

DEFINIÇÃO DA ÉPOCA DE AMOSTRAGEM E DA IDADE DA FOLHA PARA DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DO CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) NA AMAZÔNIA CENTRAL

Neízia Nunes Figueiredo¹

Manoel da Silva Cravo²

Jeferson Luis Vasconcelos de Macêdo³

Resumo

Dentre as fruteiras regionais, o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é a espécie perene mais freqüente nos sistemas agroflorestais nas propriedades rurais. É uma fruteira que apresenta um grande potencial de exploração, principalmente pela diversidade de utilização e pelas qualidades organolépticas do seu fruto. Contudo, as pesquisas inerentes aos aspectos nutricionais dessa espécie na região são escassas. Trabalhos relacionados com avaliação do estado nutricional de fruteiras tropicais, dentre elas o cupuaçuzeiro, ainda são muito raros, o que dificulta a diagnose nutricional para orientação da adubação dessas culturas. Devido a isso, o presente trabalho teve como objetivo definir qual a melhor época para amostragem foliar e a idade da folha para fins de avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro em um sistema agroflorestal, submetido a diferentes níveis de adubação. O estudo foi realizado em um sistema agroflorestal composto por cupuaçu, seringueira, pupunha para produção de palmito e mamão, sendo este último cultivado nas entrelinhas dos cultivos perenes, durante os dois primeiros anos de implantação do sistema. Os tratamentos de adubação influenciaram nos teores de nutrientes na planta, indicando que a melhor época para amostragem da planta para diagnose do estado nutricional é antes do período de adubação e, preferencialmente, no final da safra que ocorre entre os meses de março a abril de cada ano. Os valores médios nas concentrações dos nutrientes encontrados nas folhas intermediárias, bem como as menores variações nas concentrações dos nutrientes no tecido, em função da época de amostragem, sugerem que esta seja a folha mais indicada para a diagnose do estado nutricional do cupuaçuzeiro.

Abstract

Among the regional fruits, the cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) is the more frequent perennial species in the agroforestry systems. It is a fruit tree that presents a great exploitation potential, mainly

¹ Eng. Agrônoma. Mestre em Ciências Agrárias.

² Eng. Agrônomo DSc. Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus – AM, E-mail: cravo@cpaa.embrapa.br

³ Eng. Agrônomo MSc. Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus – AM E-mail: jmacedo@cpaa.embrapa.br

because of its diversity of use and by the qualities of its fruit. Research related to the evaluation of nutritional status of tropical fruit trees, among them the cupuaçu, still rare, what difficult the nutritional diagnosis for fertilizer orientation of those crops. Thus, this work had as objective: define which is the best time for leaf sampling and the age of the leaf for evaluation of the nutritional status of the cupuaçu in an agroforestry system, submitted to different fertilizer levels. The study was accomplished in an agroforestry system composed by cupuaçu, rubber tree, peach palm for heart of palm production, and papaya. The last one was cultivated in the interlineation of perennial crops, during the first two years after the implantation of the system. The fertilizer treatments influenced the plant nutrients content, indicating that the best time for leaves sampling for diagnosis of the nutritional status is before the fertilization period and, preferentially, at the end of the harvest that occur in the month of March and April. The mean values of nutrients concentration found in the intermediary leaves, as well as the smallest variations in the tissue nutrient concentrations, as a function of sampling time, suggest that this is the leaf more indicated for the diagnosis of the nutritional status of cupuaçu tree.

Palavras-Chaves

Amazônia, Cupuaçu, *Theobroma grandiflorum*, Avaliação do Estado Nutricional, Amostragem Foliar, Época de Amostragem Foliar, Sistemas Agroflorestais.

Keywords

Amazon, Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), Evaluation of the Nutritional Status, Leaf Sampling, Leaf Sampling Time, Agroforestry Systems.

Introdução

Na Amazônia, existe uma grande variedade de espécies frutíferas com potencial para uso em sistemas agroflorestais. Dentre as fruteiras regionais, o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) apresenta-se como uma das espécies perenes mais importantes e mais freqüentes nos sistemas agroflorestais, apresentando um grande potencial de exploração econômica, principalmente pela diversidade de utilização e pelas qualidades organolépticas do seu fruto (CALZAVARA et al., 1984).

Embora de alta importância socioeconômica para região, as pesquisas realizadas sobre exigências nutricionais do cupuaçuzeiro, que possam apoiar futuros programas de adubação, ainda são raras. Sobre esse aspecto, a análise foliar tem sido utilizada como um valioso método auxiliar no diagnóstico do estado nutricional de diversas culturas, tais como: cana, citros, dendê, seringueira, entre outras. A diagnose foliar

de plantas frutíferas vem sendo usada para detectar respostas das plantas aos vários tipos de manejo, o que permite interpretar, de maneira mais eficiente, as relações entre nutrientes no solo e na planta (MALAVOLTA et al. 1997).

As folhas são consideradas o centro das atividades fisiológicas e onde se processa, com maior intensidade, a fotossíntese sendo o fator fundamental para a utilização da análise foliar como critério de diagnóstico, partindo-se do princípio de que existe relação entre o suprimento de nutrientes e seus teores na planta, em que os aumentos ou decréscimos nas suas concentrações relacionam-se com a produção (EVENHUIS; WAARD, 1980). A grande vantagem da diagnose foliar está no fato de se considerar a própria planta como o extrator dos nutrientes do solo e, assim, permitir uma avaliação direta de seu estado nutricional. Deste modo, podem-se avaliar as concentrações e as relações entre os nutrientes como uma forma indireta de avaliação da fertilidade do solo (BEAUFILIS, 1957; MALAVOLTA, 1980).

