



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL E SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE
CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*)**

MARTINHA MOURA LIMA

BELÉM-PARÁ
2002



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL E SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE
CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*)**

MARTINHA MOURA LIMA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de **Mestre**.

Eng. Agr. Dr. Dilson Augusto Capucho Frazão
Orientador

BELÉM-PARÁ

2002

Lima, Martinha Moura.

Crescimento, composição mineral e sintomas de deficiência de macronutrientes em plantas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) / Martinha Moura Lima. – Belém: [s.n.], 2002.

77 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2002.

1. Cupuaçu. 2. Nutrição. 3. Macronutrientes. 4. Sintomas de deficiência. I. Título.

CDD 582.0413



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL E SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE
CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*)**

MARTINHA MOURA LIMA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de **Mestre**.

Aprovada em: 27 de dezembro 2002

Bancada Examinadora:

Eng. Agr. Dr. Dilson Augusto Capucho Frazão
Orientador
Embrapa Amazônia Oriental

Eng. Agr. Dr^a Luíza Hitomi Igarashi Nakayama
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira

Eng. Agr. Dr. Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição
Embrapa Amazônia Oriental

Eng. Agr. Dr. George Rodrigues da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA

DEDICO

A **DEUS**, oniparente, aos meus familiares em especial aos meus pais Fernando Ferreira Lima e Joana Moura Lima (in memorian), que me deixaram um legado, ensinando-me com exemplos a dignidade e a lealdade em toda as circunstâncias que a vida oferece. Aos meus irmãos e irmãs que me são o aprendizado constante de vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. Agr. Dr. **Dilson Augusto Capucho Frazão**, pelo apoio e, sobretudo pela orientação, por ocasião da execução deste trabalho.

À **Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA**, pela oportunidade da realização deste curso.

À **Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior – CAPES**, pela concessão de bolsa de estudo.

À minha leal amiga, **Adelícia Fernandes da Silva**, pela sua colaboração em todas as etapas deste trabalho.

Ao Eng. Agr. Prof. Dr. **Ismael de Jesus Matos Viégas**, pela colaboração durante o período de estágio e desenvolvimento deste trabalho.

Ao **Convênio de Cooperação Técnica Embrapa Amazônia Oriental/Japan International Cooperation Agency-JICA**, pelo financiamento desta pesquisa.

Aos professores Dr. **George Rodrigues da Silva** e Dra. **Janice Guedes de Carvalho**, pela colaboração prestada.

A **Chefia da Embrapa Amazônia Oriental**, por permitir a realização das análises químicas no Laboratório de Solo e Planta, da instituição.

Ao pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental **Waldemar de Almeida Ferreira** pelo apoio e apreço e em particular aos laboratoristas **João Sérgio de Almeida da Silva** e **Eraldo Ferreira Rodrigues**, pela ajuda e colaboração prestada durante o período das análises de laboratório.

A minha colega engenheira agrônoma **Magnalda Maria Fernandes Batista** pela amizade conquistada e colaboração prestada no decorrer do trabalho.

À Bibliotecária **Célia Maria Lopes Pereira** e a Técnica de Nível Superior **Maria de Nazaré Magalhães Santos**, pela colaboração na revisão deste trabalho.

Aos funcionários da Embrapa Amazônia Oriental, **Raimundo Cunha**, **Maximiano Figueiredo da Silva** e **Emanuel Ubiratan de Lima**, **Antônio Carafunim Ferreira** e **Gilvan da Rocha Moura** pela convivência e colaboração durante o desenvolvimento do trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram positivamente na realização do trabalho.

A conquista da roda inicialmente mudou a fase do planeta. A fundição dos metais, a eletricidade e suas inúmeras aplicações alteraram completamente o mundo terrestre, que deixou de ser conforme se apresentava para ressurgir com aspecto totalmente novo. Os desafios do micro e macrocosmo, que estão sendo vencidos, alteram, com os recursos avançados da ciência e da tecnologia, a cultura, a civilização e a vida nas suas diversas expressões.

O homem tem necessidade de enfrentar desafios. São eles que o impulsionam ao crescimento, ao desenvolvimento de suas aptidões e potencialidades, sem o que permaneceria sem objetivo, relegando-o ao letargo, à negação da própria mecânica da vida que se expressa como evolução.

JOANA DE ÂNGELIS

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESPÉCIE ESTUDADA.....	15
2.1.1. Características botânicas.....	15
2.1.2. Condições climáticas e edáficas para o cupuaçuzeiro.....	16
2.1.3. Importância econômica.....	17
2.2. NUTRIENTE NA PLANTA.....	19
2.2.1. Nitrogênio.....	19
2.2.2. Fósforo.....	21
2.2.3. Potássio.....	23
2.2.4. Cálcio.....	25
2.2.5. Magnésio.....	27
2.2.6. Enxofre.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1. LOCAL, SEMEADURA E TRANSPLANTE.....	30
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS.....	30
3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E VARIÁVEIS AVALIADAS.....	31
3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1. SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES NAS PLANTAS DE CUPUAÇUZEIRO.....	33
4.1.1. Nitrogênio.....	33
4.1.2. Fósforo.....	36
4.1.3. Potássio.....	37

4.1.4. Cálcio	39
4.1.5. Magnésio	41
4.1.6. Enxofre	43
4.2. EFEITOS DAS OMISSÕES DOS MACRONUTRIENTES SOBRE A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA.....	45
4.3. TEORES DE NUTRIENTES.....	49
4.3.1. Nitrogênio	49
4.3.2. Fósforo	52
4.3.3. Potássio	55
4.3.4. Cálcio	58
4.3.5. Magnésio	61
4.3.6. Enxofre	63
5. CONCLUSÕES	67
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTAS DE TABELAS

	p.
Tabela 1. Composição química da solução nutritiva (ml) de Hoagland e Arnon (1950) modificada por Jacobson (1951), utilizada no experimento (Solução Estoque).....	31
Tabela 2. Produção de matéria seca (g/planta) das diferentes partes da planta de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	46
Tabela 3. Teores de nitrogênio (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	50
Tabela 4. Teores de fósforo (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule +ramos e raízes de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	54
Tabela 5. Teores de potássio (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule +ramos e raízes de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	56
Tabela 6. Teores de cálcio (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule +ramos e raízes de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	60
Tabela 7. Teores de magnésio (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule +ramos e raízes de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	61
Tabela 8. Teores de enxofre (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule +ramos e raízes de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) em função dos tratamentos.....	64
Tabela 9. Interação entre os teores obtidos de macronutrientes nas folhas superiores e inferiores, caule + ramos e raízes de plantas de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) em função dos tratamentos.....	66

LISTAS DE FIGURAS

	p.
Figura 1. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) com deficiência de nitrogênio (-N).....	35
Figura 2. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) à esquerda sem deficiência de nitrogênio, tratamento completo (C) e à direita com deficiência de nitrogênio (-N).....	35
Figura 3. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) à esquerda sem deficiência de fósforo, tratamento completo (C) e à direita com deficiência de fósforo (-P).....	37
Figura 4. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) com deficiência de potássio (-K).....	38
Figura 5. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) à esquerda sem deficiência de potássio, tratamento completo (C) e à direita com deficiência de potássio (-K).....	38
Figura 6. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) à esquerda sem deficiência de cálcio, tratamento completo (C) e à direita com deficiência de cálcio (-Ca).....	40
Figura 7. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) com deficiência de cálcio (-Ca).....	40
Figura 8. Folha de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) com deficiência de magnésio (-Mg).....	42
Figura 9. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) à esquerda sem deficiência de magnésio, tratamento completo (C) e à direita com deficiência de magnésio (-Mg).....	42
Figura 10. Folhas de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) à esquerda sem deficiência de enxofre, tratamento completo (C) e à direita com deficiência de enxofre (-S).....	44
Figura 11. Cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>) à esquerda sem deficiência, tratamento completo (C) e à direita com deficiência de enxofre (-S).....	44

Figura 12.	Peso de matéria seca (g/kg) de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	46
Figura 13.	Distribuição percentual de matéria seca das folhas superiores, inferiores, caule+ramos e raízes de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	48
Figura 14.	Teores de nitrogênio nas folhas superiores e inferiores, caule + ramos e raízes em plantas de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	51
Figura 15.	Teores de fósforo nas folhas superiores e inferiores, caule + ramos e raízes em plantas de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	54
Figura 16.	Teores de potássio nas folhas superiores e inferiores, caule + ramos e raízes em plantas de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	57
Figura 17.	Teores de cálcio nas folhas superiores e inferiores, caule + ramos e raízes em plantas de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	60
Figura 18.	Teores de magnésio nas folhas superiores e inferiores, caule + ramos e raízes em plantas de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	63
Figura 19.	Teores de enxofre nas folhas superiores e inferiores, caule + ramos e raízes em plantas de cupuaçuzeiro (<i>Theobroma grandiflorum</i>), em função dos tratamentos.....	65

CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM PLANTAS DE CUPUAÇUZEIRO (*Theobroma grandiflorum*)

RESUMO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) é uma das mais importantes fruteiras da Amazônia. Pertence à família Sterculiaceae, a mesma do cacau, com atributos semelhantes para a amêndoa. É uma espécie de maior destaque entre as outras nativas da região, dada à diversidade de produtos e subprodutos obtidos da polpa, amêndoas e casca. Este trabalho objetiva avaliar os aspectos nutricionais do cupuaçuzeiro, visando caracterizar os sintomas de deficiência e determinar os teores foliares de macronutrientes induzidos pela técnica de elemento faltante, bem como avaliar o efeito limitante dos mesmos sobre a produção de matéria seca. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com sete tratamentos e quatro repetições em delineamento inteiramente ao acaso. Os tratamentos foram os seguintes: Completo, omissão de N, P, K, Ca, Mg, S. Os sintomas visuais de deficiência foram, de modo geral, de fácil caracterização para todos os nutrientes. Os teores determinados nas folhas, caule+ramos e raízes onde o nutriente foi omitido, foram sempre inferiores àqueles obtidos no tratamento completo, ficando evidente que os sintomas descritos foram devido ao efeito da omissão. As omissões individuais dos nutrientes provocaram alterações na composição mineral de macronutrientes. Com base nos teores (g/kg) dos macronutrientes nas folhas superiores e inferiores respectivamente, infere-se em uma primeira aproximação dos níveis adequados (completo) e do deficiente, os seguintes valores: N = 19,27; 25,50 e 10,05; 10,09; P = 1,60; 1,01 e 0,62; 0,47; K = 9,63; 8,46 e 2,57; 1,45; Ca = 7,64; 13,29 e 4,80; 4,72; Mg = 7,75; 4,89 e 2,82; 1,53 S = 4,73; 2,50 e 1,37; 1,30.

