionado efeitos depressivos no crescimento do cacaueteiro (62). Resultados semelhantes foram encontrados na Bahia para a aplicação de uma mistura NPK e escarificação do solo (55). Esses fatos sugerem que o cacaueteiro, nos estágios iniciais de desenvolvimento, apresenta sensibilidade a dosagens excessivas de fertilizantes ou que o contato dos adubos com o sistema radicular causa distúrbios fisiológicos em plântulas de cacau. Experimentos devem ser realizados para esclarecer esse problema.

O Quadro 5 mostra os dados de um experimento realizado em plantações sombreadas de cacau, da cultivar "catongo", com cinco anos de idade, repetido em oito tipos de solos da região cacaueteira da Bahia (46). O fósforo foi o nutriente que provocou a maior resposta do cacaueteiro, com a-

QUADRO 4 - Efeitos da aplicação de fertilizantes no crescimento de plântulas de cacau. Adaptado de Mainstone e Tong (40)⁺.

Período após o plantio ‡ (meses)	Altura da planta (cm)			TCR (%) ⌘			Altura da copa (m)			D M S (0,05)
	No	N ₁	N ₂	No	N ₁	N ₂	No	N ₁	N ₂	
4	0,39	0,42	0,43	-	-	-	-	-	-	0,02
18 (1-17)	1,10	1,16	1,17	3,40	3,66	3,54	-	-	-	0,05(0,17)
23	1,12	1,17	1,17	-	-	-	-	-	-	0,04
29	-	-	-	-	-	-	1,16	1,20	1,21	0,04

+ No = sem aplicação de nitrogênio; N₁ = 175,3 g de N/planta em 11 aplicações; N₂ = dobro de N₁. Nitrogênio sob forma de Nitrocálcio (2640 N). Plantações de cacau com sombreamento lateral de *Sesbania punctata*.

‡ Quantidade entre parênteses indica o intervalo de tempo usado para determinação da TCR e a diferença mínima significativa ao nível de 5%.

⌘ TCR = Taxa de crescimento relativo da área seccional do tronco do cacaueiro.

QUADRO 5 - Produção do cacauueiro em função de diferentes tratamentos fertilizantes.*

Tratamentos †	A n o s							Média 70-76
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	
<u>N</u>	kg/ha amêndoas secas							
N1 P3 K3	207,6	337,0	506,4	1.202,3	909,0	1.488,9	1.142,3	839,5
N3 P3 K3	235,0	511,7	732,2	1.265,0	1.209,0	1.537,5	1.207,6	956,8
N5 P3 K3	263,7	607,5	746,6	1.388,2	1.219,7	1.662,3	1.376,1	1.037,7
<u>P</u>								
N3 P1 K3	184,6	330,5	481,4	763,0	705,0	1.106,6	825,4	639,5
N3 P3 K3	235,0	511,7	506,4	1.265,0	1.209,0	1.537,5	1.207,6	956,8
N3 P5 K1	239,0	567,2	708,1	1.359,0	1.173,4	1.587,1	1.315,1	1.001,3
<u>K</u>								
N3 P3 K1	232,9	530,7	840,5	1.491,4	1.243,6	1.636,7	1.283,0	1.037,0
N3 P3 K3	235,0	511,7	506,4	1.265,0	1.209,0	1.537,5	1.207,6	956,8
N3 P3 K5	240,0	544,3	777,6	1.364,2	1.107,6	1.444,9	1.348,1	975,2
DMS (0,05)	450,7							181,8
<u>INTERAÇÃO NP</u>								
N4 P2 K2	268,6	536,6	641,8	1.135,5	1.030,7	1.525,6	1.357,0	927,9
N2 P4 K2	300,2	650,8	734,5	1.441,4	1.246,5	1.421,5	1.364,8	1.018,5
N2 P2 K2	180,9	484,2	690,1	1.228,5	957,6	1.426,7	1.252,0	888,6
N4 P4 K2	299,1	521,7	874,6	1.369,0	1.221,9	1.764,3	1.476,1	1.075,2
DMS (0,05)	256,7							110,3

+ Média de oito repetições. Plantio realizado em 1965.

† Tratamentos iniciados em 1971 nas dosagens de: 1 = 0 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O; 2 = 30 kg/ha de N e K₂O, 45 kg/ha P₂O₅; 3 = 60 kg/ha N e K₂O, 90 kg/ha P₂O₅; 4 = 90 kg/ha de N e K₂O, 135 kg/ha P₂O₅; 5 = 120 kg/ha N e K₂O, 180 kg/ha P₂O₅.

crêscimos médios no rendimento da ordem de 52%. Apesar de não se ter ve
rificado respostas ao nitrogênio e potássio no transcorrer do experiment
to, a análise da produção cumulativa do período 70/76 revelou um efeito
linear para o nitrogênio, em função das doses aplicadas, observando-se,
ainda, uma resposta significativa para a interação NP. É possível que a
diluição do efeito do nitrogênio no tempo tenha sido causada pela redução
gradual do sombreamento nas parcelas experimentais, confirmando, deste mod
o, o que tem sido obtido nos demais países produtores de cacau (3, 14,
15, 27).

A inexistência de resposta ao potássio verificada nesse e em outros
experimentos com cacau (1, 48, 51, 71), entretanto, merece maior atenção
dos cientistas do solo. Embora existam indicações de que o cacaueiro respo
nde a aplicação de fertilizantes potássicos quando estabelecido sob alta
intensidade luminosa (3) ou em associação com o cultivo do coqueiro (64),
ainda persistem dúvidas sobre a importância do elemento na nutrição minera
l desta cultura. Experimentos futuros devem ser planejados para determi
nar a influência do sombreamento, competição de culturas consorciadas e
do fracionamento da adubação na alimentação potássica do cacaueiro.

IV. ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM

A acidez do solo é um problema associado à presença de hidrogênio e alumínio em forma trocável. A infertilidade dos solos ácidos está relacionada com i) toxicidade do alumínio e/ou manganês; ii) deficiência de cálcio e magnésio.

A maioria dos experimentos sobre o efeito da acidez do solo no crescimento e produção do cacaueiro foram realizados na região cacaueira da Bahia, onde predominam solos ácidos (oxisols e ultisols) de pH variável entre 5,7 e 6,9 (45, 60). Na África, o cultivo do cacaueiro foi estabelecido em solos de fertilidade natural elevada, cujos valores de pH situam-se geralmente na faixa de 6,8 a 7,5 (61).