Para que a análise de tecido vegetal possa ser útil no diagnóstico do estado nutricional das plantas, Oliveira et al. (1991) consideram de muita importância que seja tomada a parte correta da planta, no tempo certo e a idade do órgão que melhor represente esse estado nutricional. Assim, esses mesmos autores comentam que a fase de amostragem é das mais críticas para aumentar a probabilidade de sucesso no uso da diagnose foliar como instrumento de pesquisa.

Por outro lado, para outros autores (TRANI et al. 1983; MALAVOLTA et al. 1997; SANTANA; IGUE, 1979), alguns pontos relevantes devem ser considerados quando da amostragem foliar, tais como: a) idade da folha e da árvore; b) posição da folha na planta; c) variação sazonal da produção; d) posição da folha no ramo; e) exposição solar; f) presença ou ausência de frutos nos ramos; e g) época de amostragem.

Com a expansão da cultura do cupuaçuzeiro na região e com a seleção de plantas mais produtivas, a nutrição adequada é fundamental para manter um crescimento vigoroso e elevada produtividade, uma vez que colheitas sucessivas, sem qualquer reposição de nutrientes poderão exaurir o solo, a níveis de empobrecimento prejudicial (CRAVO; SOUZA, 1996). Segundo os autores, no caso do cupuaçu, a maioria dos plantios na Amazônia está em solos pouco férteis e a adubação, quando realizada, é feita de forma empírica, devido à falta de informações que orientem essa prática de manejo. Devido a isso, os objetivos deste trabalho foram definir a melhor época de amostragem e a idade da folha para diagnose do estado nutricional do cupuaçuzeiro em um sistema agroflorestal submetido a diferentes níveis de adubação.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado na área do Projeto SHIFT (Studies of Human Impact in Forest and Floodplains in the Tropics), no período de outubro de 1997 a agosto de 1998, na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental – localizada no km 29 da rodovia AM-010, entre as coordenadas 2° 51' S de latitude e 59° 52' W de longitude – em um sistema agroflorestal (dos nove que compõem o Projeto ENV-45 do Programa SHIFT em Manaus), composto das seguintes espécies: Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum, Seringueira (*Hevea brasiliensis*) Muell. Arg. e Pupunheira (*Bactris gasipaes*) Kunth. Nos dois primeiros anos após a implantação do sistema, foi cultivado o mamão (*Carica papaya*) L. nas entrelinhas dos cultivos perenes. Em 1995, após a retirada do mamão, estabeleceu-se a puerária (*Pueraria phaseoloides*) como planta de cobertura do solo, no experimento como um todo, uma vez que anteriormente só existia nas entrelinhas da seringueira. As plantas de cupuaçu no início do experimento estavam no final do quarto ano de idade e terminando a primeira produção de frutos.

O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo álico muito argiloso, (RODRIGUES et al.1972) ácido, com baixa capacidade de troca de cátions, alta saturação de alumínio, baixa fertilidade natural e com teor de argila de 80% no horizonte superficial (BUENO, 1997). O clima da área de estudo é do tipo *Ami* pela classificação de Köppen, caracterizado como quente e úmido. A precipitação média anual é de 2.500 mm e a temperatura média anual é de 25 °C com variação em torno de 5 °C (EMBRAPA, 1998).

Na área experimental, foram selecionados os três blocos mais homogêneos (A, B e C), cada qual com 4 parcelas, aleatoriamente posicionadas dentro desses blocos. Cada parcela possui uma área de 48 m x 32 m (0,1536 ha) e cada bloco possui uma área de 2,76 ha. No início da fase experimental as plantas foram submetidas a dois níveis de adubação: 100% e 30% da dose sugerida pela Embrapa para cada espécie, como sendo a necessária para o bom desenvolvimento e produção das mesmas, combinados com a inoculação ou não de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. A dose 100% recomendada pela Embrapa para o cupuaçuzeiro é uma adaptação da adubação utilizada para a cultura do cacau (Bueno, 1997). No período de 1997 a 1998, para este trabalho, foram testados os seguintes tratamentos para o cupuaçuzeiro, cujas quantidades dos fertilizantes utilizados encontram-se no quadro 1:

- a) **100%** - Adubação sugerida pela Embrapa para cupuaçu (adaptada do cacau);
- b) **30%** - 30% da adubação do item “a”;
- c) **30% - N** - A mesma adubação de “b”, com ausência do adubo nitrogenado;
- d) **100% + P** - Adubação do item “a”, com adicional de 50% na dose de fósforo.

No quadro 1, são apresentadas as quantidades dos fertilizantes utilizados nas adubações das plantas de cupuaçu, no período de 1997 a 1998.

Quadro 1. Quantidade de fertilizantes utilizados por tratamento, para a cultura de cupuaçu, na adubação do sistema agroflorestal no período de 1997 a 1998.

Tratamento	Dosagem (g/planta/ano) 1997			
	Sulfato de amônio*	Superfosfato triplo*	Cloreto de potássio*	FTE BR 12*
30% - N	-	105	75	15
30%	135	105	75	15
100%**	450	350	250	50
100 % + P	450	525	250	50
Dosagem (g/planta/ano) 1998				
30% - N	-	105	75	15
30%	135	105	75	15
100%**	450	350	250	50
100 % + P	450	525	250	50

Fonte: Figueiredo, 1999.

* Adubações parceladas em duas aplicações: 1ª em maio e a 2ª em dezembro de cada ano.

** Dose recomendada pela Embrapa para cupuaçuzeiro.

A metodologia utilizada para amostragem foliar do cupuaçu, foi adaptada de Santana e Igue (1979), para avaliar a composição química das folhas do cacauzeiro, em função da idade e da época do ano. Cada parcela era composta por duas linhas de cupuaçu, com 5 plantas por linha, perfazendo um total de 10 plantas por parcela. Foram avaliadas quatro plantas por parcela (duas plantas centrais de cada linha), num total de 48 plantas em todo o experimento. Dessas plantas foram selecionadas folhas de diferentes idades: folhas novas, folhas intermediárias e folhas velhas. Como **folha nova** foi considerada a 3ª folha, a partir do ápice do ramo; como **folha intermediária** foi considerada a 6ª folha, a partir do ápice do ramo; e, como **folha velha**, a 9ª folha, a partir do ápice do ramo (FIG.1).