Palavras – chave: nutrição; sintomas de deficiência; macronutrientes.

GROWTH, MINERAL COMPOSITION AND SYMPTOMS MACRONUTRIENT DEFICIENCIES IN CUPUASSU PLANTS (*Theobroma grandiflorum*)

ABSTRACT

Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) is an important Amazonian fruit tree. It belongs to Sterculiaceae botany family and is very related to cocoa. Its fruit is very appreciated due to different uses of fruit pulp, almond end bark. The nutrition status of plants was evaluated in order to identify deficiency symptoms, determine the content of macronutrient in leaves and imitating effect on dry matter production, by using the lacking nutrient method. The experiment was carried out under glasshouse conditions in a completely randomized design with seven treatment and four replicates. The following treatments were tested: complete, without Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, magnesium and Sulfur. Deficiency symptoms of all nutrients were easily identified. Nutrient contents in leaves, stems and branches and roots of cupuassu plants grown in soil in a absence of each nutrient were always lower than complete treatment suggesting that deficiency symptoms were directly related to the lack of that particular nutrient. The absence of each nutrient caused changes in the mineral composition of nutrient. Taking as base the macronutrient content (g/kg), in up and down leaves, respectively, we came to the conclusion that in a first approach the ideal and deficient levels, are as follow: N= 19,27; 25,50 and 10,05; 10,09; P= 1,60; 1,01 and 0,62; 0,47; K= 9,63; 8,46 and 2,57; 1,45; Ca = 7,64; 13,29 and 4,80; 4,72; Mg= 7,75; 4,89 and 2,82; 1,53 S= 4,73; 2,50 and 1,37; 1,30.

Key words: nutrition, symptoms of deficiency; macronutrients.

1. INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) é uma das mais importantes fruteiras da Amazônia. De acordo com Clement (1982), a Amazônia é o maior repositório mundial de recursos genéticos em frutíferas. Dentre estas, o cupuaçuzeiro, antigamente encontrado apenas em quintais, desponta hoje como uma das mais promissoras fruteiras para a exploração racional na Amazônia, onde já existem algumas plantações comerciais consideráveis (VENTURIERI et al., 1988). É uma espécie nativa do Pará, onde pode ser encontrada em estado silvestre na mata virgem alta de várias localidades desse Estado, como também, cultivada em quase toda a Amazônia, incluindo a parte noroeste do Maranhão de onde o Pará vem recebendo algumas remessas de frutos para suprir a demanda, sempre crescente, do cupuaçu (CAVALCANTE, 1991).

Pertence à família Sterculiaceae, a mesma do cacau, com atributos semelhantes para a amêndoa. Destacam-se as outras nativas da região, dada à diversidade de produtos e subprodutos obtidos da polpa, amêndoas e casca.

O fruto, conhecido como cupuaçu ou cupu, apresenta ótimas características para industrialização e tem despertado grande interesse no mercado regional e nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, podendo ser utilizado em sorvetes, licores, sucos, compotas, néctares e geléias. Das sementes, se obtém ainda chocolate e uma gordura fina semelhante à manteiga de cacau (CAVALCANTE, 1976). Seu fruto é o maior entre o gênero *Theobroma*, considerado como um dos melhores da flora amazônica, com grande aceitação no mercado consumidor, o que é comprovado pelo volume de matéria-prima utilizada pelas indústrias em desenvolvimento na região, bem como o comercializado na central de abastecimento, nas feiras e supermercados (CALZAVARA et al., 1984).

Atualmente, a cultura do cupuaçuzeiro passa pela fase de obtenção de conhecimentos, científicos e tecnológicos, visando sua domesticação. É uma espécie

que tem grandes possibilidades de constituir-se como uma das alternativas econômicas para a região. Entretanto, como espécie em domesticação ainda necessita de informações básicas, para subsidiar as recomendações de manejo e adubação, a fim de estabelecer a exigência nutricional da cultura. Portanto, a avaliação das exigências nutricionais dessa cultura, além de proporcionar um conhecimento do seu comportamento, será importante para orientar a adubação racional da espécie, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos frutos e, conseqüentemente, proporcionar aumento na renda do produtor.

Até o momento, os trabalhos realizados com essa espécie não são suficientes, levando em conta a importância econômica da cultura, principalmente em relação a informações sobre suas exigências nutricionais, adubação e práticas agronômicas. Atualmente, o cupuaçuzeiro está ocupando regiões com diferentes condições de clima e solo, o que leva à necessidade da busca de novas informações e ao desenvolvimento de pesquisas que possam contribuir para o estabelecimento de um sistema de produção sustentável para a cultura do cupuaçuzeiro.

Embora todas as plantas necessitem dos mesmos nutrientes para completar seu ciclo de vida, as quantidades e os balanços necessários para o crescimento ótimo e obtenção de altas produções, variam muito entre as espécies (SHEAR e FAUST, 1980). É importante salientar que as desordens nutricionais, as deficiências, o excesso e os desequilíbrios, causam diminuição na produção de qualquer cultura, inclusive o cupuaçuzeiro (MALAVOLTA e VIOLANTE NETO, 1989).

Este trabalho tem por objetivo avaliar os aspectos nutricionais do cupuaçuzeiro, visando caracterizar os sintomas de deficiência e determinar os teores foliares de macronutrientes induzidos pela técnica de elemento faltante, bem como avaliar o efeito limitante dos mesmos sobre a produção de matéria seca, em condições de casa de vegetação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESPÉCIE ESTUDADA

2.1.1. Características botânicas

Theobroma grandiflorum (Willd. Ex Spreng.) Schum, o cupuaçuzeiro, é uma espécie frutífera da família Sterculiaceae (VENTURIERI et al., 1985). Segundo a classificação de Cuatrecasas (1964), o gênero *Theobroma* apresenta 22 espécies, todas originadas na América Tropical. A espécie *T. cacao* é a mais cultivada e *T. grandiflorum*, a que apresenta fruto de maior tamanho quando comparado a do cacau, embora em menor quantidade por planta. Enquanto na espécie *T. cacao* o principal produto comercial são as sementes, na *T. grandiflorum* é a polpa.

Árvore de floresta tropical úmida, que pode alcançar até 18 m de altura nos indivíduos silvestres da mata alta, o cupuaçuzeiro apresenta caule com fissuras e casca marrom-escura, tendo crescimento em etapas de 1,0 a 1,5 m, emitindo ramos plagiotrópicos trifurcados no final de cada período, sendo ramos superiores ascendentes, os inferiores horizontais. O crescimento da parte aérea obedece a um padrão bem definido (ROCHA NETO et al., 1999).

As folhas são simples, inteiras, subcoriáceas, com 25-35 cm de comprimento por 6-10 cm de largura, lâminas oblongas ou oblonga-obovada, atenuada, ápice abrupto-acuminado, base obtusa ou arredondada, glabra, verde e sub-brilhosa na face superior e verde-glaucoso ou róseo-pálido na face inferior, com um delicado revestimento de pêlos estrelados; nervuras laterais 9-10 pares, acentuadamente dirigidos para o ápice do limbo, o par inferior em ângulo mais agudo; nervuras terciárias transversais e subparalelas (CAVALCANTE, 1991).

Sua inflorescência é cimulosa de 3-5 flores ou mais; pedúnculos curtos, espessos, com 3 bractéolas estreito-lineares; cálice com 5 pétalas espessas, triangulares, livres ou parcialmente unidas; corola, com 5 pétalas, cada uma com sua

base em forma de cogula e a parte superior laminar, subtrapezoidal ou suborbicular, de cor roxo-escuro, ligada à cógila por uma porção estreitada em forma de calha; 5 estaminóides, petalóides, traingular-linguiformes, vermelho-escuros; 5 estames, localizados no interior da cogula com 3 anteras biloculares; ovário pentagonal, obovado, com 5 lóculos multiovulados (CAVALCANTE, 1991).

Os frutos apresentam características drupáceas ou bacáceo (tipo não definido morfológicamente), de forma elipsóidea ou oblonga, com as extremidades obtusa ou arredondada, variando de 12-25 cm de comprimento e 10-12 cm de diâmetro, pesando até 1.500g; epicarpo rígido, lenhoso, com epiderme verde, recoberta por um indumento ferrugíneo, pulverulento que se vai desprendendo com o manuseio do fruto; meso-endocarpo branco amarelado cerca de 7 mm de espessura. O fruto contém sementes em número de 20-50, superpostas em 5 fileiras verticais, cada semente envolvida por copiosa polpa delicadamente fibrosa branco-amarelada, de sabor acidulado e cheiro característico agradável. A frutificação ocorre no primeiro semestre do ano com pico nos meses de fevereiro a abril (CAVALCANTE, 1991).

O habitat natural do cupuaçuzeiro é o bosque tropical úmido nas terras não alagáveis. Cresce parcialmente sombreado pelas árvores de maior tamanho. No Brasil, se cultiva desde a Região Sudeste (Estado de São Paulo) até o Estado de Roraima, ao Norte (ROCHA NETO, 1999). Outros países onde pode ser cultivado, ocasionalmente, são Equador, Guiana, Martinica, Costa Rica, São Tomé, Trinidad e Tobago, Gana, Venezuela e Colômbia.

2.1.2. Condições climáticas e edáficas para o cupuaçuzeiro

O estudo do clima assume grande importância, pois além de propiciar maior entendimento da dinâmica dos ecossistemas, onde é o maior determinante da vegetação, possibilita o melhor planejamento do uso da terra, compatibilizando a eficiência econômica com a capacidade de suporte do sistema solo-planta-atmosfera (MARTORANO et al., 1993).

As condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura são muito variáveis. A temperatura média anual oscila entre 21,6 e 27,5 °C, umidade relativa anual de 64% a 93% e precipitação pluvial anual de 1.900 a 3.100 mm. Desenvolvendo-se melhor em regiões de clima subúmido ou com elevada umidade, com chuvas anuais bem distribuídas e superiores a 1.800 mm e temperatura média anual acima de 22 °C (ROCHA NETO, 1999).

O cupuaçuzeiro prefere solos de terra firme, profundos, com boa retenção de água e adequada fertilidade, porém com apropriada constituição física. Apresenta boa produção em solos de várzea alta, desde de que não fiquem sujeitos a cheias prolongadas, o que lhe é prejudicial (CALZAVARA, 1987).