A - Toxicidade de Alumínio

O experimento pioneiro sobre o efeito do alumínio no crescimento do cacaueiro foi realizado por Miranda e Dias (43) em 1971. Esses autores cultivaram plântulas de cacau em solos enriquecidos com alumínio, encontrando um efeito inibitório do elemento no desenvolvimento do sistema radicular e na produção de matéria seca da planta. Posteriormente, Santana et al (56) e Ezeta e Santana (21), trabalhando com plântulas de cacau em solução nutritiva, demonstraram que a toxicidade do alumínio se deve, principalmente, a uma redução na absorção do fósforo e cálcio.

O Quadro 6 sumaria os resultados obtidos no experimento de Ezeta e Santana (21). Deve-se notar que o alumínio, mesmo em baixas concentrações, diminuiu a absorção e acumulação de fósforo e cálcio em plântulas

QUADRO 6 - Efeito do alumínio no crescimento da raiz seminal e na composição de plântulas de cacau. Adaptado de Ezeta e Santana (21).⁺

ALUMÍNIO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA (ppm)	TAXA DE ELONGAÇÃO DA RAIZ (mm.cm ⁻¹ .dia ⁻¹ .)	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PLANTA (%)									
		F ó s f o r o					C á l c i o				
		Caule	Limbo	Pecíolo	Raiz	Total	Caule	Limbo	Pecíolo	Raiz	Total
0,0	0,269	0,66	0,27	0,48	0,37	0,40	1,38	1,11	2,12	0,42	1,11
2,5	-	0,53	0,24	0,33	0,37	0,33	1,24	1,04	1,69	0,34	1,02
5,0	2,260	0,31	0,22	0,20	0,29	0,25	1,05	0,87	1,55	0,23	0,87
10,0	0,140	0,17	0,14	0,16	0,20	0,15	1,02	0,73	1,45	0,29	0,80
15,0	0,230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20,0	0,076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMS (0,05)	0,150	0,07	0,04	0,05	0,07	0,03	0,27	0,17	0,20	0,11	0,07

⁺ Plântulas de cacau com 7 dias de idade.

de cacau. O efeito tóxico do elemento na elongação do sistema radicular, no entanto, somente se manifestou a partir de 15 ppm, sugerindo que o cacaueiro é um cultivo tolerante ao alumínio. Sabe-se que a concentração de alumínio na solução do solo em regiões tropicais é geralmente baixa (< 1 ppm), aumentando rapidamente em função da saturação do elemento ($100\text{Al}/\text{CTC}$) no complexo de troca (54).

B - Efeitos da Calagem

O efeito da calagem e da saturação de alumínio no crescimento do cacaueiro foi objeto de estudo realizado na Bahia (47). Plântulas de cacau da cultivar "Catongo", cultivadas em solo ácido da unidade Vargito Distrôfico (Typic Tropudult), foram submetidas a cinco doses de calcário e três de fósforo. A calagem foi efetuada na dosagem de 0, 15, 25, 80 e 100% da quantidade de corretivo necessária para elevar o pH do solo para 6.4. O fósforo foi adicionado na concentração de 0, 20 e 100 ppm. Acréscimos significativos ($P < 0,01$) na produção de biomassa foram obtidos quando a % Al era maior do que 50%, sendo este efeito intensificado em presença de 20 ppm de P. Quando a % de Al era menor do que 50%, a aplicação de P ocasionou melhor rendimento de massa seca do que a calagem. A incorporação de calcário em dosagens elevadas ($> 25\%$) retardou o crescimento da planta, provocando uma deficiência generalizada de micronutrientes, especialmente Zn. As plântulas de cacau com melhor desenvolvimento vegetativo apresentaram teores de manganês na folha superiores a 800 ppm.

Experimento recente conduzido por Moraes (44), em solos de baixa saturação de alumínio ($< 50\%$), mostrou que a aplicação de quantidades equivalentes de calcário dolomítico, carbonato e sulfato de cálcio apresentam efeitos similares no crescimento de plântulas de cacau (Quadro 7). Res

postas do cacaueiro à aplicação de Ca foram também obtidas em Gana (1) e na Malásia (64). Deve-se ressaltar, todavia, que um ensaio estabelecido no campo, em plantações produtivas de cacau com 25-30 anos de idade, não acusou resultados significativos dois anos após a incorporação de calcário ao solo (44).

Esses resultados permitem concluir que o cacaueiro é um cultivo tolerante à toxicidade de alumínio e especialmente de manganês. A calagem deve ser efetuada com a finalidade principal de corrigir a deficiência de cálcio do solo. Em casos especiais ($\% \text{ Al} > 50$), porém, quantidades adicionais de calcário devem ser aplicadas para neutralizar o alumínio solúvel. Aparentemente, a deficiência de cálcio e a toxicidade de alumínio são fatores que limitam o crescimento inicial do cacaueiro, não constituindo problema em plantações adultas desse cultivo.

QUADRO 7 - Produção de massa seca da parte aérea de plântulas de cacau em função da aplicação de calcário e sulfato de cálcio. +

TRATAMENTOS ‡	S O L O S				M é d i a
	Valença (Haplorthox)	Una (Haplorthox)	Colônia (Haplorthox)	Água Sumida (Umbriorthox)	
	g/planta				
No. Po Ko	4,1	8,3	14,7	11,7	9,7
N ₁ P ₁ K ₁	4,3	13,2	16,4	13,5	10,9
N ₁ P ₁ K ₁ + 1 ton.calc.dol.	6,1	13,1	16,2	14,8	12,6
N ₁ P ₁ K ₁ + 2 ton.calc.dol.	4,7	13,8	16,8	18,8	13,5
N ₁ P ₁ K ₁ + 4 ton.calc.dol.	7,1	14,7	17,8	18,0	14,4
N ₁ P ₁ K ₁ + 8 ton.calc.dol.	9,0	15,9	17,2	16,9	14,8
N ₁ P ₁ K ₁ + 2 ton. Co ₃ Ca	6,6	17,9	17,1	16,7	14,6
N ₁ P ₁ K ₁ + 4 ton. Co ₃ Ca	6,8	17,6	17,4	17,9	14,9
N ₁ P ₁ K ₁ + 1 ton. So ₄ Ca	4,9	16,2	14,3	14,5	12,5
N ₁ P ₁ K ₁ + 2 ton. So ₄ Ca	6,2	15,3	14,8	16,2	13,1
N ₁ P ₀ K ₁ + 2 ton.calc.dol.	5,2	7,5	12,5	13,7	10,7
N ₁ P ₂ K ₁ + 2 ton.calc.dol.	10,0	16,1	18,5	17,7	15,6
DMS (0,01)	2,1	3,3	2,6	3,3	1,8

+ Média de cinco repetições em cada unidade de solo. Plântulas de cacau com 6 meses de idade.