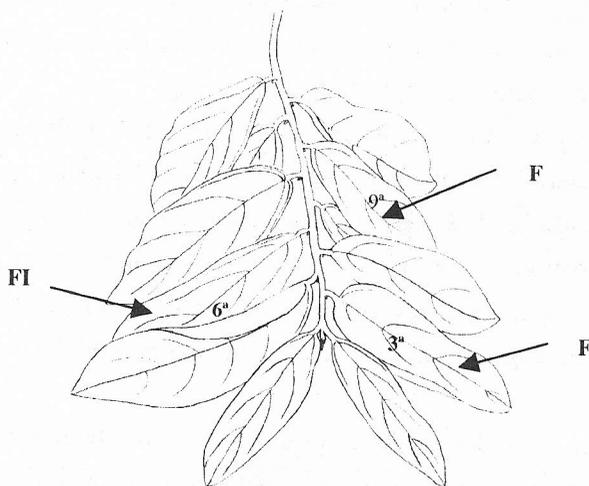


Figura 1. Desenho esquemático de um ramo de cupuaçuzeiro mostrando as posições onde foram coletadas as folhas para análise química. FN = Folha Nova; FI = Folha Intermediária e FV = Folha Velha.

De cada planta coletaram-se oito folhas de cada idade, sendo dois pares de folhas opostas nos quadrantes **Norte, Sul, Leste e Oeste**, na região mediana da planta, perfazendo um total de 32 folhas de cada idade, por tratamento.

As amostragens de planta, para análise química, foram realizadas durante um ciclo completo de produção do cupuaçuzeiro, ou seja, do início da floração, em outubro de 1997, até o pico da renovação foliar, em agosto de 1998, após o final da colheita. As épocas de amostragem foram definidas em função do manejo do cultivo, estações climáticas e da fenologia da planta, conforme descrito a seguir:

<p><u>1ª amostragem (outubro de 1997):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Início do período chuvoso; -Início do período de floração; e -Um mês antes da 1ª adubação das plantas. 	<p><u>4ª amostragem (abril de 1998):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Final do período chuvoso; -Final da produção; e -Um mês antes da 2ª adubação das plantas.
<p><u>2ª amostragem (dezembro de 1997):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Início do período chuvoso; -Início do período de frutificação; e -Um mês após a 1ª adubação das plantas. 	<p><u>5ª amostragem (junho de 1998):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Início do período seco; -Senescência e início da renovação foliar; e -Um mês após a 2ª adubação das plantas.
<p><u>3ª amostragem (fevereiro de 1998):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Período chuvoso; -Pico de produção; e -Três meses após a 1ª adubação das plantas. 	<p><u>6ª amostragem (agosto de 1998):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Pico do período seco; -Pico da renovação foliar; e -Três meses após a 2ª adubação das plantas.

Após cada coleta, as folhas devidamente identificadas, foram transportadas para o laboratório, onde se realizou uma limpeza, em ambos os lados do limbo, com algodão umedecido em água destilada. Após a limpeza, as amostras foram embaladas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa de ventilação forçada, a 65°C, até atingirem peso constante. Após a secagem, as amostras foram moídas e acondicionadas em sacos plásticos para análise de N, P, K, Ca e Mg.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Análise de Solo e Planta da Embrapa Amazônia Ocidental. O nitrogênio foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, após digestão com ácido sulfúrico concentrado. Para análise de P, K, Ca e Mg foi feita a digestão nitro-perclórica das amostras. O fósforo foi determinado pelo método colorimétrico com vanado-molibdato de amônio; o potássio por fotometria de chama; o cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica. Todas as análises foram realizadas conforme metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Para análise estatística dos dados de análise química do tecido vegetal, foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com 3 repetições, no esquema de parcelas sub-subdivididas, no espaço e no tempo (STEEL; TORRIE, 1993). Os níveis de adubação representaram as parcelas; a posição das

folhas no ramo constituiu as subparcelas e a época de amostragem, sem aleatorização, correspondeu à sub-subparcela.

Tanto a análise de variância, quanto os testes de comparação de médias, foram realizados utilizando-se os métodos descritos no Statistical Analysis System (SAS, 1989).

Resultados e Discussão

Concentração de Nutrientes no Tecido Vegetal

Nitrogênio

Observa-se que não houve diferença significativa nas concentrações de nitrogênio nas folhas novas, intermediárias e velhas, em função dos tratamentos de adubação. Os dados sugerem que em todos os tratamentos havia quantidade de N suficiente para a nutrição das plantas de cupuaçu (QUADRO 2).

Quadro 2. Concentração de nitrogênio em folhas de cupuaçu, em função de níveis de adubação e da época de amostragem foliar.