2.1.3. Importância econômica

O cupuaçuzeiro é uma espécie de grande potencial econômico para a Região Norte, em decorrência da qualidade de seus frutos para consumo “in natura” e para as indústrias de doces, sucos, sorvetes e compotas. Após o período da safra, a polpa congelada é a principal forma de comercialização atribuindo a esta, à parte que sustenta todo o fluxo de produção, a qual é amplamente comercializada nas feiras livres e mercados (ROCHA NETO et al., 1999). As sementes podem ser utilizadas na fabricação de chocolate branco, considerado de ótima qualidade (VENTURIERI e AGUIAR, 1988). Segundo Vasconcelos et al. (1975), estas sementes possuem uma gordura fina, de alta digestibilidade, composta, principalmente, pelos ácidos oléico e esteárico, semelhante à manteiga de cacau. Porém, segundo Berbert (1979), é inadequada para fabricação de chocolate em barra por causa do elevado teor de ácidos graxos insaturados, sendo mais apropriado para o fabrico de margarina cremosa e outros produtos. Em contra partida, Nazaré et al. (1990), visando o aproveitamento das amêndoas de cupuaçu, estudaram o processo de fermentação durante um período que variou de 5 a 7 dias, e ao término desta etapa as amêndoas foram secas ao sol e, em seguida, torradas em estufa a 150 °C. Foram obtidas formulações de cupulate ao leite, branco e meio-amargo, em tabletes. De acordo com os autores, por análise sensorial, estes produtos não apresentaram diferença significativa quando comparados aos formulados a partir do cacau, e apresentaram grande aceitação.

Estudos de fruteiras na Amazônia têm demonstrado que o cupuaçu apresenta relativa superioridade quando comparado a outras frutas, devido aos seus consideráveis teores de vitamina C (23,12 %) e pectina (0,39%), de grande importância no aproveitamento industrial (BARBOSA et al., 1978), apresentando também alguns elementos minerais, como cálcio (0,04%) e fósforo (0,31%), que, juntamente com as vitaminas, constituem importante complemento na dieta alimentar. De acordo com Ribeiro et al. (1992), a qualificação e quantificação dos elementos minerais presentes em frutas têm despertado grande interesse por parte dos técnicos em alimentos, nutricionistas e médicos em geral. Segundo Vaitsman (1989), pequenas quantidades dessas substâncias inorgânicas participam, de maneira fundamental, do metabolismo do ser humano e, muitas vezes, as vitaminas só entram em funcionamento com a presença de determinados minerais.

De acordo com Venturieri et al. (1985), o cupuaçu ocupa lugar de destaque entre as frutas regionais, em razão da qualidade de sua polpa, o que tem despertado crescente demanda por parte dos consumidores, criando a possibilidade de industrialização e acesso ao grande mercado do centro sul do Brasil.

O mercado internacional também é uma opção, pois cresce o interesse pelo consumo de frutas exóticas. Vale salientar que o hábito do consumo americano e europeu é por alimento pronto ou semipronto (ready to serve), ou seja, de consumo imediato. Portanto, a falta de tecnologia de processamento que propicie um produto de alta qualidade, higiênico, condizente com os padrões de qualidade exigidos pelo mercado internacional e, por conseguinte, compatível com o hábito desses consumidores, aliado, também, à falta de maior divulgação de suas propriedades nutricionais, são fatores que restringem ainda as exportações de cupuaçu para o referido mercado (RODRIGUES e SANTANA, 1997).

A cidade de Belém, capital do Pará constitui-se no principal centro de comercialização e de consumo da polpa dessa fruta (HOMMA, 1996). Nas demais regiões do Brasil, durante os últimos anos, o interesse pela polpa congelada do cupuaçu tem crescido de forma significativa, especialmente para a fabricação de sucos e gelados (ROCHA NETO, 1999).

Por se tratar de uma espécie que vegeta espontaneamente em sub-bosques de áreas de mata, conforme Nogueira et al. (1991), o cupuaçuzeiro é considerado como potencialmente promissor para o desenvolvimento socioeconômico, assim como é indicado para compor os sistemas agrícolas, principalmente os agroflorestais ou consórcio com outras culturas de expressão econômica na Região Amazônica (CALZAVARA et al., 1984; NOGUEIRA et al., 1991; GASPAROTTO et al., 1997; RIBEIRO, 1997; CAVALCANTE e COSTA, 1997). O interesse pela cultura resultou em crescente evolução da área plantada, principalmente no Pará, onde a área cultivada alcança 14.383 ha dado fornecido pelo IBGE (2002). Sabe-se que como qualquer outra cultura, o cupuaçuzeiro representa um destaque no contexto sócioeconômico, por gerar emprego não somente em época de safra do fruto, bem como por contribuir na receita líquida do estado em cultivo da espécie.

2.2 NUTRIENTES NA PLANTA

2.2.1. Nitrogênio

O nitrogênio é o macronutriente aniônico mais abundante na planta, sendo também o nutriente mais exigido pelas culturas entre todos os demais, com poucas exceções (MALAVOLTA, 1980). Na sua maior proporção é absorvida pelas raízes na forma de nitrato: depois do processo de “mineralização” o nitrogênio orgânico é transformado no nitrato, absorvido pelas raízes. Dentro da planta o nitrogênio faz parte de muitos compostos, principalmente de proteínas, as quais foram nomeadas, por importância, como a “base da vida” (MALAVOLTA, 1989).

O nitrogênio também participa como estimulante na formação e no desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas; maior vegetação e perfilhamento e aumento do teor de proteína (MALAVOLTA e VIOLANTE NETO 1989).

É um dos elementos mais abundantes na natureza. Estima-se que, em volume, o nitrogênio constitui cerca de 78% dos gases da atmosfera (MELLO et al., 1983). De acordo com Mengel e Kirkby (1982) nas plantas, cerca de 85% deste nutriente está na forma protéica, 10% como ácidos maléicos e 5% como aminoácidos solúveis.

De acordo com Malavolta (1980), cerca de 90% do nitrogênio total da planta, encontra-se em forma orgânica, desempenhando as suas funções como componente estrutural de macromoléculas e constituintes de enzimas. De modo semelhante ao que acontece no solo, em uma planta “normal” quase todo o nitrogênio se encontra na forma orgânica, representada, principalmente, por aminoácidos e proteínas.

As plantas superiores são capazes de absorver ou de adquirir, para usar uma expressão mais abrangente, o N de diferentes formas: N_2 (gás, caso das leguminosas e de outras espécies), aminoácidos ($RCHNH_2COOH$) uréia [$CO(NH_2)_2$], NH_4^+ e, predominantemente nas condições naturais e aeróbicas, como NO_3^- . Este nutriente é transportado no xilema e redistribuído, principalmente no floema, em processos relativamente rápidos (MALAVOLTA et al., 1997).

Quando o suprimento do nutriente é insuficiente o nitrogênio das folhas velhas é mobilizado para os órgãos e folhas mais novas. Conseqüentemente, plantas com deficiência deste nutriente apresentam-se cloróticas e inicialmente mostram os sintomas nas folhas velhas. A proteólise das proteínas nestas condições e a redistribuição dos aminoácidos resultam no colapso dos cloroplastos, e assim ocorre um decréscimo no conteúdo de clorofila e, conseqüentemente, o amarelecimento das folhas velhas, sendo primeiro sintoma de uma inadequada nutrição da planta em nitrogênio (FASABI, 1996).

Salvador et al. (1994), trabalhando com plantas de cupuaçuzeiro oriundas de sementes de várias procedências, observaram que a deficiência de nitrogênio foi caracterizada pela redução do tamanho da planta e na qualidade e tamanho das folhas. Os sintomas de deficiência nas folhas de cupuaçuzeiro caracterizaram-se por uma clorose intensa e generalizada e por pontuações necróticas na zona apical e bordos do limbo nas folhas mais velhas.

De acordo com ¹Jones (1966) citado por FASABI (1996), a deficiência de nitrogênio na maioria das espécies resulta no decréscimo do teor de clorofila e, conseqüentemente, no amarelecimento uniforme das folhas. Para Marschner (1995), o N está envolvido diretamente no processo de expansão foliar.

Analisando os teores em plantas de cupuaçuzeiro, Salvador et al. (1994) encontraram em folhas velhas com deficiência, 10,5 g kg⁻¹ de N quando foi omitido o nutriente, enquanto em folhas velhas sadias foi de 21,6 g kg⁻¹ de N.

2.2.2. Fósforo

O fósforo é encontrado na planta nas formas orgânica e inorgânica. Na forma inorgânica aparece como ortofosfato e em menor quantidade como pirofosfato, e representa uma proporção relativamente alta em relação ao fósforo total no tecido. As formas orgânicas de fósforo na planta estão como compostos de ésteres de carboidratos. É o nutriente aniônico exigido pelas culturas do que o nitrogênio,, aparecendo na matéria seca com teores menores que 1% (MALAVOLTA, 1980). Segundo Osaki (1991), a maior parte deste nutriente é absorvido pelas raízes das plantas por meio da solução do solo e em menor quantidade é absorvido da superfície da argila sob a forma de fosfato monoácido (HPO₄⁻) e fosfato diácido (H₂PO₄⁻).

O fósforo, dentre outras funções, está envolvido na fotossíntese, onde os primeiros açúcares formados são as trioses e hexoses fosfatos; na regulação da atuação de proteínas, pelos processos de fosforilação e no movimento de água e nutrientes no xilema (BLEVINS, 1999). A acumulação do fósforo nas células corticais da raiz é seguida pela transferência dentro dela até o xilema, o que se dá pelo simplasto. O P não pára de se movimentar quando, no transporte a longa distância, chega à folha ou às regiões de crescimento, pois é, juntamente com o N, o elemento mais prontamente redistribuído. Quando fornecido à superfície foliar ou quando a folha envelhece até 60% do P pode ser conduzido via floema a outras partes, em particular nos órgãos novos e nos frutos em desenvolvimento, o que faz reduzir o teor do nutriente na folha em questão (MALAVOLTA et al., 1997).

¹ JONES, W. W., Nitrogen In: CHAPMAN, H. D. de **Diagnostic criteria for plants and soils**. Berkeley: University of California-Division of Agricultural Science, 1966. p. 310-23.

O fósforo acelera a formação de raízes; a maturação dos frutos; aumenta a frutificação; o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas; e também ajuda na fixação simbiótica do nitrogênio (MALAVOLTA e VOLANTE NETO, 1989).