‡ N₁ = 100ppm N; K₁ = 100ppm K₂O; P₁ = 46 ppm P₂O₅; P₂ = 230ppm P₂O₅.

V. DIAGNOSE FOLIAR

A pesquisa sobre aplicação da análise foliar, como método para diagnóstico de deficiências nutricionais e guia para recomendação de fertilizantes em regiões tropicais, começou praticamente com a cultura do cacau (17) a partir dos experimentos realizados por Mc Donald (38), em Trinidad. Desde então, o problema tem sido estudado em seus vários aspectos, não só em Trinidad, como em outras regiões produtoras de cacau do mundo. Apesar dos esforços envidados, não se tem obtido com a análise foliar do cacaueiro o mesmo êxito conseguido para outros cultivos de regiões tropicais ou subtropicais. O fato pode ser encarado com estranheza, até que sejam consideradas as dificuldades em separar-se os múltiplos fatores que afetam a cultura do cacau e, conseqüentemente, os resultados da análise foliar.

Os principais fatores internos que influenciam a composição mineral da folha são a idade e posição da folha, lançamento de folhas e frutificação. Como fatores externos se destacam a nutrição da planta, intensidade de luz e variação sazonal.

A - Fatores Internos

O primeiro estudo sobre a influência da idade na composição mineral da folha foi feito por Humphries (32) e posteriormente por Fennah (22) em Trinidad. Humphries marcou 600 lançamentos novos e fez coletas semanais de folhas nesses lançamentos durante 16 semanas. A análise dessas folhas revelou aumento de N, P, e K até a 9a. ou 10a. semana, e daí

uma diminuição progressiva que Humphries atribuiu ao transporte desses elementos para os novos fluxos que começaram a se desenvolver a partir da 9a. semana. Fennah (22), estudando a distribuição do nitrogênio em folhas de cacau sob diferentes intensidades de luz, chegou à conclusão de que o teor do elemento na folha diminui com a idade. Resultados similares foram obtidos por Wessel (67), na Nigéria.

Os dados de Humphries (32) e Fennah (22), em Trinidad, demonstraram que há uma relação linear entre porcentagem de matéria seca e idade da folha (Figura 6). Assim sendo, a determinação da idade da folha pode ser estimada usando-se o conteúdo de matéria seca como indicador. Outra maneira de se estimar a idade da folha é através de suas características morfológicas de cor, principalmente do pecíolo, que dá uma idéia da época aproximada do lançamento (71).

O efeito de novos lançamentos está associado ao efeito da idade, uma vez que se tem observado a migração de N, P e K das folhas mais velhas para as mais novas (32). No Sul da Bahia, Santana e Igue (57) encontraram que o teor de N e K diminuem com o aumento da idade e que o fenômeno é mais acentuado nos ramos com lançamentos (Quadro 8). Sobre o efeito da frutificação, Burrige et al (9) afirmam que as concentrações de N, P e K diminuíram gradualmente durante a estação da colheita e atingiram um mínimo durante o pico de produção de frutos. Wessel (67), analisa o problema sob a hipótese de que o efeito talvez decorra mais da idade da folha. Entretanto, o movimento de nutrientes das folhas para os frutos foi demonstrado experimentalmente por Hurd (33), usando fósforo radioativo.

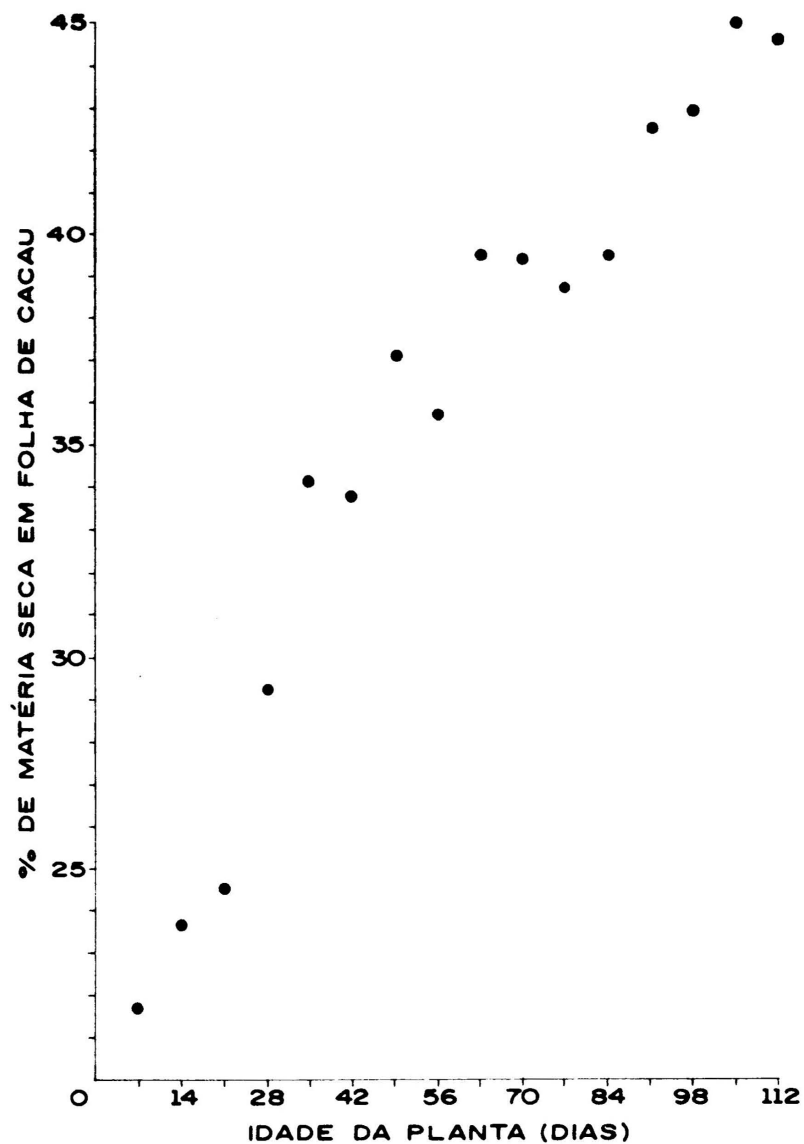


FIGURA 6 - Relação entre a porcentagem de matéria seca e a idade de folhas de cacau. Segundo Humphries (32).