Idade da Folha	Época de amostragem	Nível de adubação				Média de época
		100% + P	100%	30%	30% - N	
		g kg^{-1}				
Nova	1	18,91 ab	18,03 ab	17,66 a	18,44 ab	18,26
	2	16,96 b	16,39 b	16,29 a	16,54 b	16,55
	3	18,36 ab	17,18 b	18,01 a	17,83 ab	17,85
	4	18,27 ab	16,38 b	17,36 a	16,72 b	17,18
	5	16,75 b	17,22 b	18,50 a	16,69 b	17,29
	6	19,72 a	20,41 a	19,19 a	19,62 a	19,74
Média		18,16 A	17,60 A	17,83 A	17,64 A	17,81 b
Intermediária	1	18,02 a	17,34 a	18,28 a	17,94 ab	17,90
	2	17,21 a	17,48 a	16,57 a	16,62 b	16,97
	3	19,08 a	17,31 a	18,64 a	18,52 ab	18,39
	4	19,01 a	17,51 a	17,75 a	17,21 ab	17,87
	5	19,27 a	18,00 a	18,21 a	19,44 ab	18,73
	6	19,24 a	19,99 a	19,25 a	19,97 a	19,13
Média		18,64 A	17,97 A	18,12 A	18,28 A	18,25 a
Velha	1	16,99 a	16,78 ab	17,38 a	16,21 a	16,84
	2	16,93 a	17,33 ab	17,34 a	17,24 a	17,21
	3	17,92 a	17,86 ab	18,04 a	18,49 a	18,08
	4	17,99 a	17,57 ab	18,01 a	17,37 a	17,69
	5	18,01 a	16,24 b	18,33 a	16,63 a	17,30
	6	19,62 a	19,21 a	18,90 a	19,47 a	19,30
Média		17,87 A	17,53 A	17,99 A	17,57 A	17,74 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É importante observar que mesmo no tratamento 30% - N, onde não foi aplicado nitrogênio, a absorção permaneceu alta como nos demais tratamentos que receberam adubação nitrogenada. Deve ser ressaltado, entretanto, que nas entrelinhas de cupuaçu, em anos anteriores, foram plantadas outras culturas, como o mamão, que recebeu adubação, tanto orgânica como mineral. Por outro lado, as parcelas de cupuaçu, durante todo o trabalho, permaneceram recobertas com puerária. Desta forma, até mesmo no tratamento sem N (30% - N), é possível que as plantas tenham absorvido o nitrogênio, ou do resíduo da adubação da cultura consorciada ou do aportado pela puerária. Essa hipótese encontra respaldo nos dados obtidos por Schroth et al. (1998), que observaram haver altos teores de N no solo, em tratamentos em que a puerária estava presente como cobertura.

Os teores de N nas folhas novas, nos tratamentos 100% + P, 100% e 30% - N, mostraram diferença significativa, em função da época de amostragem. No tratamento 100% + P o teor de N na sexta época foi maior que na segunda e na quinta épocas; no tratamento 100%, na sexta época o teor de N foi maior que na segunda, terceira, quarta e quinta épocas e, no tratamento 30% - N, o maior teor de nitrogênio foi encontrado na sexta época quando comparado com a segunda, quarta e quinta épocas.

Nas folhas intermediárias só foi observada diferença significativa, para época de amostragem, no tratamento 30% - N, com o teor da sexta época sobressaindo-se em relação ao da segunda época. Já para folhas velhas, somente no tratamento 100%, na sexta época, os teores de N foram superiores ao da quinta época. Deve ser ressaltado que na sexta época de amostragem as plantas haviam terminado sua fase de produção, receberam adubação e iniciavam a renovação foliar o que, provavelmente, contribuiu para a maior concentração de N no tecido foliar de todas as idades. O efeito da adubação no aumento da concentração de nutrientes no tecido foliar é amplamente registrado na literatura (MALAVOLTA et al.1997).

Comparando os teores de N, em função das idades das folhas, observa-se que as maiores concentrações de N foram obtidas nas folhas intermediárias e as mais baixas, nas folhas velhas, (QUADRO 2). Kampfer e Uexkull (1966), estudando adubação de citros, verificaram que quando inicia o desenvolvimento vegetativo, os teores dos diversos nutrientes, dentre eles o N, tendem a diminuir nas folhas mais velhas, devido à translocação para os tecidos mais jovens. Essa, provavelmente, foi a razão de haverem sido observadas concentrações mais baixas nas folhas velhas, com as folhas intermediárias apresentando-se como a principal reserva da planta.

Sobre esse mesmo aspecto, Santana e Igue (1979), estudando a composição química de folhas de cacauzeiro também verificaram que a concentração de N tendia a diminuir à medida que aumentava a idade da folha. Conforme esses autores, a diminuição do N nas folhas, em função da idade, é devida à grande mobilidade desse elemento das folhas mais velhas para as mais novas, que representam o principal dreno, na época de renovação foliar.

As concentrações de N encontradas neste trabalho estão de acordo com as observadas por Alfaia et al. (1996), em levantamento do estado nutricional de cupuaçuzeiro, em diversos sistemas agroflorestais na Amazônia, mas estão abaixo das encontradas por Salvador et al. (1994) em plantas de cupuaçu cultivados em solução nutritiva completa e por Malavolta (1980) em folhas de cacau.

Considerando-se que as folhas intermediárias foram as que exibiram as maiores concentrações de N, representando a principal reserva da planta, como também foram as que mostraram menores variações nos teores de N, nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada, em função das épocas de amostragem, sugere-se que esta deva ser a folha mais indicada para o diagnóstico nutricional de N para o cupuaçuzeiro.

Fósforo

Nota-se, nas folhas novas, que o tratamento que proporcionou maior absorção de fósforo foi o de adubação 30%, não diferindo estatisticamente dos valores observados nos tratamentos 100% + P e 100%. Os menores valores de absorção foram observados no tratamento 30% - N (QUADRO 3).

Para as folhas intermediárias, os maiores valores de absorção de P foram observados nos tratamentos 100% + P e 100% e o menor, também no tratamento de 30% - N. Para as folhas velhas não se constataram diferenças significativas entre os tratamentos de adubação.