Por apresentar bastante mobilidade na planta, o fósforo é redistribuído com facilidade pelo floema, o qual contém uma substancial concentração de fósforo inorgânico; estando as plantas adequadamente nutridas em fósforo, 85% a 95% do fósforo inorgânico total da planta está localizado nos vacúolos. Caso ocorra redução no suprimento de fósforo para as plantas, o fósforo inorgânico sai do vacúolo e é redistribuído para os órgãos novos em crescimento (MALAVOLTA, 1980).

Segundo Mengel e Kirkby (1982), em decorrência da alta mobilidade do P na planta, o sintoma de deficiência aparece inicialmente nas folhas mais velhas, e é caracterizado pela coloração verde-escuro azulado. A coloração púrpura aparece por causa do decréscimo da síntese de proteína quando o fósforo está deficiente, resultando no aumento da quantidade de açúcares nos órgãos vegetativos da planta. A alta concentração de açúcares favorece a síntese de antocianina nas folhas, o que produz tal coloração.

De acordo com Salvador et al. (1994), o efeito da omissão de fósforo, estudada em plantas de cupuaçu cultivado em solução nutritiva, se caracterizou por apresentar folhas velhas pequenas com manchas necróticas e irregulares, com formação necrótica no ápice e com encarquilhamento. Apresentando também formação exagerada de gemas folhíferas apicais e laterais dormentes. Obteve teores de fósforo em folhas inferiores da referida cultura, de 2,20 g/kg de P, quando este nutriente foi omitido, e 1,80 g/kg de P em plantas sem sintomas, tratamento completo.

Para ²Nagao e Hirae (1992) citado por MARROCOS et al. (1998), desenvolvendo trabalho com plantas de macadâmia, espécie de noz, relatam que a deficiência severa de fósforo acontece com teores entre 0,4 e 0,6 g kg de P. Segundo Marschner (1986), para o crescimento das plantas os teores ótimo de fósforo variam de 3 a 5 g /kg de P do peso de matéria seca.

² NAGAO, M. A. and HIRAE, H. H. Macadamia: cultivation and physiology. **Critical Reviews in Plant Science** . v.10, n.5. p.441-470, 1992.

De acordo com Malavolta (1980) o teor de fósforo requerido pelas plantas varia dependendo da espécie e do órgão analisado, porém para o ótimo crescimento, requer de 1,0 a 5,0 g.kg⁻¹ de P na matéria seca. De maneira geral, sua exigência pelas plantas é menor que a de N, K, Ca, e Mg, igualando-se à do enxofre.

2.2.3. Potássio

O potássio constitui, juntamente com o nitrogênio e o fósforo, o grupo denominado elementos nobres da adubação (MELLO, 1983). Segundo Malavolta (1980), o potássio é o segundo macronutriente mais exigido pelas plantas, superado somente pelo nitrogênio, mesmo não sendo encontrado nos solos em teores tão limitantes quanto o fósforo. O seu requerimento para o ótimo crescimento das plantas está aproximadamente entre 2% a 5% na matéria seca, variando em função da espécie e do órgão analisado.

Cerca de meia centena de enzimas são ativadas pelo potássio, algumas delas especificamente. Daí sua participação em diversas fases do metabolismo: reações de fosforilação, síntese de carboidratos, respiração, e síntese de proteínas. Além disso, o nível de potássio nas células-guardas regula a abertura e o fechamento dos estômatos. O transporte dos carboidratos, produzido na folha para outros órgãos, não se realiza de modo adequado quando a planta é carente em potássio (FERRI, 1985).

De acordo com Epstein (1975), o potássio é um ativador de numerosas enzimas e sua deficiência acarreta distúrbios em reações metabólicas de acumulação de compostos nitrogenados livres ou solúveis. Segundo Della Guardia e Benlloch (1980), este nutriente tem também papel essencial no turgor e alongamento do caule, agindo sinergicamente com o ácido giberílico.

No processo de absorção de potássio, este nutriente move-se diretamente do solo para os pontos de crescimento, sendo freqüentemente retranslocado das folhas velhas para as mais novas. Essa translocação é facilitada pela alta permeabilidade da

membrana e pelo fato de cerca de 70% do seu total existente na planta permanecer na forma iônica. A razão pela qual o íon potássio é preferencialmente translocado para os tecidos mais jovens, não é ainda completamente conhecida, ao contrário do seu relacionamento com a síntese de proteínas, taxa de crescimento e suprimento de citoquinina (MALAVOLTA, 1980; MENGEL e KIRKBY, 1982). Deste modo, os sintomas de deficiência de potássio aparecem primeiro nas folhas velhas, com uma clorose seguida de necrose nas pontas e margens das folhas (MALAVOLTA, 1980).

Os sintomas de deficiência de potássio descrito por Salvador et al. (1994), utilizando cupuaçuzeiro, mostraram que o desenvolvimento desta cultura foi afetado. As folhas novas apresentaram-se anormais com enrugamento e recurvamento dos bordos para cima com queda prematura; nas folhas jovens remanescentes houve fusão de pontos necróticos entre as nervuras formando grandes ilhas.

A absorção de potássio atinge o máximo na presença de Ca^{+2} no meio, embora o excesso tenha efeito inibidor, como acontece quanto ao uso excessivo de calcário na neutralização da acidez. De modo geral, as raízes contêm cerca de 16% do K total da planta. Nas células das raízes a concentração do potássio vacuolar é 1/10 a 1/5 da encontrada no citoplasma. Nas folhas, o citoplasma, o núcleo e os cloroplastos têm concentração de K semelhante e que é o dobro da encontrada no vacúolo (MALAVOLTA et al., 1997).

Salvador et al. (1994), trabalhando com plantas de cupuaçuzeiro, oriundas de sementes de diversas origens, obtiveram teores de potássio em folhas inferiores com valor de 2,2 g/kg de K, enquanto que para as folhas inferiores do tratamento completo foram de 10,9 g/kg.

Em condições de casa de vegetação, trabalhando com cupuaçuzeiro em solução nutritiva, Bueno (1997) observou que o segundo macronutrientes mais acumulado pela planta foi o potássio, sendo o caule + ramos a parte que teve mais acúmulo, com 497 mg de K por planta.

A concentração média de potássio obtida por Viégas (1998b), nas diferentes partes de plantas de quina, em função dos tratamentos aplicados, variou no tratamento completo de 6,90 g /kg de K nas raízes a 15,72 g/ kg de K nas folhas superiores, e para o tratamento com omissão do nutriente, a variação foi de 0,7 g/ kg de K a 3,2 g/ kg de K, respectivamente. Relato feito por ³Ulrich e Ohki (1966) citado por VIÉGAS (1998 a), mostra que os teores de potássio em plantas normais variam na faixa de 7 a 15 g/ kg de K.

Segundo Marrocos et al. (1998), trabalhando em condições de casa de vegetação com duas cultivares de macadâmia Keauhou e Ikaika, em solução completa observaram teores no caule e raiz de 5,9 e 6,6 g /kg de K, e 5,7 e 7,0 g/ kg de K, respectivamente. No tratamento com a omissão de K os teores no caule e na raiz com valores das plantas foram de 1,4 e 1,6 g/kg de K, e de 1,7 e 1,5 g/kg de K, respectivamente. Constataram também os autores menor teor de K nas raízes das plantas com omissão de K e de Ca, em ambas as cultivares.

2.2.4. Cálcio

O cálcio é essencial para manter a integridade estrutural das membranas e das paredes celulares (MARSCHNER, 1995). Quando há deficiência as membranas começam a vazar, a compartimentação celular é rompida e a ligação do Ca com a pectinina da parede celular é afetada. O pectato de cálcio da lamela média atua como cimento entre uma célula e outra, sendo depositado durante a citocinese. O cálcio tem efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta, este nutriente atrasa o amadurecimento, a senescência e a abscisão; melhora a qualidade dos frutos e das hortaliças; altera a resposta geotrópica, a fotossíntese e outros processos como a divisão celular, movimentos citoplasmáticos e o aumento do volume celular; e várias desordens fisiológicas (MALAVOLTA et al., 1997). O papel fundamental do cálcio é manter a integridade e a estabilidade da membrana (MARSCHNER, 1995).

³ ULRICH, A.; OHKI, K. Potassium. In: CHAPMAN, H. D. ed. **Diagnostic criteria for plants and soils**. Berkeley: University of California. Division of Agricultural Science, 1966. Cap. 24, p. 444-745.

O aparecimento de deficiência em cultura, no campo, não é comum. Mesmo não existindo em quantidade suficiente para manter o pH dentro de uma faixa conveniente, no que concerne à nutrição das plantas, os solos, via de regra, contêm cálcio suficiente, pelo menos para impedir o aparecimento de deficiência visual. É um dos nutrientes mais utilizado na agricultura, principalmente como constituinte de corretivos e de adubos (MELLO et al., 1983).

Salvador et al. (1994), estudando o efeito da omissão de cálcio na composição química do cupuaçuzeiro, verificaram que a escassez desse elemento acarretou anormalidades visíveis, inicialmente, nas folhas mais novas, as quais mostraram-se enrugadas e com bordos recurvados para cima. Apresentavam também clorose reticulada em todo o limbo. Com a evolução dos sintomas, houve queda prematura dessas folhas, surgindo nas jovens renascentes pontos necróticos entre as nervuras, que com a fusão desses, formaram grandes ilhas limitadas pelas nervuras; as plantas sofreram redução no crescimento pela paralisação do desenvolvimento apical. Por ocasião do trabalho, obteve maior teor de cálcio em folhas superiores sem sintomas, do que em folhas inferiores sem sintomas com 1,72 e 0,42 g/kg de Ca, respectivamente.

A maior proporção do cálcio na planta se acha em formas insolúveis em água. O transporte no xilema está sob controle metabólico. É praticamente imóvel no floema, em conseqüência, quando há falta desse elemento, as regiões de crescimento (gema e pontas de raízes) são as primeiras a serem afetadas (FERRI, 1985). De acordo com Marschner (1986), a concentração de cálcio nas plantas normais varia de 1 a 5 g/kg de Ca.

Trabalho desenvolvido por Viégas et al. (1998 b), com planta de quina em solução nutritiva, mostrou que a amplitude máxima nos teores de cálcio no tratamento completo foi de 5,72 g /kg de Ca nas folhas inferiores e a mínima de 2,80 g /kg de Ca nas raízes, enquanto que no tratamento com omissão do nutriente, os teores variaram de 1,97 g/ kg Ca nas raízes a 4,80 g /kg nas folhas superiores. Com a omissão de cálcio ocorreu maior redução do teor desse nutriente na raiz, quando comparado com o tratamento completo que foi de 3,50 g kg de Ca.