B - Fatores Externos

O suprimento de nutrientes afeta a composição mineral das folhas. Resultados experimentais têm demonstrado que a redução do suprimento de qualquer elemento não só diminui a sua concentração na folha, como afeta a absorção e concentração de outros elementos (30, 36, 68). Machicado e Boynton (39) e Asomaning e Lockard (7) mostraram que fontes de nutrientes também podem influenciar a composição mineral da folha. A intensi

QUADRO 8 - Variação no teor de N, P, K, Ca e Mg em folhas de cacaueteiro em função da idade, presença e ausência de lançamentos e adubação.

ELEMENTO	Nº folha + no ramo	COM ADUBAÇÃO ‡		SEM ADUBAÇÃO	
		Sem Lançam.	Com Lançam. §	Sem Lançam.	Com Lançam.
Nitrogênio (%)	1	2,17	1,85	2,31	1,78
	2	2,18	1,84	2,36	1,72
	3	2,14	1,71	2,26	1,66
	4	2,01	1,70	1,89	1,58
DMS 5% 0,19					
Fósforo (%)	1	0,18	0,15	0,19	0,20
	2	0,19	0,15	0,20	0,19
	3	0,18	0,14	0,19	0,18
	4	0,17	0,12	0,19	0,19
DMS 5% 0,04					
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
DMS 5% 0,19					
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
DMS 5% 0,33					
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
DMS 5% 0,16					

+ Representa folhas fisiologicamente maduras, a partir do ápice.

‡ Adubação efetuada anualmente em abril.

§ Lançamentos de mais de 2 pares de folhas novas.

dade de luz, geralmente relacionada com a idade e o suprimento de nutri entes, afeta notavelmente a concentração de nutrientes na folha. Em ge ral, cacauzeiros sombreados apresentam concentrações mais elevadas de N e K, enquanto que cacauzeiros a pleno sol possuem teores mais altos de P e Ca (49, 57).

A variação da composição mineral da folha em função do período do ano tem sido demonstrada por diversos investigadores (41, 69). Wessel (69) encontrou que o melhor período de amostragem, nas condições da Nigé ria, situou-se de abril a maio. Mais recentemente, Ahenkorah et al (4) deduziram que, em Gana, a amostragem de folhas para determinação de N, P e K, com a finalidade de orientar a aplicação de fertilizantes, deve ser realizada em março/abril, ou seja antes do início das chuvas. Nesse período, a concentração desses nutrientes se estabiliza, em virtude, pro vavelmente, do deficit de água em janeiro/fevereiro causado pelo Harmattan.

A correlação entre análise do solo, composição mineral da folha e respostas do cacauzeiro à adubação foi investigada por Wessel (69). Incre mentos significativos no rendimento devidos a aplicação de nitrogênio fo ram obtidos quando a concentração deste elemento em folhas do cacauzeiro era inferior a 1,8%. Entre 1,8 e 2,0% pouca ou nenhuma resposta foi en contrada. De acordo com Hardy (24), para predição do requerimento de N em cacau deve-se considerar também a relação N/P, sendo o equilíbrio ide al deste quociente o valor de 10,8. Para o fósforo, os melhores resul tados foram conseguidos quando o nível deste elemento era inferior a 0,13%. Os dados relativos ao potássio confirmaram a idéia geral de que este elemen to não constitui fator limitante da produtividade do cacauzeiro em solos de- rivados de rochas ígneas ou metamórficas na Nigé ria. Em solos sedimenta

res, porém, o baixo teor de K nas folhas é o reflexo da deficiência deste nutriente.

O Quadro 9 contém os níveis críticos de N, P e K em folhas de cacau sugeridos por Loué (36) e Murray (50). Deve-se notar que esses dados estão de acordo com as observações de Wessel (69).

QUADRO 9 - Nível crítico de nutrientes em folhas de cacau

NUTRIENTES %	LOUÉ			MURRAY		
	Normal	Moderada mente de ficiente	Severa- mente de ficiente	Normal	Baixo	Defici- ente
N	2,35-2,50	1,80-2,00	< 1,80	> 2,00	1,80-2,00	< 1,80
P	> 0,18	0,10-0,13	0,08-0,10	> 0,20	0,13-0,20	< 0,13
K	> 1,20	1,00-1,20	< 1,00	> 2,00	1,20-2,00	< 1,20
Ca	-	-	-	> 0,40	0,30-0,40	< 0,30
Mg	-	-	-	> 0,45	0,20-0,45	< 0,20

No entanto, devido aos múltiplos fatores que interferem nos resultados da análise foliar do cacaueiro, a sua aplicação como método para recomendação de fertilizantes apresenta ainda inúmeras limitações. Isso tem restringido o uso dessa técnica a estudos relacionados com a nutrição mineral da planta.

VI. SISTEMA DE ADUBAÇÃO

As plantas requerem uma nutrição balanceada de elementos essenciais, cujo equilíbrio deve estar intimamente relacionado com os demais fatores do crescimento vegetal. É comum conceituar-se a fertilidade do solo como a capacidade de fornecer nutrientes em quantidades e proporções adequadas ao desenvolvimento e reprodução da planta.

Entretanto, essa definição não considera as propriedades físicas e biológicas do solo, sendo inconcebível admitir-se que um solo apresente fertilidade alta se existem dificuldades para o armazenamento e circulação do ar e da água. Desse modo, torna-se preferível conceituar o solo fértil como aquele em que o potencial genético da planta encontra condições para se realizar plenamente.

Acredita-se que a redução das colheitas em regiões tropicais se deve, principalmente, à deficiência ou desbalance de nutrientes essenciais, pois, em geral, o solo apresenta propriedades físicas e biológicas satisfatórias. Nesse caso, a aplicação de fertilizantes constitui a prática agronômica necessária para a correção desses substratos.

Convém lembrar que a adubação consiste na adição de nutrientes essenciais que se encontram em níveis inadequados no solo, com a finalidade de garantir o crescimento normal da planta e a obtenção de rendimentos economicamente compensadores.

A - Brasil

O sistema de adubação do cacauzeiro utiliza os resultados da análise química do solo e os níveis críticos de P, K, Ca+Mg e Al estabelecidos em experimentos conduzidos em casa de vegetação e no campo (19). O Quadro 10 sumaria as indicações para a aplicação de fertilizantes e corretivos no Brasil. Deve-se notar que o nitrogênio é sempre aplicado em quantidade constante e que a fórmula fertilizante e a necessidade de calagem variam em função do nível de P, K, Al e Ca+Mg do solo.