Os menores valores de P observados em folhas novas e intermediárias, no tratamento de 30% - N, parecem estar relacionados com a menor quantidade de raízes normalmente encontradas em solos com baixos teores de N (HAAG, 1997), o que proporciona menor absorção de P, cujo processo predominante é o de difusão (MENGEL; KIRKBY, 1987). Nesse processo, o fósforo, que tem baixíssima mobilidade no solo, move-se a distâncias muito curtas e em locais onde existam poucas raízes, como pode ter sido o caso do tratamento de 30% - N, onde a absorção foi prejudicada.

Observa-se nos dados do quadro 3, que os teores de P diminuíram com a idade das folhas. Esse fato pode estar relacionado com a grande mobilidade desse elemento na planta (MENGEL; KIRKBY, 1987; MALAVOLTA et al. 1997), onde os teores armazenados nas folhas mais velhas são translocados, em um fluxo contínuo, para os tecidos mais jovens (SANTANA; IGUE, 1979).

Quanto à época de amostragem, as maiores variações foram verificadas nos tratamentos 100% + P e 30% - N, para as folhas novas; 30% - N, para as folhas intermediárias e 100% para as folhas velhas. Nas folhas velhas e intermediárias ocorreram as menores variações nas concentrações de P no tecido foliar, em função da época de amostragem. Desta forma, qualquer uma dessas folhas poderia ser amostrada para avaliação dos teores de P, para fins de diagnose do estado nutricional do cupuaçu.

Quadro 3. Concentração de fósforo em folhas de cupuaçu, em função de níveis de adubação e da época de amostragem foliar.

Idade da Folha	Época de amostragem	Nível de adubação				Média de época
		100% + P	100%	30%	30% - N	
		g kg^{-1}				
Nova	1	1,40 ab	1,37 a	1,41 a	1,34 a	1,38
	2	1,49 a	1,17 a	1,34 a	1,20 ab	1,30
	3	1,02 ab	0,97 a	1,16 a	1,02 ab	1,04
	4	1,06 ab	1,10 a	1,07 a	0,94 b	1,04
	5	1,06 ab	1,10 a	1,03 a	1,08 ab	1,07
	6	0,94 b	1,07 a	1,19 a	0,97 b	1,04
Média		1,16 AB	1,13 AB	1,20 A0	1,09 B	1,15 a
Intermediária	1	1,33 a	1,09 a	1,29 a	1,19 a	1,23
	2	1,00 a	0,88 a	1,03 a	0,83 b	0,94
	3	0,98 a	0,90 a	0,92 a	1,00 ab	0,95
	4	1,35 a	1,05 a	1,17 a	0,98 ab	1,14
	5	0,97 a	0,92 a	0,87 a	0,95 ab	0,93
	6	1,18 a	1,01 a	1,11 a	0,88 b	1,05
Média		1,13 A	0,98 BC	1,07 AB	0,97 C	1,04 b
Velha	1	1,01 a	1,05 a	1,04 a	0,95 a	1,01
	2	0,87 a	0,75 b	0,72 a	0,68 a	0,76
	3	0,93 a	0,82 b	0,86 a	0,93 a	0,89
	4	1,14 a	1,05 a	0,94 a	0,93 a	1,02
	5	0,89 a	0,82 b	0,81 a	0,87 a	0,85
	6	0,92 a	0,84 b	0,95 a	0,81 a	0,88
Média		0,96 A	0,88 A	0,88 A	0,86 A	0,90 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As concentrações de P observadas neste trabalho estão de acordo com os valores obtidos por Alfaia et al. (1996), em folhas de cupuaçuzeiro, em levantamento do estado nutricional dessa cultura, realizado em sistemas agroflorestais na Amazônia, porém, mais baixos do que os observados por Salvador et al. (1994), em plantas de cupuaçu, cultivadas em solução nutritiva completa e, por Malavolta (1980), em folhas de cacauzeiro.

Malavolta et al. (1997) consideram 1,5 a 1,8 g kg^{-1} como o nível adequado de P no tecido foliar para citros e 1,6 a 2,3 g kg^{-1} de P para a cultura da seringueira, valores esses mais elevados do que os observados, neste estudo, para o cupuaçuzeiro.

Potássio

Os dados relativos à concentração de potássio no tecido vegetal de folhas novas, intermediárias e velhas, em função dos tratamentos de adubação e época de amostragem encontram-se no quadro 4.

Quadro 4. Concentração de potássio (g kg^{-1}) em folhas de cupuaçu, em função de níveis de adubação e da época de amostragem foliar. Média de quatro repetições.

Idade da Folha	Época de amostragem	Nível de adubação				Média de época
		100% + P	100%	30%	30% - N	
		g kg^{-1}				
Nova	1	8,25 ab	7,98 a	6,70 a	6,05 a	7,25
	2	10,82 a	7,70 a	7,52 a	6,05 a	8,02
	3	5,41 b	4,77 a	4,40 b	5,04 a	4,91
	4	5,04 b	6,12 a	3,78 b	4,14 a	4,77
	5	6,03 ab	5,22 a	3,60 b	4,86 a	4,93
	6	5,49 b	6,57 a	4,95 b	4,86 a	5,47
Média		6,84 A	6,39 A	5,16 B	5,16 B	5,89 a
Intermediária	1	7,88 a	5,41 a	5,50 a	5,32 a	6,03
	2	5,59 a	3,67 b	4,40 a	3,39 a	4,26
	3	4,40 a	3,94 b	3,12 a	5,41 a	4,22
	4	6,84 a	4,68 ab	3,51 a	4,68 a	4,93
	5	5,22 a	4,68 ab	3,06 a	4,41 a	4,34
	6	6,39 a	5,58 a	6,68 a	4,05 a	5,68
Média		6,05 A	4,66 B	4,39 B	4,54 B	4,91 b
Velha	1	5,04 a	5,04 a	3,94 a	4,68 a	4,68
	2	4,95 a	3,21 a	2,29 a	2,75 a	3,30
	3	3,58 a	3,58 a	3,67 a	5,05 a	3,97
	4	6,39 a	4,77 a	2,88 a	4,23 a	4,57
	5	5,04 a	4,59 a	2,97 a	3,42 a	4,01
	6	4,05 a	4,14 a	3,15 a	3,60 a	3,74
Média		4,84 A	4,22 A	3,15 B	3,95 AB	4,04 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As menores concentrações de potássio foram encontradas nos tratamentos de 30% e 30% - N, para todas as idades das folhas (QUADRO 4). As plantas absorvem esse nutriente, em quantidades mais elevadas do que as necessárias à sua nutrição, fato esse conhecido como “consumo de luxo”

(MALAVOLTA, 1980). Daí a razão das concentrações serem mais elevadas nos tratamentos com doses mais elevadas de nutrientes, inclusive o potássio.