2.2.5. Magnésio

O magnésio é absorvido do solo como Mg^{+2} . Altas concentrações de potássio no substrato ou solução nutritiva inibem competitivamente a absorção do magnésio a ponto de causar deficiência. Por sua vez o magnésio é essencial para a absorção de fósforo. Além de fazer parte da clorofila na proporção de 2,7 % desta, o Mg é ativador de numerosas enzimas, inclusive das “ativadoras de aminoácidos”, que catalisam o primeiro passo da síntese de proteínas (FERRI, 1985).

⁴Tisdale e Nelson (1966) citado por MELLO (1983), mencionam que a quantidade de Mg absorvida por uma planta depende do teor disponível no solo, do grau de saturação desse elemento, do tipo de argila e da natureza de outros íons trocáveis.

A deficiência de magnésio é descrita, de acordo com Silva (1996), pela presença de uma clorose internerval, semelhante à observada por Salvador et al. (1994), trabalhando cupuaçuzeiro em solução nutritiva, cujas folhas velhas exibiram clorose internerval mais intensa, contrastando com o verde acentuado das nervuras.

O Mg^{+2} , como o Ca^{+2} e o K^{+} , se move na parte aérea por corrente transpiratória. Como acontece com o potássio, é móvel no floema, de modo que os sintomas típicos de carência (clorose internerval) começam a aparecer nas folhas mais velhas. Na planta, uma alta proporção do magnésio total, geralmente da ordem de 70%, é difusível e está associada com ânions minerais e orgânicos (MALAVOLTA et al., 1997).

2.2.6. Enxofre

De acordo com Mello (1983), o enxofre é, talvez, o macronutriente menos empregado nas adubações. Contudo, muitas culturas importantes exigem-no em quantidades iguais ou maiores que as de fósforo. É um elemento muito difundido na natureza. Em peso, ele constitui cerca de 0.06% da litosfera, 0,09% da água do mar e

⁴ TISDALE, S. L. & NELSON. W. L. . Soil fertility. New York: The Mac-Millan, London Collier-MacMillan Limited, 1966.

0,0000025% dos gases da atmosfera. Nas condições de solo, é absorvido pelas raízes predominantemente como SO_4^{-2} , podendo as plantas também absorverem S orgânico de aminoácidos, SO_2 (gasoso) pelas folhas e até mesmo enxofre elementar (como S “molhável” finalmente dividido) e também pelas folhas e frutos (FERRI, 1985).

A absorção de enxofre depende da concentração deste nutriente na solução e, indiretamente, das concentrações dos cátions que o acompanha (Malavolta, 1984). O enxofre aumenta a vegetação, o teor de óleos, gorduras e proteínas e ajuda na fixação simbiótica do nitrogênio (MALAVOLTA et al., 1997).

⁵Thomas et al. (1959) citado por VIÉGAS et al. (1998 b), relatam que há uma relação estreita entre enxofre e o nitrogênio no metabolismo da planta, pelo fato de os aminoácidos, contendo enxofre, serem constituintes essenciais das proteínas dos vegetais.

O SO_4^{-2} é transportado em maior proporção na direção acrópeta, da base da planta para cima; a capacidade da planta para mover o S na direção basípeta é bastante pequena e, por isso, em caso de carência, os sintomas aparecem em primeiro lugar nos órgãos mais novos, como a folha jovem (MALAVOLTA et al., 1997).

A sintomatologia das deficiências minerais em cupuaçuzeiro descrita por Salvador et al. (1994), com citação ao enxofre, caracterizou-se por apresentar poucas ramificações e, conseqüentemente, menor número de folhas. O verde foliar foi de tom mais claro que o observado nas folhas normais, com as nervuras mais pálidas em relação ao limbo. Demonstraram que os teores de enxofre em folhas novas sem sintomas e em folhas velhas foram de 0,30 e 0,39 g/ kg de S, respectivamente. Os autores relatam ainda que mesmo o nutriente sendo exigido em pequenas proporções, há uma certa mobilidade dele, embora esta diferença seja pequena.

⁵ THOMAS, M. D.; HENDRICKS, R. H.; HILL, G. R. Sulfur content of vegetation. **Soil Science**, Baltimore, v. 70, p. 9-17, 1959.

Em decorrência da grande participação em compostos e reações, a carência de enxofre provoca uma série muito grande de distúrbios metabólicos. Ocorre diminuição na síntese de proteínas e açúcares, um acúmulo de N-orgânico solúvel e N-NO_3 , e com isto, uma redução no crescimento da planta; a fixação biológica do N_2 atmosférico é também bastante diminuída, sob condições de deficiência deste nutriente (MALAVOLTA,1980). Por conseqüência, a deficiência de enxofre provoca aumento no teor de amido nas folhas (MARSCHNER, 1986).

Trabalho desenvolvido com plantas de cupuaçuzeiro em solução nutritiva por Salvador et al. (1994), demonstrou que os teores de enxofre em folhas novas sem sintomas e em folhas velhas foram de 0,30 e 0,39 g/ kg de S, respectivamente. Os autores relatam ainda que mesmo o nutriente sendo exigido em pequenas proporções, há uma certa mobilidade dele, embora esta diferença seja pequena.

Os teores de enxofre em trabalho desenvolvido com planta de quina por Viégas et al. (1998 b), variaram de 1,57 g/ kg de S no caule a 2,62 g/ kg de S nas folhas inferiores no tratamento completo. No entanto, para o tratamento com omissão do nutriente os teores foram de 1,02 g/ kg de S e 1,97 g /kg de S para raízes e folhas superiores, respectivamente, tendo estes valores uma amplitude inferior ao completo. Relataram ainda que as maiores concentrações do nutriente foram nas folhas inferiores, comprovando a pouca mobilidade desse nutriente nas plantas.

A omissão de enxofre em solução nutritiva em plantas de pimenta-do-reino, também afetou a altura da planta e o peso de matéria seca e, principalmente, as raízes, que apresentaram menor peso (VELOSO, 1995). Em guaranazeiro, o enxofre foi o segundo nutriente que mais afetou o peso de matéria seca e altura da planta quando omitido (CHEPOTE et al., 1984).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL, SEMEADURA E TRANSPLANTE

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental, em Belém, Estado do Pará, unidade descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Foram utilizadas na pesquisa sementes de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) do clone 174, as quais foram postas para germinar em canteiro com substrato de serragem e terra preta na proporção 2:3. Após a germinação, quando apresentaram um par de folhas definidas com cerca de 15 cm de altura, as mudas foram selecionadas e transplantadas para recipientes definitivos.

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi instalado seguindo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 7 tratamentos em 4 repetições, perfazendo um total de 28 parcelas experimentais, sendo cada parcela constituída de uma planta por vaso. Os tratamentos utilizados no experimento foram:

- | | |
|--|------|
| 1. Completo (com N, P, K Ca, Mg e S + micronutrientes) | C |
| 2. Completo com omissão de nitrogênio | - N |
| 3. Completo com omissão de fósforo | - P |
| 4. Completo com omissão potássio | - K |
| 5. Completo com omissão cálcio | - Ca |
| 6. Completo com omissão magnésio | - Mg |
| 7. Completo com omissão enxofre | - S |

A solução nutritiva utilizada no experimento foi a de Hoagland e Arnon (1950), modificada por JACOBSON (1951). Na Tabela 1, encontra-se a composição química das soluções utilizadas nos tratamentos durante a condução do ensaio.

Tabela 1. Composição química da solução nutritiva (ml/L) de Hoagland e Arnon (1950) modificada por JACOBSON (1951), utilizada no experimento (Solução Estoque).

	TRATAMENTOS							
	Conc. (M)	C	N	P	K	Ca	Mg	S
KH ₂ PO ₄	1	1	-	-	-	1	1	1
KNO ₃	1	5	-	6	-	5	6	6
Ca ₂ (NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1	5	-	4	5	-	4	4
MgSO ₄	1	-	2	2	2	2	-	-
K ₂ SO ₄	0,5	-	5	-	-	-	3	-
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O.	0,05	-	10	-	10	-	-	-
CaSO ₄ ·2H ₂ O	0,01	-	200	-	-	-	-	-
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O.	1							2
Sol.Fe-EDTA**	1	1	1	1	1	1	1	1

*Composição: H₃BO₃ 2,86 g/l; MnCl₂·4 H₂O 1,81g/l; ZnSO₄·7H₂O 0,22g/l; CuSO₄·5H₂O 0,08g/l; MoO₃ 0,02g/l..

** Fe – EDTA.

Fonte: JACOBSON (1951).

3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E VARIÁVEIS AVALIADAS

Foram utilizados vasos de plástico com capacidade para 10 kg com substrato sílica lavada (tipo zero grosso), os quais foram perfurados próximo a base e pintados externamente com tinta metálica aluminizada com o intuito de diminuir a incidência dos raios solares, evitando assim a proliferação de algas no interior desses recipientes. Procedeu-se da mesma forma para os recipientes coletores de solução nutritiva, nos quais se adaptou um suporte no gargalo, para facilitar a drenagem dos vasos. Na perfuração de cada vaso foi conectado um segmento de tubo plástico flexível, ligando o interior do vaso com a boca da garrafa, também de plástico, com 1 litro de capacidade.

As plantas foram irrigadas por 10 dias com água destilada. A partir do 11^o dia foi aplicada solução nutritiva completa com diluição na proporção de 1:5, com água destilada, sendo renovada a cada 15 dias. Transcorridos 3 meses e 22 dias, a solução

nutritiva completa utilizada passou a ser diluída na proporção 1:2. Após 60 dias, iniciaram-se os tratamentos com solução nutritiva na proporção 1:1. Transcorrido esse período, as plantas foram irrigadas com os tratamentos descritos na Tabela 1.

As soluções nutritivas foram fornecidas por percolação nos vasos e renovadas a intervalos de 15 dias, tendo-se o cuidado de verificar diariamente o nível da solução nos recipientes coletores, completando-se o volume para um litro, pelo acréscimo de água destilada.

Os sintomas de deficiência de cada nutriente e a sua evolução foram acompanhados e descritos desde seu início até estarem bem caracterizados, quando, então, foram fotografados. Após esta etapa, procedeu-se a coleta das plantas, sendo estas separadas em folhas superiores e inferiores, caule + ramos e raiz. Posteriormente, estas partes foram colocadas em estufa de circulação de ar a 65 °C até atingirem peso constante. O material foi pesado para obtenção da produção de matéria seca dos diferentes órgãos do cupuaçuzeiro. Após este processo, o material foi moído e encaminhado para análise química no Laboratório de Solo e Planta da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará.