Os princípios gerais que fundamentam a fertilização do cacauzeiro nes se país são:

- i) Aplicação de 10 a 20% do rendimento bruto esperado por hectare para garantir uma relação benefício/custo favorável ao agricultor;
- ii) Escolha criteriosa de áreas, associando-se a adubação com outros tratamentos culturais, notadamente os de caráter fitossanitário;
- iii) Fracionamento da adubação básica NPK em função da idade da plantação, aplicando-se 1/3 da dosagem no ano de plantio, 2/3 no segundo ano e a quantidade total a partir do terceiro ano. A incorporação de fertilizantes é efetuada em círculo, ao redor do cacaueiro, de 0,5m de raio no primeiro ano, 1,0m de raio no segundo ano e 1,5m do terceiro ao quinto ano. Do sexto ano em diante os fertilizantes e corretivos são aplicados na área compreendida entre quatro cacauzeiros, ou seja 9m².

B - Costa do Marfim

O sistema I.F.C.C., utilizado na Costa do Marfim, se baseia no método do diagnóstico do solo, que consiste no estabelecimento de equilíbrio en

Quadro 10: Nível crítico de nutrientes no solo e indicações para a aplicação de fertilizantes e corretivos na cultura de cacau no Brasil⁺

ELEMENTO	NÍVEL CRÍTICO	CRITÉRIOS PARA ADUBAÇÃO E CALAGEM				FÓRMULAS FERTILIZANTES %	DOSAGEM DE NUTRIENTES ⁺⁺ kg/ha				CALAGEM ton/ha
		P	K	Ca+Mg	Al		Fór- mula	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
P (ppm)	baixo	≤ 5	baixo	-	-	A(11-30-17)	300	60	90	60	
	médio	6-15	baixo	-	-	B(13-35-10)	255	60	90	30	
	alto	>15									
K (me/100g)	baixo	≤ 0,12	médio	baixo	-	C(12-19-24)	235	60	45	60	
	médio	0,13-0,30	médio	médio	-	D(16-24-15)	185	60	45	30	
	alto	> 0,30									
Ca+Mg (me/100g)	baixo	≤ 3	-	-	baixo						nihil 1,5 x Al
	médio/alto	> 3	-	-	baixo						
Al (me/100g)	baixo	≤ 0,5	-	-	médio/alto						nihil (Al-0,5(Al+Ca+Mg))x1,5
	médio/alto	> 0,5	-	-	médio/alto						

+ Quando o nível crítico de P e K no solo é alcançado pela adição de fertilizantes, recomenda-se aplicar uma dosagem de adubos fosfatados e potássicos equivalentes à quantidade extraída pelas colheitas.

++ A adubação básica deve ser realizada no período de setembro a março. O nitrogênio é normalmente fracionado em duas aplicações, sendo a primeira efetuada com a adubação básica e a segunda seis meses após.

tre diversos parâmetros químicos (34).

O método utiliza os dados de análise química do solo para obtenção dos equilíbrios $N/P = 1,5$ e $K - Ca - Mg = 8 - 68 - 24\%$ da porcentagem de saturação de bases do solo. Os cálculos são ajustados nesta base para definir a necessidade de fertilizantes. A relação N/P expressa o quociente entre os valores totais de N e P. O cálculo da necessidade de adubos é feito a partir da diferença entre o valor dessas relações, no solo em questão, e os valores adequados estabelecidos pela teoria.

A necessidade de nutrientes, em kg/ha de óxidos correspondentes aos elementos K, Ca e Mg, é então calculada pela fórmula:

$$1. \quad y = \frac{10.000m^2}{ha} \times 0,2m \times 1.400 \text{ kg}/m^3 \times \frac{\Delta \text{ meq}}{0,1 \text{ (kg)}} \times \frac{F}{1.000.000} \times f$$

ou sumariando:

$$2. \quad y = 28 \times \Delta \text{ meq} \times F_{mg} \times f$$

onde:

y = kg de óxidos/ha;

Δ = diferença entre o equilíbrio nas condições naturais do solo e o equilíbrio ótimo estabelecido pela teoria;

F = mg de óxido equivalente a 1 meq do elemento em questão;

f = fator de correção das perdas de nutrientes do solo por lixiviação, extração de nutrientes pelas colheitas e fixação. Valores determinados empiricamente.

$10.000m^2$ = área correspondente a 1 ha;

$0,2m$ = profundidade, em metros, das amostras do solo;

$1.400kg/m^3$ = densidade aparente do solo;

Valores de F:

$$K = 47,1$$

$$Ca = 28,1$$

$$Mg = 20,2$$

Valores de f:

$$P = 0,4$$

$$K = 2,5$$

$$Ca = 1,0$$

$$Mg = 1,0$$

Para o caso do fósforo a fórmula 1 toma a forma de:

$$3. y = 10.000m^2 \times 0,2m \times 1.400kg/m^2 \times \frac{\Delta \text{ mg}}{1.000} \times f$$

ou sumariando:

$$4. y = 2.800 \times \Delta \text{ mg} \times f$$

EXEMPLO NUMÉRICO: Considerando os valores apresentados a seguir.

EQUILÍBRIO	N	P	N/P	K	Ca	Mg	S	T	pH
Natural	1,166	0,553	2,2	0,104	1,080	0,45	1,634	4,23	4,52
%	-	-	-	<u>6,0</u>	<u>66,0</u>	<u>28,0</u>	<u>39,0</u>	-	-
Ótimo	1,166	0,780	1,5	0,200	1,702	0,600	2,502	-	5,00
%	-	-	-	<u>8,0</u>	<u>68,0</u>	<u>24,0</u>	<u>60,0</u>	-	-
Diferença	-	0,247	-	0,096	0,622	0,150	-	-	-

Necessidade de óxidos (kg/ha)

$$P_2O_5 \rightarrow Y = 2.800 \times 0,247 \times 0,04 = 277 \text{ kg}$$

$$K_2O \rightarrow Y = 28 \times 0,096 \times 47,1 \times 2,5 = 318 \text{ kg}$$

$$MgO \rightarrow Y = 28 \times 0,150 \times 20,2 \times 1 = 85 \text{ kg}$$

$$CaO \rightarrow Y = 28 \times 0,622 \times 28,1 \times 1 = \underline{489 \text{ kg}}$$

$$\text{Total de óxidos} \dots\dots\dots 1.169 \text{ kg}$$

Transformação em fertilizantes (kg/ha)

P	(fosfato bicálcio) 38% P ₂ O ₅	$\frac{100 \times 277}{38} =$	729 kg (40%)
K ₂ O	(sulfato potássio) 50% K ₂ O	$\frac{100 \times 318}{50} =$	636 kg (35%)
Ca+Mg	(calcário dolomítico) 18,5% MgO, 24,7% CaO	$\frac{100 \times 489}{24,7} =$	459 kg (18%)
Total			1.824 kg/ha

Estudos sobre economia da adubação demonstraram que a dosagem máxima econômica para o cacaueiro, na Costa do Marfim, situa-se em torno de 933 kg/ha de fertilizantes ou 700 g/planta. Dessa forma, torna-se necessário fracionar a adubação calculada acima em aproximadamente 3 anos.