Tal como observado para o fósforo, as concentrações de potássio diminuíram em função da idade da folha amostrada, concordando com os dados obtidos por Santana e Igue (1979), em folhas de cacau. Esses autores verificaram que esse fenômeno é mais pronunciado em ramos que apresentam lançamentos novos, quando ocorre à translocação do K das folhas velhas para as mais novas. Por outro lado, Burridge et al. (1964), constataram que a concentração de K nas folhas diminuiu gradativamente no período de frutificação, atingindo um mínimo nas folhas mais velhas, durante o pico de produção das culturas. Neste estudo, verificou-se que as concentrações, no tratamento 100% + P, diminuíram nos meses de fevereiro e abril (3^a e 4^a épocas), coincidindo com o pico de produção de frutos o que está de acordo com as observações dos autores acima mencionados.

Com relação à época de amostragem, houve pouca variação dentro dos tratamentos, nas folhas novas e intermediárias. Não foram observadas diferenças significativas nas folhas velhas, provavelmente devido a translocação que ocorre destas folhas para as mais jovens, nivelando as concentrações nas folhas velhas. As concentrações de K observadas neste estudo são semelhantes às encontradas por Alfaia et al. (1996), em cupuaçuzeiros estabelecidos em sistemas agroflorestais na Amazônia, porém são mais baixas do que os observados por Salvador et al. (1994), e muito inferior às observadas por Malavolta et al. (1997), em folhas de cacauzeiro. Alfaia et al. (1996) consideram que os valores encontrados nos plantios na Amazônia estão dentro da faixa normal, mas tendo em vista que o potássio é o nutriente mais exportado por frutos de cupuaçu (SILVA; SILVA, 1996; SOUZA; CRAVO, 1996), essas concentrações de K, podem limitar a produção, caso não seja seguido um programa anual de adubação, que permita atingir concentrações foliares de K semelhantes às obtidas por Salvador et al. (1994).

Por outro lado, Alvim e Grangier Jr. (1966) e Thong e Ng (1980), observaram que, dentre os nutrientes, o potássio é o elemento que apresenta, normalmente, as maiores concentrações nos tecidos do cacauzeiro, o que não ocorreu neste estudo, onde as maiores concentrações foram para o nitrogênio. Thong e Ng (1980), também observaram que, tanto na fase de viveiro quanto na de campo, a folha do cacauzeiro é o órgão mais importante da planta em termos de armazenamento de potássio. Na fase de produção, no entanto, o potássio é acumulado, predominantemente, no caule e nos ramos, representando em torno de 39% do total dos nutrientes absorvidos por toda a planta (THONG; NG, 1978). Com base nos resultados obtidos e nos dados da literatura, sugere-se que, para diagnose de K, a folha mais indicada para amostragem seja a intermediária que é a fisiologicamente madura.

Cálcio

Observa-se que não houve diferença significativa entre tratamentos de adubação, para as três idades de folhas (QUADRO 5). As concentrações encontradas nas folhas novas são, praticamente, da

mesma ordem de grandeza das encontradas nas folhas intermediária e assemelhou-se às relatadas por Salvador et al. (1994), em plântulas de cupuaçu cultivado em solução nutritiva completa. Já nas folhas velhas, as concentrações encontradas representam cerca de um terço da obtida por esse autor no mencionado trabalho. Esse aumento dos teores de Ca, em função da idade das folhas, denota a baixa mobilidade desse elemento na planta, conforme mencionam Marschner (1986) e Mengel e Kirkby (1987), resultando em maiores concentrações nas folhas mais velhas.

Observa-se, também (QUADRO 5), que somente nas folhas intermediárias não foram constatadas diferenças significativas, entre épocas de amostragem, sendo essas folhas as mais indicadas para a diagnose de cálcio.

Quadro 5. Concentração de cálcio (g kg^{-1}) em folhas de cupuaçu, em função de níveis de adubação e da época de amostragem foliar. Média de quatro repetições.

Idade da Folha	Época de amostragem	Nível de adubação				Média de época
		100% + P	100%	30%	30% - N	
		g kg^{-1}				
Nova	1	2,89 bc	3,48 a	3,51 ab	2,64 b	3,13
	2	2,35 c	2,81 a	2,49 b	2,80 b	2,61
	3	4,53 abc	5,53 a	4,35 ab	5,34 b	4,94
	4	4,93 ab	5,44 a	5,46 a	5,54 a	5,34
	5	5,20 a	5,65 a	5,70 a	5,29 ab	5,46
	6	3,95 abc	3,67 a	4,28 ab	4,11 b	4,00
Média		3,97 A	4,43 A	4,30 A	4,29 A	4,25 c
Intermediária	1	3,81 a	4,72 a	3,53 a	3,62 a	3,92
	2	3,95 a	4,64 a	3,29 a	3,95 a	3,96
	3	5,19 a	6,07 a	4,94 a	4,60 a	5,20
	4	3,54 a	5,40 a	4,86 a	5,47 a	4,82
	5	5,89 a	6,76 a	6,18 a	5,49 a	6,08
	6	4,94 a	4,57 a	5,09 a	4,88 a	4,87
Média		4,55 A	5,36 A	4,65 A	4,66 A	4,81 b
Velha	1	5,13 ab	6,74 a	4,55 a	5,85 a	5,57
	2	3,07 b	5,41 a	4,81 a	4,31 a	4,40
	3	6,20 a	6,60 a	5,51 a	4,60 a	5,73
	4	5,61 a	5,16 a	5,49 a	5,26 a	5,38
	5	6,39 a	6,84 a	7,02 a	5,82 a	6,25
	6	5,07 ab	5,41 a	5,96 a	5,29 a	5,43
Média		5,25 A	6,03 A	5,56 A	5,19 A	5,57 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas condições em que foi realizado o experimento, os dados sugerem que o cálcio e o magnésio no solo (QUADRO 6) estavam em níveis inadequados para atender às exigências da cultura, conforme