Para a análise química das plantas as amostras de matéria seca foram submetida à digestão nitroperclórica e sulfúrica (SARRUGE e HAAG, 1974). O extrato obtido foi utilizado para a determinação dos teores de fósforo, por colorimetria de molibdato-vanadato; potássio, por fotometria de chama; cálcio e magnésio, por espectrometria de absorção atômica (MÖLLER et al., 1997). A determinação do N foi feita utilizando-se a digestão sulfúrica e destilação em microdestilador Kjeldahl; para o enxofre a determinação foi por turbidimetria do sulfato de bário (Ba_2SO_4).

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados biométricos, produção de matéria seca e teores de macronutrientes no tecido vegetal das diversas partes da planta foram analisados estatisticamente por análise de variância, segundo delineamento inteiramente casualizado, e aplicando o teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias, de acordo com a metodologia descrita por PIMENTEL GOMES (1990).

O efeito relativo foi avaliado pelo método de Porcentagem de Suficiência ou Produção Relativa (RAIJ, 1991), adaptada para determinação do “crescimento relativo” (CR) por meio da fórmula:

$$CR = \frac{\text{Tratamento com o nutriente omitido}}{\text{Tratamento completo}} \times 100$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM CUPUAÇUZEIRO

4.1.1 Nitrogênio

Os sintomas de deficiência de nitrogênio foram os primeiros a se manifestarem, 73^o dia após a sua omissão na solução nutritiva, indicando ser esse nutriente limitante para o cupuaçuzeiro. As plantas apresentaram inicialmente clorose nas folhas inferiores e com a intensidade da deficiência desenvolveram pontos necróticos no bordo da folha, iniciando do ápice da folha entre as nervuras secundárias (Figura 1). Com a intensidade da deficiência a clorose estendeu-se por toda a planta ocorrendo necrose das folhas superiores. Resultados semelhantes foram observados por Salvador et al. (1994), trabalhando com plantas de cupuaçuzeiro, sob condições de casa de vegetação, quando o nitrogênio foi omitido, as plantas apresentaram clorose intensa e generalizada, redução do tamanho da planta e na quantidade e tamanho das folhas (Figura 2), pontuações necróticas na zona apical e bordos do limbo nas folhas mais velhas.

Tornando-se insuficiente o nitrogênio absorvido pela planta, há uma mobilização do nutriente para órgãos e folhas mais novos, causando assim, sintomas de deficiência em folhas velhas em forma de clorose. O amarelecimento das folhas é o primeiro sintoma de um desequilíbrio nutricional da planta em nitrogênio, por ocorrer um decréscimo no conteúdo de clorofila resultante do colapso dos cloroplastos em proteólises das proteínas (EPSTEIN, 1975).

Para plantas de quina o nitrogênio apresentou sintomas de deficiência aos 35 dias após a omissão do nutriente, em que as folhas mais velhas perdiam gradativamente a coloração verde, tornando-se verde clara; posteriormente, com a intensificação da deficiência, todas as folhas ficaram amareladas (Viégas et al., 1998b), portanto semelhantes aos obtidos nesse trabalho com cupuaçuzeiro.

Foi observado, também, por Machicado e Alvim (1954), em mudas de cacau cultivadas em solução nutritiva com omissão do nitrogênio, a planta apresentou coloração verde pálida, ressaltando que nas primeiras semanas ocorreu retardamento no crescimento da planta, sendo uma das características mais típica observada.

Em duas cultivares de macadâmia desenvolvidas em solução nutritiva, com a omissão de nitrogênio, as plantas apresentaram folhas com clorose generalizada, iniciando-se os sintomas pelas folhas mais velhas (MARROCOS, 1998).

Em trabalho desenvolvido com malva cultivada em solução nutritiva, o sintoma de deficiência apareceu nas folhas velhas, que apresentaram coloração verde-pálida, distribuindo-se de forma uniforme no limbo, no pecíolo e nas nervuras (FASABI, 1996).

Desenvolvendo ensaio com milho doce, Haag et al. (1990) relataram sintomas de deficiência de nitrogênio caracterizado por uma coloração amarelada nas folhas mais velhas, transferindo-se imediatamente para folhas superiores, enquanto que as folhas inferiores secavam. O colmo apresentava uma coloração esbranquiçada.

Com o objetivo de descrever os sintomas de deficiências em plântulas de açazeiro (*Euterpe oleracea*), Teixeira et al. (1995) conduziram experimento em casa de vegetação e observaram, que com a omissão do nitrogênio na solução, as plântulas responderam com a diminuição de desenvolvimento, perda de cor verde normal da planta (verde pálido), seguido de clorose generalizada das folhas. Com a progressão da deficiência de nitrogênio, as folhas mais velhas ficavam cor de palha, secavam e caíam.

Em plantas de jaborandi, crescidas em solução nutritiva, os sintomas de deficiência iniciaram com 28 dias após o início dos tratamentos. As folhas mais velhas com coloração verde clara; acentuando-se a deficiência todas as folhas ficaram cloróticas (VIÉGAS et al., 1998a).



Figura 1. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) com sintomas de deficiência de nitrogênio (-N).

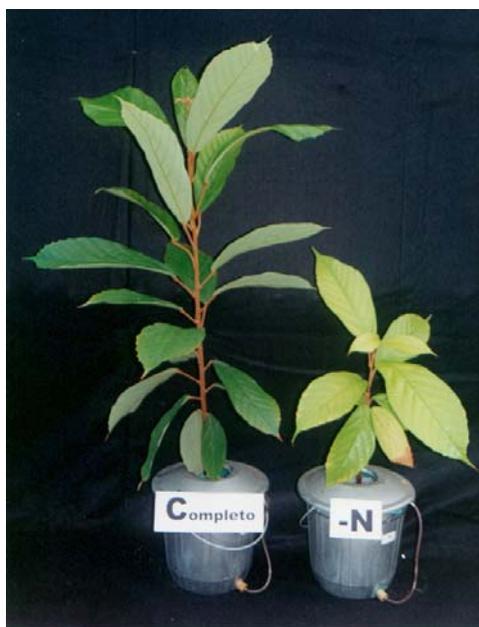


Figura 2. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), à esquerda, sem deficiência de nitrogênio, tratamento completo (C) e, à direita, com deficiência de nitrogênio (-N).

4.1.2. Fósforo

Os sintomas de deficiência de fósforo em cupuaçuzeiro apresentaram folhas superiores com coloração verde mais claro e folhas inferiores com pontos necróticos irregulares partindo do ápice para a base da folha. Estes resultados concordam com os encontrados por Salvador et al. (1994), em cupuaçuzeiro onde os autores descrevem os sintomas da omissão de fósforo em folhas velhas, que se apresentaram pequenas, com manchas cloróticas verde-limão e irregulares, evoluindo em direção à base da folha. Ocorreu também redução no número e tamanho das folhas; assim como na altura da planta, com a omissão de fósforo (Figura 3).

Chepote et al. (1984), observaram quando foi omitido o fósforo da solução nutritiva em guaranazeiro, redução no tamanho da planta, folhas pequenas conservando a cor verde normal, com pontuação pardacenta. Na fase avançada,, ocorreu o surgimento de uma necrose apical nas folhas maduras em direção à zona basal, seguida do desfolhamento.

Em açazeiro, Teixeira et al. (1995) observaram que com a omissão de fósforo, a planta apresentou desenvolvimento reduzido; com a intensidade da deficiência, as folhas apresentaram manchas pardas seguidas de clorose generalizada, instalando-se o sintoma primeiramente em folhas mais velhas.

Em cacauzeiro, Santana et al. (1984) observaram sintomas de deficiência de fósforo com redução do tamanho da planta, com folhas relativamente estreitas, porém conservando a cor verde normal, desfolhamento acentuado a começar pelas folhas mais velhas, permanecendo as estípulas no caule.

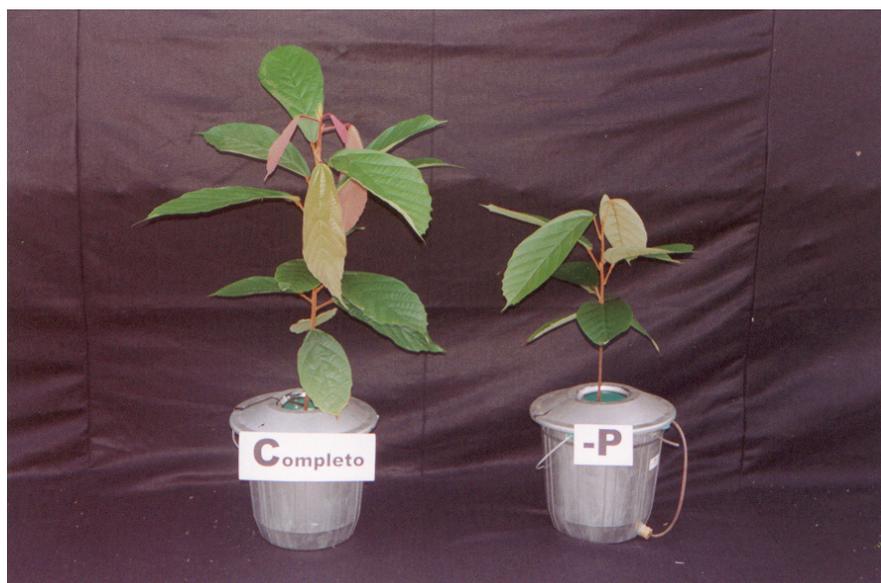


Figura 3. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) à esquerda, sem deficiência de fósforo, tratamento completo (C) e, à direita, com deficiência de fósforo (-P).

4.1.3. Potássio

Sob omissão de potássio (-K) na solução nutritiva, as folhas inferiores do cupuaçuzeiro apresentaram clorose marginal, expandindo-se entre as nervuras de forma reticulada, direcionando-se para o centro com posterior necrose dos bordos; com a intensidade da deficiência, folhas superiores também necrosaram seguida de necrose nos bordos (Figura 4). O sintoma da carência de potássio ocorreu aos 173 dias após o início dos tratamentos. Redução no número e tamanho das plantas também foram observados com a omissão de potássio (Figura 5).