Deve-se salientar, ademais, que em solos onde a relação N/P é inferior a 1,5, o fósforo deve ser aplicado para elevar o teor de P₂O₅ assimilável do solo para 0,4% (ácido cítrico 2%).

C - Gana

Em Gana, a aplicação de fertilizantes ainda está restrita ao nível experimental, sendo os melhores resultados obtidos para o fósforo e o potássio (3,4). Em geral, a adubação tem sido economicamente compensada apenas em plantações com produtividade superior a 560 kg/ha de amêndoas secas de cacau. A dosagem empregada é de 84 kg/ha N, 67-134 kg/ha de P₂O₅ e 84-224 kg/ha de K₂O, sendo a quantidade de P e K dependente da idade e do grau de sombreamento da plantação (3).

D - Nigéria

Na Nigéria, a exemplo de Gana, o esforço para aumentar a produtividade do cacaueiro ao nível do agricultor tem sido orientado para a utilização de tratamentos culturais ao invés da adubação. Experimentos realizados em plantações adultas de cacau têm demonstrado que a adubação apresenta

uma relação benefício/custo favorável quando a produtividade inicial é superior a 672 kg/ha.

O Quadro 11 apresenta as recomendações preliminares de adubação para esse país de acordo com Wessel (71). Observa-se que a aplicação de fertilizantes varia em função do tipo de plantação, se tecnicamente formada ou não, e do solo usado. A recomendação da adubação é feita com base na análise do solo e de tecidos do cacaueteiro.

QUADRO 11: Recomendações preliminares para adubação do cacaueteiro na Nigéria. Adaptado de Wessel (71)

FASE DA PLANTAÇÃO	TIPO DE SOLO		ESTADO NUTRICIONAL DA PLANTAÇÃO		DOSAGEM DE FERTILIZANTES (kg/ha)	ÉPOCA DE APLICAÇÃO	OBSERVAÇÕES
	DERRUBADA RECENTE	EXPLORADOS COM CACAU OU CULT. ANUAIS	SOLO	FOLHA ***			
1. Desenvolvimento *							
Plantio	10g N/planta	10g N + 10g P ₂ O ₅ /planta	-	-	-	1/2 julho + 1/2 set.	Aplicação em coroa iniciando a 15 cm. do cacaueteiro.
1º ao 3º ano	20-30g N/planta	20-30g N + 20-30g P ₂ O ₅ /planta	-	-	-	1/2 abril + 1/2 agosto	
4º e 5º ano	50-67kg N	34kg P ₂ O ₅ /ha	-	-	-	1/2 abril + 1/2 agosto	Aplicação à lanço
6º ano em diante	67-100kg N	50kg P ₂ O ₅ /ha	-	-	-	1/2 abril + 1/2 agosto	Aplicação anual para manutenção da produção de cacau.
2. Produção **							
Deficiência extrema de nitrogênio	-	-	-	% N < 1,8 ou 1,8 < % N < 2,00 e N/P < 9	134kg/ha N	1/2 abril + 1/2 agosto	Aplicação anual em cobertura.
Deficiência moderada de N	-	-	-	1,8 < % N < 2,00 e N/P > 9	68-100kg/ha de N	1/2 abril + 1/2 agosto	Aplicação anual em cobertura.
Suficiente em N	-	-	-	% N > 2,00	-	-	-
Deficiência de P	-	-	P disponível < 10 ppm	% P (mat.seca) < 20 % P mat.fresca < 0,07	50-67kg/ha P ₂ O ₅	1/2 abril + 1/2 agosto	Aplicação anual em cobertura
Suficiente em P	-	-	P disponível > 12 ppm	% P mat.seca > 20 % P mat.fresca > 0,07	-	-	-

* Plantações jovens estabelecidas de acordo com métodos de plantio

** Plantações existentes de cacaueteiros amelonados

*** Folhas de 5-10 semanas de idade, coletadas em abril/maio.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHENKORAH, Y, Recent results of fertilizer experiments on shaded cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Ghana. In International Cocoa Research Conference, 3.rd, Accra, Ghana, 23-29, 1969. Tafo, Ghana, Cocoa Research Institute, 1971. pp. 65-78.
2. _____, AKROFI, G.S. e ADRI, A.K. The end of the first cocoa shade and manurial experiment at the Cocoa Research Institute of Ghana. *Journal of Horticultural Science*, 49:43-51. 1974.
3. _____. Amazon Cocoa (*Theobroma cacao* L.) shade and manurial experiment (K2-01) at Cocoa Research Institute of Ghana. III. Cumulative yield analysis. In: V International Cocoa Research Conference, Ibadan, Nigeria, 1975. *Proceedings*, Cocoa Research Institute of Nigeria, Ibadan, Nigeria, 1977. pp. 201-301.
4. _____, HALM, B.J. e AKROFI, G.S. Techniques and methods used for the identification of suitable soils for growing cacao in Ghana. Preprint of the First International Workshop on Cacao Soils, Itabuna, Bahia, Brasil, 24-30, outubro, 1977. 15 p.
5. ALVIM, P.T. Como conhecer os sinais de "fome" do cacau para adubá-lo satisfatoriamente. Itabuna, Bahia, Brasil, CEPLAC, *Cacau Atualidades*, 1(6): 6-7. 1964.
6. _____. Cacao, In: Kozlowsky, T.T. e ALVIM, P.T. (ed.). *Ecophysiology of tropical crops*. New York, Academic Press, 1977. pp. 279-313.
7. ASSOMANING, E.J.A. e LOCKARD, R.G. Effect of nitrate and urea on the leaf symptoms of phosphorus, potassium, calcium and magnesium deficiency. Cocoa Research Institute of Ghana, *Annual Report* 1962/63, 1964. pp. 75-76.
8. BECKETT, W.H. Results of cacao manurial trials. *Bulletin of the Department of Agriculture, Gold Coast* (22):99-111. 1929.