mencionado por Figueiredo (1999), mesmo tendo sido feita uma aplicação de calcário dolomítico, um ano antes da realização deste trabalho.

Quadro 6. Teores de nutrientes no solo, em função dos níveis de adubação aplicados em plantas de cupuaçu.

Nutriente	Nível de adubação			
	100% + P	100%	30%	30% - N
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	1,82 A	1,70 AB	1,73 AB	1,62 B
Fósforo (mg dm ⁻³)	14,90 A	10,50 A	8,00 A	8,00 A
Potássio (mg dm ⁻³)	29,40 A	26,50 AB	23,40 B	21,60 B
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	0,58 A	0,42 AB	0,26 BC	0,11 C
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	0,47 A	0,35 AB	0,21 BC	0,10 C

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quadro 7. Concentração de magnésio (g kg⁻¹) em folhas de cupuaçu, em função de níveis de adubação e da época de amostragem foliar. Média de quatro repetições.

Idade da folha	Época de Amostragem	Nível de adubação				Média de época
		100% + P	100%	30%	30% - N	
				G kg ⁻¹		
Nova	1	2,23 a	2,54 a	2,31 ab	2,14 a	2,31
	2	2,12 a	1,87 a	1,95 b	1,17 a	1,78
	3	2,21 a	2,35 a	2,52 ab	1,93 a	2,25
	4	1,76 a	2,06 a	2,26 ab	1,94 a	2,01
	5	2,58 a	2,36 a	3,08 a	1,81 a	2,46
	6	1,80 a	2,06 a	2,52 ab	1,20 a	1,90
Média		2,12 BC	2,21 AB	2,44 A	1,70 C	2,12 b
Intermediária	1	2,43 a	2,63 a	2,40 a	2,51 a	2,49
	2	2,20 ab	2,42 a	2,54 a	1,80 a	2,24
	3	2,75 a	2,45 a	2,99 a	1,88 a	2,52
	4	1,40 b	1,97 a	2,45 a	1,56 a	1,85
	5	2,50 ab	2,57 a	3,24 a	1,67 a	2,50
	6	2,08 ab	2,00 a	2,69 a	1,38 a	2,04
Média		2,23 B	2,34 B	2,72 A	1,80 C	2,27 ab
Velha	1	2,53 a	2,76 a	2,60 a	2,22 a	2,53
	2	2,06 a	2,44 a	2,92 a	1,76 a	2,30
	3	2,71 a	2,53 a	2,85 a	2,08 a	2,54
	4	1,77 a	2,22 a	2,54 a	1,54 a	2,02
	5	2,79 a	2,38 a	3,46 a	1,66 a	2,57
	6	1,89 a	2,38 a	2,84 a	1,41 a	2,13
Média		2,29 B	2,45 B	2,87 A	1,78 C	2,35 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Portanto, há necessidade de uma reaplicação de calcário nessa área experimental para elevar os níveis desses elementos no solo e, conseqüentemente, melhorar a nutrição das plantas nesses nutrientes.

Os valores absolutos das concentrações encontradas nos três tipos de folhas são muito semelhantes, evidenciando a mobilidade desse elemento na planta (MENGEL; KIRKBY, 1987). Essas concentrações também assemelharam-se às obtidas por Salvador et al. (1994), em folhas novas e velhas de plântulas de cupuaçu, cultivadas em solução nutritiva.

Quanto à época de amostragem foliar, houve diferença significativa somente no tratamento 30%, nas folhas novas e no tratamento 100% + P, nas folhas intermediárias. Devido não ter havido diferença significativa no tratamento 100%, pode ser utilizada folha de qualquer idade para a diagnose do magnésio.

Conclusão

Nas condições em que se realizou este ensaio, foi possível se chegar às seguintes conclusões:

As concentrações de nutrientes no tecido foliar variaram, em função da idade das folhas: para o P e o K, as maiores concentrações foram encontradas nas folhas novas, estando relacionado com a alta mobilidade desses elementos na planta. Para o N, as maiores concentrações foram encontradas nas folhas intermediárias. Para o Ca e o Mg, as maiores concentrações ocorreram nas folhas velhas, o que demonstra a baixa mobilidade desses nutrientes na planta;

Nas folhas intermediárias, foram encontrados os valores médios da concentração dos nutrientes e, também, foi onde ocorreram as menores variações nas concentrações dos nutrientes no tecido, em função da época de amostragem, sugerindo que esta seja a folha mais indicada para a diagnose do estado nutricional do cupuaçuzeiro;

As mais altas concentrações de nutrientes no tecido foliar foram encontradas em amostras coletadas logo após a adubação e, as menores concentrações, nas coletadas no final da safra. Isto sugere que a amostragem foliar do cupuaçu, para fins de diagnose nutricional, deve ser feita antes da adubação e, preferencialmente, no final da safra que normalmente situa-se entre os meses de maio a junho de cada ano.