Salvador et al. (1994), em experimento conduzido em casa de vegetação, com cupuaçuzeiro em solução nutritiva, observaram ao omitir o potássio, que o sintoma de deficiência de potássio apareceu primeiramente nas folhas mais velhas caracterizado por uma clorose marginal, avançando em direção à parte central por entre as nervuras, com posterior necrose nos bordos, concordante com os resultados obtidos nesta pesquisa.



Figura 4. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) com sintoma de deficiência de potássio (-K).



Figura 5. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), à esquerda, sem deficiência de potássio, tratamento completo (C) e, à direita, com deficiência de potássio (-K).

Foi observado por Santana et al. (1984), em cacauzeiro, que os sintomas decorrentes da falta de potássio se caracterizaram por uma necrose estritamente marginal, principalmente nas folhas mais velhas, clorose marginal de duração efêmera pela subsequente necrose, havendo divisão bem nítida entre o tecido necrótico e o vivo.

Marrocos et al. (1998), trabalhando com plantas de macadâmia submetidas à omissão de potássio, observaram folhas com leve clorose, seguida de enrolamento das pontas e das bordas foliares, sendo tais resultados discordantes dos observados no presente trabalho.

4.1.4. Cálcio

Em cupuaçuzeiro submetidas à omissão de cálcio (-Ca), foi observada clorose com reticulado leve nas folhas superiores e redução do porte da planta (Figura 6); com a intensidade da deficiência ocorreu queda das folhas superiores, surgindo nas superiores remanescentes deformação e tamanho reduzido, com morte de pontos de crescimento (Figura 7).

A deficiência de cálcio causa a queima das pontas em folhas novas e lesões necróticas nos ápices. Mesmo quando se cultiva em solo com elevada disponibilidade de cálcio, a queima das pontas das folhas poderá ocorrer, em virtude dos diferentes fatores que afetam a absorção e a distribuição deste nutriente no interior das plantas (CASTELANE et al., 1988). A anomalia é mais freqüente à medida que a planta se aproxima do final do ciclo, e sendo possível aumentar a concentração do nutriente nas folhas susceptíveis antes das plantas atingirem a maturação, pode-se prevenir a necrose (THIBODEAU e MINOTTI, 1969).

Salvador et al. (1994), descrevem os sintomas de deficiência de cálcio em folhas novas de cupuaçuzeiro, com enrugamento e recurvamento dos bordos para cima, com queda prematura; nas folhas jovens remanescentes há fusão de pontos necróticos entre as nervuras, formando grandes ilhas. Santana et al. (1984), descrevem também sintomas de deficiência deste nutriente em cacauzeiro com necrose em folhas mais novas formando grandes ilhas entre as nervuras, dispostas simetricamente ao longo da nervura central, havendo queda prematura das folhas, evidenciando desta forma, a importância do nutriente na constituição da parede e divisão celular.



Figura 6. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), à esquerda, sem sintoma de deficiência de cálcio, tratamento completo (C) e, à direita, com deficiência de cálcio (-Ca).

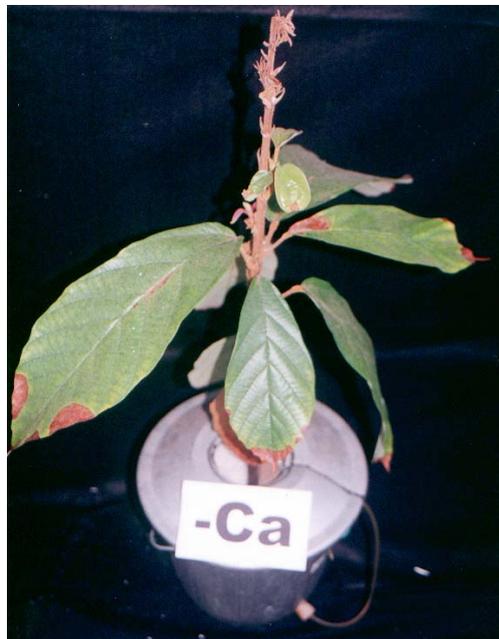


Figura 7. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) com sintomas de deficiência de cálcio (-Ca).

A deficiência de cálcio causa a deformação das folhas, com morte de pontos de crescimento e clorose nas pontas; por sua vez, excesso de cálcio causa a indução de deficiência de magnésio e/ou do potássio (MALAVOLTA, 1980).

Marrocos (1998) trabalhando com duas cultivares de macadâmia em solução nutritiva, observou que nas plantas submetidas à omissão de Ca, as folhas novas apresentaram clorose no limbo, com posterior ressecamento e morte do ápice, a começar pela ponta das folhas.

4.1.5. Magnésio

Os cupuaçuzeiros cultivados em solução com omissão de magnésio (-Mg) apresentaram clorose entre as nervuras secundárias nas folhas inferiores, iniciando do ápice da folha, tendo surgido também manchas marrons, e com progresso da deficiência ocorreu necrose nos bordos (Figura 8). Ocorreu também redução no porte da planta com a omissão de magnésio (Figura 9)

Por ser muito móvel no floema, o magnésio distribui-se facilmente das folhas e tecidos mais velhos para as regiões de maiores exigências, como os meristemas e os órgãos de reserva (EPSTEIN, 1975).

Trabalho desenvolvido por Machicado e Alvim (1954), com cacaueteiro em solução nutritiva, demonstra que as primeiras manifestações do sintoma de deficiência de magnésio foram nas folhas mais velhas. Surge na região internerval, principalmente na metade da lâmina, apresentando mancha cor de café de tamanho variado. Antes da queda das folhas, toda a lâmina tornava-se amarela, com exceção das aéreas afetadas. Esses sintomas de deficiência de magnésio em cacaueteiro são semelhantes aos obtidos com cupuaçuzeiro.



Figura 8. Folha de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) com sintomas de deficiência de magnésio (-Mg).



Figura 9. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), à esquerda, sem sintomas de deficiência de magnésio, tratamento completo (C) e, à direita, com deficiência de magnésio (-Mg).

Em plantas de cupuaçuzeiro desenvolvidas em solução nutritiva, Salvador et al. (1994), descreveram os sintomas de deficiência de magnésio que se caracterizaram por clorose internerval mais intensa nas folhas velhas, contrastando com o verde acentuado das nervuras.

Pesquisa realizada por Santana et al. (1984), com cacaueiro, descreve sintomas de deficiência de magnésio em folhas velhas apresentando clorose, geralmente acompanhada de necrose, formando ilhas de tecidos mortos entre as nervuras, havendo às vezes necrose marginal.

4.1.6. Enxofre

Os sintomas de deficiências nas plantas de cupuaçuzeiro, quando da omissão de enxofre, foram observados em folhas superiores, com verde mais claro e as nervuras mostraram-se mais pálidas em relação à borda da folha; no decorrer do ensaio apresentaram-se pontos cloróticos por toda a folha (Figura 10). Com a omissão de enxofre também foi observado redução no número e tamanho das folhas, assim como no porte da planta (Figura 11).

De acordo com Salvador et al. (1994), com omissão do enxofre na solução nutritiva, o cupuaçuzeiro apresentou uma coloração foliar mais clara em relação às folhas normais, com as nervuras mais pálidas em relação ao limbo, havendo também formação de gemas dormentes.

Sintomas de deficiência de enxofre foram observados por Nakayama et al. (1998), em cacaueiro, em que folhas velhas, aproximadamente na seção mediana para a base da folha, as nervuras primárias, secundárias e as nervuras do bordo foliar apresentaram coloração amarelada, enquanto que as nervuras terciárias mostraram verdes escuros com fundo reticulado de coloração amarelado, posteriormente evoluindo para a necrose.



Figura 10. Folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), à esquerda, sem sintomas de deficiência de enxofre, tratamento completo (C) e, à direita, com deficiência de enxofre (-S).



Figura 11. Cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), à esquerda, sem sintomas de deficiência de enxofre, tratamento completo (C) e, à direita, com deficiência de enxofre (-S).

Chepote et al. (1984), relatam que os sintomas de deficiências de enxofre, em guaranazeiro, caracterizam-se por uma clorose entre as nervuras de todas as folhas, evoluindo para necroses leves, distribuídas irregularmente no limbo das folhas maduras.

4.2. EFEITOS DAS OMISSÕES DOS MACRONUTRIENTES SOBRE A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

A produção de matéria seca das folhas superiores, folhas inferiores, caule mais ramos, raiz e total da planta, com omissão dos tratamentos encontram-se na Tabela 2. Constata-se que os tratamentos com omissão de nitrogênio com 2,42 g/planta, cálcio com 9,92 g/planta e magnésio com 9,27 g/planta, reduziram a produção de matéria seca das folhas superiores, quando comparado ao tratamento completo, com 27 g/planta. Resultados de trabalhos de pesquisa mostrando a redução da produção de matéria seca das folhas superiores com a omissão individual de nitrogênio e cálcio também foram obtidos por Fasabi (1996), em plantas de malva. Viégas et al. (1998), trabalhando com plantas de quina, observaram redução na produção de matéria seca para todas as omissões individuais de macronutrientes, com exceção do potássio, quando comparado ao tratamento completo.

Com relação à produção de matéria seca em folhas inferiores, os tratamentos com omissões de nitrogênio e cálcio mostraram redução, quando comparados ao completo. Trabalhando com plantas de malva, Fasabi (1996) obteve resultados semelhantes, quando das omissões isoladas destes nutrientes.

Com relação à produção de matéria seca de caule+ramos (Tabela 2), à exceção do tratamento com omissão de potássio, os demais proporcionaram menor crescimento de caule+ramos, comparativamente ao tratamento completo, sendo o maior decréscimo verificado quando foi omitido nitrogênio.

Para a produção de matéria seca de raiz, observa-se (Tabela 2 e Figura 12) que todos os tratamentos com omissão de macronutrientes apresentaram redução em relação ao completo. Resultados semelhantes foram encontrados também em trabalho desenvolvido por Fasabi (1996), em plantas de malva, por meio das omissões individuais de macronutrientes, quando comparado ao tratamento completo.

Tabela 2. Produção de matéria seca (g/planta) das diferentes partes do cupuaçuzeiro, em função dos tratamentos.