9. BURRIDGE, J.C. LOCKARD, R.G. e ACQUAYE, D.K. The levels of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in the leaves of cacao, as affected by shade, fertilizer irrigation and season. *Annals of Botany*, 28:401-417. 1964.
10. CABALA, F.P. et al. Deficiências minerais e efeitos da adubação na região cacaueira da Bahia. In: Conferência Internacional de Pesquisas em Cacao, 2a., Salvador e Itabuna, Bahia, Novembro, 19-26, 1967. Memórias, Ilhéus, CEPLAC, 1969. pp. 436-442.
11. _____, MIRANDA, E.R., SANTANA, M.B.M e SANTANA, C.J.L. Exigências nutricionais e fertilização do cacaueiro. Itabuna, CEPLAC, Boletim Técnico nº 30, 1975. 59 pp.
12. CABALA, F.P., SANTANA, C.J.L. e MIRANDA, E.R. Respuesta del cacaotero al abonamiento en el sur de Bahia, Brasil. Itabuna, CEPLAC, Boletim Técnico nº 43, 1976. 24 p.
13. CUNNINGHAM, R.K. A review of the use of shade and fertilizer in the culture of cocoa. West African Cocoa Research Institute, Technical Bulletin nº 6. 1959. 15 p.
14. _____ e ARNOLD, P.W. The shade and fertilizer requirements of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Ghana. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 13:213-221. 1962.
15. _____ e LAMB, J. A cocoa shade and manurial experiment at the West African Cocoa Research Institute, Ghana. I First Year. *Journal of Horticultural Science*, 34:14-22. 1959.
16. DIENDEROCK, F.J.E. Van. The manuring of coffe, cocoa, tea and tobacco. Geneve, Center d'Etude de L'Azote, 1959. 205 p.
17. EERNSTMAN, T. Chemical analysis of leaves and other organs of *Theo*broma cacao L. as a means of diagnosing fertilizer requirements. A critical analysis of literature. *Literatuuroverzicht nr. 34. Cen*tum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie. Wageningen 1968. 27 p.

18. EPSTEIN, E. Nutrição Mineral das Plantas, Princípios e Perspectivas. Tradução e notas de Malavolta, E. Universidade de São Paulo, Rio de Janeiro, 1975. 341 p.
19. EQUIPE DE FERTILIDADE DE SOLOS DO CEPEC. Normas para a utilização de Fertilizantes e Corretivos na Região Cacaueira da Bahia. Itabuna, CEPLAC, 1978. 74 p.
20. EVANS, M. e MURRAY, D.B. A shade and fertilizer experiments on young cacao. In: Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, Report on Cacao Research, 1945/51. 1953. pp. 67-76.
21. EZETA, F.N. e SANTANA, M.B.M. Efeito do alumínio sobre a absorção e concentração de nutrientes em plântulas de cacau. Revista Theobroma, 1979. No prelo.
22. FENNAH, R.G. Nitrogen partition in the normal cacao leaf. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, Sixth Annual Report on Cacao Research, 1953. 1954. pp. 45-52
23. GEUS, J.G. Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Zurich, Centre d'Etude de L'Azote, 1967. 727 p.
24. HARDY, F. Manurial experiments on cacao in Trinidad 1933-36. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, Sixth Annual Report on Cacao Research, 1937. pp. 24-34.
25. _____. Manurial experiments on cacao in Trinidad. Summary of results in 1939. Ninth Report on Cacao Research, Trinidad, 1940. pp. 26-33.
26. _____. Manual de Cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 439p.
27. HAVORD, G. The nutrition and shade requirements of cacao. Turrialba, 9(4):138-148. 1959.
28. _____. Detailed soil and land capability surveys for Cocoa. Report of the Cocoa Conference, September. 1957. pp. 272-279.

29. HARVORD, G., MALIPHANT, C.K. e COPE, F.W. Manurial and cultural experiments on cacao. Part. IV. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, Report on Cacao Research, 1954. 1955. pp.80-87.
30. HOMÉS, M.V. L'alimentation minérale du cacoyer. Institute d'Etude Scientifique, Série Scientifique, 58, Bruxelles. 1958. 42 p.
31. HUMPHRIES, E.C. Growth rate and mineral intake by the pod. Leaf flush and mineral intake by the root. Eighth Report on Cacao Research, Trinidad. 1939. pp. 26-33.
32. _____. Studies in the physiology of *Theobroma cacao* L with special reference to cherelle wilt. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, Ninth Annual Report on Cacao Research, 1939. 1960. pp. 43-51.
33. HURD, R.G. Uptake of radioactive phosphate by cacao. West African Cocoa Research Institute, Annual Report, 1959/60. 1961. pp.58-60.
34. JADIN, P. Study of the mineral fertilization of cacao trees on the Ivory Coast from a "soil diagnosis". Café, Cacao, The, XVI (3): 204-218. 1972.
35. KANAPATHY, K. Guide to fertilizer use in peninsular Malaysia. Ministry of Agriculture and Rural Development. Malaysia, Kuala Lumpur, 1976. 160 p.
36. LOUÉ, A. Etude des carences e des deficiences minérales sur le caoyer. Institut Français du Cafe et du Cacao, Bulletin I, 1961. 52 p.
37. McDONALD, J.A. An environmental study on the cacao tree. In: Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, Annual Report on Cacao Research, 1:29-38. 1932.
38. _____. Chemical composition of the leaves of cacao in relation to environmental growth conditions and with special reference to thrips attack. Second Annual Report on Cacao Research, 1932. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, 1933. 50 p.

39. MACHICADO, M.R. e BOYNTON, D. Effect of three nitrogen sources and two light intensities on nitrogen constituents of cacao leaves of three different ages. Proceedings Eighth Interamerican Cacao Conference, Trinidad and Tobago, 1960. pp. 345-54.
40. MAINSTONE, B.J. e THONG, K.C. Fertilizer response over 6 years from planting of monocrop cocoa on a Bungor series soils. Preprint from the International Conference on Cocoa and Coconuts, Malaysia, Kuala Lumpur, 1978. 20 p.
41. MARTINS, D.V. Variação sazonal de alguns elementos minerais na seiva xilemática do cacaueiro. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Biologia. UFBA. 1976. 78 p.
42. MASKELL, E.J., EVANS, H. e MURRAY, D.B. The symptoms of nutritional deficiencies in cacao produced in sand and water cultures. Imperial College of Tropical Agriculture, Report on Cacao Research 1945/57. 1953. pp. 53-64.
43. 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.
44. MORAIS, F.I. Efeitos da aplicação de cálcio e magnésio no crescimento e produção do cacaueiro. Revista Theobroma, 1979. No prelo.
45. _____, SANTANA, C.J.L. e CHEPOTE, R.E. A fertilização do cacaueiro no Brasil. 12 anos de pesquisas. Itabuna, CEPLAC, Boletim Técnico nº 55. 1977. 45 p.
46. _____. Respostas do cacaueiro à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio na região cacaueira da Bahia. Revista Theobroma, 8(1):31-41. 1978.
47. _____ e SANTANA, M.B.M. Efeitos da aplicação de calcário e fósforo no crescimento do cacaueiro em casa de vegetação. Revista Theobroma, 8(2):73-85. 1978.