Referências Bibliográficas

ALFAIA, S. S.; GOMES, J. B. M.; CHAVES, J. E.; VAN LEUWEEN, J.; SIVIERO, A. Levantamento nutricional de plantas de cupuaçu em sistemas agroflorestais na Amazônia. IN: REUNIÃO BRASILEIRA

DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 6., Águas de Lindóia, 1996. Solo/Suelo 96: *Anais...* São Paulo: SBCS/SLCS, 1996. 1 CD-ROM

ALVIM, P. T.; GRANGIER JUNIOR. Estudos sobre el analisis de crecimiento de plântulas de cacao de diferentes orígenes genético. *Cacao*, Costa Rica, v. 11, n. 2, p. 1-3, 1966.

BEAUFILS, E. R. Pesquisa de uma exploração racional de *hévea* após um diagnóstico fisiológico demorado sobre análise mineral de diversas partes da planta. *Fertilité*, Paris, v. 3, p. 27 - 38, 1957.

BUENO, N. Solos e nutrição de plantas. In: GASPAROTTO, L; SCHROTH, G. *Recuperação de áreas degradadas e abandonadas através de sistemas de policultivo*. Manaus: Embrapa/CPAA – Universidade de Hamburgo, 1997. p. 94-96. (Relatório Projeto SHIFT ENV/23)

BURRIDGE, J. C.; LOCKARD, R. G.; ACQUAYE, D. K. The levels of nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium in the leaves of cacao, (*Theobroma cacao*)L. as affected by shade, fertilizer, irrigation and season. *Annals of Botany*, v. 28, n. 111, p. 401- 417, 1964.

CALZAVARA, B. B. G.; MÜLLER, C. H.; KAHWAGE, O. N. C. *O cupuaçuzeiro: cultivo, beneficiamento e utilização do fruto*. Belém: Embrapa/CPATU, 1984. 101 p. (Documento 32).

CRAVO, M. S.; SOUZA, A. G. C. Exportação de nutrientes por frutos de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1996. *Resumos expandidos*. Manaus: [s.n.], 1996. p. 632 - 633.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de pesquisa agroflorestal da Amazônia Ocidental. *Boletim agrometeorológico*, Manaus, 23 p., 1997.

_____. Serviço Nacional de levantamento de conservação de solos. *Métodos de análises de solos, planta e calcário*. 1998. 29 p. [mimeo.]

EVENHUIS, B; WARD, P. W. F. Principles and practices in plant analysis. *Soils Bulletin*, v. 38, n. 1, p. 152 - 163, 1980.

FIGUEIREDO, N. N. *Avaliação nutricional do cupuaçuzeiro (Theobroma grandiflorum) em um sistema agroflorestal com diferentes níveis de adubação*. 1999. 69 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Amazonas, Manaus.

HAAG, D. *Root distribution patterns in a polycultural system with local tree crops on an acid upland soil in central Amazônia*. 1997. 88 p. Thesis (masters) – University of Bayreuth, Bayreuth, Germany.

KAMPFER, M.; UEXKULL, H. R. *Nuevos conocimientos sobre la fertilización de cítricos*. Hannover: Verlags Gesellschaf fur Ackerbon, 1966. 104 p. (Boletim Verde, 1)

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do Estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POATAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986. 674 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E. Araújo, J. D.; LOURENÇOS, S. *Métodos de pesquisas em fertilidade do solo*. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. 392 p.

REVISTA da UA. Série: Ciências agrárias, v. 9, n. 1-2, p. 67 - 83, jan./dez. 2000.

RODRIGUES, T. E.; REIS, R. S.; MORIKAWA, I. K.; FALESI, I. C.; SILVA, B. N. R. *Levantamento detalhado dos solos do IPEAAOc*. Manaus: [s. n.], 1972. 63 p. (Boletim Técnico, 1)

SALVADOR, J.; MURAOKA, T.; ROSSETO, R.; RIBEIRO, G. A. Sintomas de deficiência nutricional em cupuaçizeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. *Scientia Agrícola*, v. 51, n. 3, p. 407 - 414, 1994.

SANTANA, M. B. M.; IGUE, K. Composição química das folhas do cacauzeiro em função da idade e da época do ano. *Revista Theobroma*, v. 9 n. 2, p. 63 - 76, 1979.

SCHROTH, G; SALAZAR, E.; SILVA JUNIOR, J. P.; SEIXAS, R.; MACÊDO, J. L. V. Spatial and temporal patterns of N availability and N mineralization under tree crops and a cover in a multi-strata agroforestry system of central Amazonia. In: GASPAROTTO, L.; SCHROTH, G. *Recuperação de áreas degradadas e abandonadas através de sistemas de policultivo*. Manaus: EMBRAPA/CPAA – Universidade de Hamburgo, 1998. p. 58-85. (Relatório 1998 – Projeto SHIFT ENV/23).

SILVA, A. Q.; SILVA, H. Teores de nutrientes em cupuaçu (*Teobroma grandiflorum*). Nota técnica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1996. p. 269 - 272.

SOUZA, A. G. C.; CRAVO, M. S. Teores de nutrientes em frutos de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. *Resumos Expandidos...* Manaus: [s. n.], 1996. p. 634 - 635.

STATISTICAL Analysis System. SAS/STAT User' Guide. Fourth Edition. North Caroline: SAS Institute Inc., 846 p. v. 2.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2. ed. México: MacGraw-Hill, 1993. 613 p.

TRANI, P. E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C. *Análise foliar amostragem e interpretações*. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18 p.

THONG, K. C.; NG, W. L. Growth and nutrients composition of monocrop cocoa plants on inland Malaysian soil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COVOA AND COCONUTS, 3., 1978, Kuala Lumpur. *Proceedings...* Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters, 1978. p. 262-286.