48. MORENO, G.R. e BARROS, N.O. Observaciones preliminares sobre la res puesta del cacao (*Theobroma cacao* L.) a la aplicación de N, P y K, en suelos del Valle del Cauca, Colombia. Revista ICA (3(3): 209-216. 1968.
49. MURRAY, D.B. A shade and fertilizer experiment with cacao. Progress Report. Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad, Re- port on Cacao Research, 1952. 1953. pp. 11-20.
50. _____. Leaf analysis applied to cocoa. Cocoa Growers' Bulletin 9. 1967. 31 p.
51. OMOTOSO, T.I. Preliminary results of an NPK fertilizer trial on F₃ Amazon Cocoa in Western Nigeria. In V International Cocoa Re- search Conference, Ibadan, Nigeria, 1975. Proceedings, Cocoa Research Institute of Nigeria, Ibadan, Nigeria, 1977. pp. 316-322.
52. POUND, F.J. e De VERTEUIL, J. Results of manurial experiments on cacao at Marper. Tropical Agriculture, 13(9):233-241. 1936.
53. _____. Manurial experiments on cacao in Tri- nidad Tobago. Department of Agriculture Trinidad & Tobago, 1940. 110 p.
54. SANCHEZ, P.A. Soil acidity and liming. In Sanchez, P.A. Properties and management of soils in the tropics. New York, Willey and Sons, 1976. pp. 223-253.
55. SANTANA, C.J.L., MORAIS, F.I. e CHEPOTE, R.E. Efeitos da adubação e escarificação do solo no desenvolvimento e produção do cacaueiro. Revista Theobroma, 7(3):85-91. 1977.
56. SANTANA, M.B.M., CABALA, F.P. e MIRANDA, E.R. Toxidez do alumínio em plântulas de cacau. Revista Theobroma, 3(4):11-21. 1973.
57. _____ e IGUE, K. Análise Foliar do Cacaueiro. Revista Theobroma. 1979. No prelo.
58. SILVA, L.F. et al. Características dos principais solos de cacau da Bahia. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 2a.,

Salvador e Itabuna, Bahia, 19-26 novembro 1967. Memórias. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, 1969. pp. 412-416.

59. SILVA, L.F. e CARVALHO FILHO, R. Classes de solos para cacau na Bahia, Brasil. Revista Theobroma, 1(2):34-54. 1971.
60. _____ et al. Solos e aptidão agrícola. Ilhêus, CEPLAC/IICA, 1976 (Diagnóstico Socioeconômico da Região Cacaueira v. 2).
61. SMITH, J.A. La selección de suelos para el cultivo del cacao. FAO, Boletín sobre Suelos, 5. 1967. 77 p.
62. SMITH, R.W. e AKROFI, G.S. The use of fertilizers at planting time. West African Cocoa Research Institute, Annual Report 1961/62. pp. 71-72.
63. THONG, K.C. e NG, W.L. Growth and nutriente composition of monocrop cocoa plants on inland Malaysia soils. Preprint from the International Conference on Cocoa & Coconuts, Malaysia, Kuala Lumpur, 1978. 25 p.
64. THYE, K.K., SOON, C.P. e CHEW, E. Fertilizer responses of cacao on coastal soils. Preprint from the International Conference on Cocoa and Coconuts, Malaysia, Kuala Lumpur, 1978. 15 p.
65. URQUHART, D.H. Cacao. Tradução do inglês por Juvenal Valério, Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1963, 322 p.
66. WESSEL, M. A review of the use of fertilizers on cacao in Western Nigeria. Cocoa Research Institute of Nigeria, Annual Report 1965/66. 1967. pp. 14-19.
67. _____. Effect of light in mineral composition of Cacao leaves, Cocoa Research Institute of Nigeria, Annual Report 1965/66. 1967. pp. 15-18.
68. WESSEL, M. Mineral deficiency experiment with amelonado seedlings. Cocoa Research Institute of Nigeria, Annual Report 1966/77. 1968. pp. 99-100.

69. WESSEL, M. Monthly variations in the mineral content of Cacao leaves. Cocoa Research Institute of Nigeria, Annual Report 1967/68. 1969. pp. 35-37.
70. _____. Effects of fertilizers on growth of young cacao. Tropical Agriculture, Trinidad, 47(1):63-66. 1970.
71. _____. Fertilizer requirements of cacao (*Theobroma cacao* L.) in South Western Nigeria. Koninklijk Instituut Voor de Tropen. 1971. 104 p.
72. ZEVALLOS, A.C. e ALVIM, P.T. Influencia del árbol de sombra *Erythrina glauca* sobre algunos factores edafologicos relacionados com la producción del cacaotero. Turrialba, 17(3):330-336. 1967.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA

C E P L A C

CONSELHO DELIBERATIVO

Presidente

Ângelo Amaury Stabile – 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

Renan Rodrigues Bálleiro

Governo do Estado do Espírito Santo

Emir Macedo Gomes

Banco Central do Brasil

Hiran Pradel de Azambuja

Produtores de Cacau

Onaldo Xavier de Oliveira

SECRETARIA GERAL

Secretário Geral

José Haroldo Castro Vieira

Secretário Geral Adjunto

Emo Ruy de Miranda

Diretor Científico

Paulo de Tarso Alvim

COORDENADORIA REGIONAL

Coordenador Regional

Fernando Vello

Chefe do Departamento Administrativo

Lício de Almeida Fontes

Chefe do Centro de Pesquisas do Cacau

João Manuel Abreu

Chefe do Departamento de Extensão

Antonio Manoel Freire de Carvalho

Chefe do Departamento de Apoio ao Desenvolvimento

Ivan da Costa Pinto Gramacho

Chefe do Departamento de Educação

João Luiz de Souza Calmon

PROGRAMA ESPECIAL DA AMAZÔNIA

Chefe do Departamento Especial da Amazônia

Frederico Monteiro Álvares Afonso

Editor

Jorge Octavio Alves Moreno