Trat	Partes da planta (g/planta)					CR (%)	PA/raiz
	Folhas Superiores	Folhas Inferiores	Caule+ ramos	Raízes	Total		
Comp	27,00 a	10,45 abc	43,50 a	30,00 a	110,97 a	100	2,6
-N	2,42 c	3,10 d	11,27 d	10,35 d	27,27 d	24	1,6
-P	23,75 a	7,60 bc	30,25 bc	22,25 b	83,85 b	75	2,7
-K	23,72 a	11,30 ab	36,00 ab	17,00 bc	88,02 b	79	4,1
-Ca	9,92 bc	6,72 cd	15,12 d	9,5 d	41,40 cd	37	3,3
-Mg	9,27 bc	10,67 ab	13,52 d	11,87 cd	45,40 c	40	2,8
-S	23,42 a	11,52 a	19,15 bc	18,25 b	72,95 b	65	2,9
CV%	18,26	19,18	22,61	15,39	11,36	—	—

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

CR = Crescimento Relativo.

PA = Parte aérea.

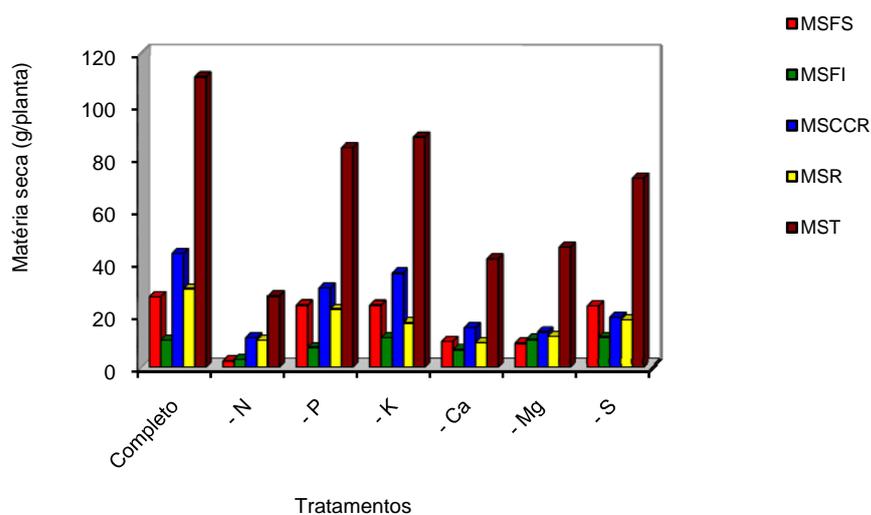


Figura 12. Peso de matéria seca (g/planta) de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

Vários pesquisadores afirmam que o nível absoluto de um nutriente no meio que envolve as raízes, não é o fator limitante mais importante relacionado ao crescimento das plantas, mais sim, as quantidades dos elementos relacionadas um com outro (TISDALE e NELSON, 1970).

As omissões isoladas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre reduziram a produção de matéria seca total, em relação ao completo. A menor produção foi na omissão de nitrogênio, com 27,27 g/planta. Veloso (1993), trabalhando com planta de pimenta do reino, obteve redução na produção média de matéria seca, quando o nitrogênio foi omitido, obtendo valores de 33,57 g/planta para o tratamento completo e 13,28 g/planta na omissão de N.

O crescimento relativo (CR) obedeceu a seguinte ordem decrescente: completo>potássio>fósforo>enxofre>magnésio>cálcio>nitrogênio, deduzindo-se, dessa maneira, que o desenvolvimento da planta, durante o período experimental, foi menos afetado pela carência de potássio, com redução de 21% da matéria seca e mais afetado pelo nitrogênio, com redução de 76% da matéria seca.

No que se refere à distribuição percentual da produção de matéria seca nas diversas partes do cupuaçuzeiro (Figura 13), observa-se que nas folhas superiores a maior participação da matéria seca, foi observada com a omissão de fósforo e potássio, seguido do tratamento com omissão de enxofre e a menor com omissão de nitrogênio. Para as folhas inferiores, o maior percentual de participação da matéria seca foi com as omissões de potássio e magnésio, enquanto que as omissões de nitrogênio e cálcio tiveram a menor participação da matéria seca. Com referência ao caule+ramos, a maior participação ficou com as omissões de fósforo e potássio; e a menor participação, com as omissões individuais de nitrogênio, magnésio e cálcio. Para as raízes, a maior participação percentual foi com a omissão de fósforo e a menor participação com a omissão individual de cálcio. No que se refere ao tratamento completo, a parte que teve o maior percentual de produção de matéria seca foi o caule+ramos, enquanto que o menor percentual ficou com as folha inferiores.

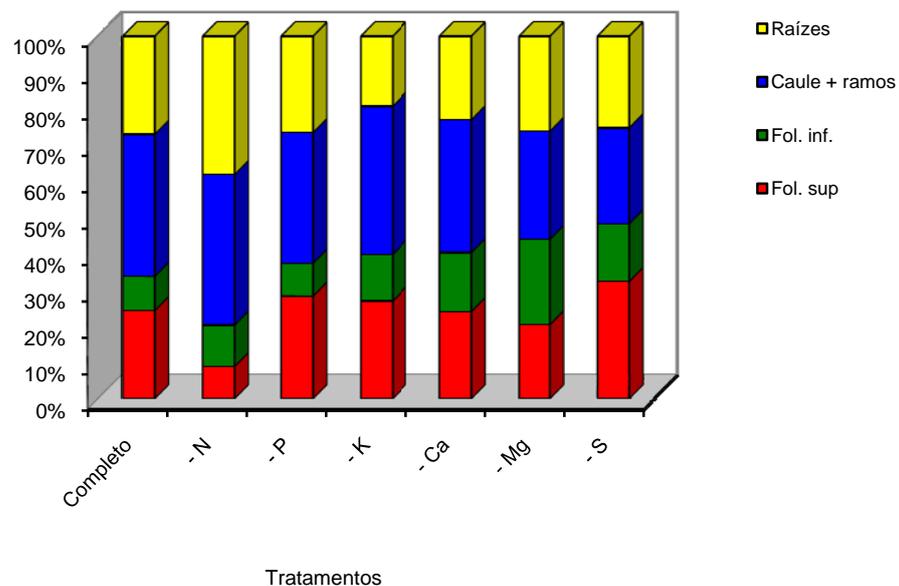


Figura 13. Distribuição percentual da produção de matéria seca nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes do cupuaçuzeiro, em função dos tratamentos.

No que se refere à distribuição percentual da produção de matéria seca nas diversas partes do cupuaçuzeiro (Figura 13), observa-se que o caule+ramos apresentou maior participação na produção de matéria seca em todas as omissões individuais e com menor participação ficou a produção de matéria seca das folhas inferiores.

Para a produção de matéria seca das folhas superiores e inferiores, observa-se que o tratamento com omissão de nitrogênio apresentou maior prejuízo para a planta com a redução desta produção.

4.3. TEORES DE NUTRIENTES

4.3.1. Nitrogênio

Os resultados dos teores de nitrogênio nas diferentes partes do cupuaçuzeiro, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 3. Constata-se, pelos dados apresentados, que houve redução no teor de nitrogênio nas folhas superiores quando da omissão deste nutriente, seguido dos tratamentos com a omissão de fósforo e potássio, em relação ao tratamento completo. Salvador et al. (1994) também obtiveram resultados semelhantes no teor de nitrogênio na terceira folha superior, em plantas de cupuaçuzeiro cultivadas em solução nutritiva. Fasabi (1996), trabalhando com plantas de malva também obteve redução no teor nitrogênio nas folhas superiores no tratamento em que o mesmo foi omitido, seguido do tratamento com omissão de enxofre. O teor de nitrogênio, nas folhas superiores com omissão deste nutriente, foi de 10,05 g/kg, cujo tratamento provocou sintomas de deficiências bem característicos, enquanto no tratamento completo, sem deficiência, o teor foi de 19,27 g/kg. Salvador et al. (1994), obtiveram teores de 10,10 g/kg de nitrogênio na terceira folha superior, com deficiência e 22,40 g/kg no tratamento completo, sem deficiência. Por sua vez, Fasabi (1996) obteve teores de nitrogênio de 33,5 g/kg em folhas superiores de malva, sem deficiência, sendo superior ao obtido na presente pesquisa com cupuaçuzeiro, que foi de 19,27 g/kg, indicando ser o cupuaçuzeiro menos exigente em nitrogênio do que a malva.

O teor de nitrogênio nas folhas inferiores sofreu redução quando o nutriente foi omitido, comparado ao tratamento completo, sendo de 10,09 g/kg de N para a omissão de nitrogênio e de 25,50 g/kg de N para o completo. Salvador et al. (1994), trabalhando com cupuaçuzeiro, observaram que houve, também, redução no teor de nitrogênio em folhas inferiores quando o mesmo nutriente foi omitido, obtendo valores de 10,5 g/kg de N nas folhas inferiores com sintomas e 22,5 g/kg de N nas folhas inferiores sem sintomas.

Tabela 3. Teores de nitrogênio (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas superiores	Folhas inferiores	Caule+ramos	Raízes
Completo	19,27 b	25,50 a	8,55 a	9,95 c
-N	10,05 c	10,09 d	3,02 c	6,02 d
-P	13,71 c	11,57 d	5,45 b	11,50 bc
-K	12,96 c	18,94 c	6,96 ab	9,39 c
-Ca	26,59 a	20,68 bc	8,23 a	13,58 ab
-Mg	27,08 a	22,47 b	7,94 a	12,69 ab
-S	23,95 a	20,82 bc	7,22 a	14,98 a
CV%	8,93	6,07	10,62	9,80

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

Também ocorreu redução no teor de nitrogênio nas folhas inferiores, conforme se observa na Tabela 3, com as omissões individuais de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, quando comparado ao tratamento completo. Marrocos e Martinez (1998) também obtiveram redução no teor de nitrogênio em folhas inferiores de macadâmia com omissão individual de cálcio, concordando parcialmente com este trabalho.

O teor de nitrogênio no caule+ramos foi reduzido para 3,02 g/kg com a omissão de nitrogênio, quando comparado com o tratamento completo, que atingiu 8,55 g/kg de N (Tabela 3). Houve também redução no teor de nitrogênio na omissão individual de fósforo. Para os demais tratamentos o teor de nitrogênio, nas omissões individuais de potássio, cálcio, magnésio e enxofre não provocaram redução estatisticamente significativa quando comparado ao completo. Esses são contrários aos resultados obtidos por Dias et al. (1994), trabalhando com plantas de *Acacia mangium*, em que o teor de nitrogênio no caule+ramos, quando este nutriente foi omitido não diferiu do tratamento completo, não havendo também diferença para os demais tratamentos, com exceção da omissão de enxofre que apresentou aumento, quando comparado ao padrão.

Constata-se nas raízes, que a omissão individual de nitrogênio apresentou redução do teor deste nutriente, em relação ao tratamento completo (Tabela 3). O teor de nitrogênio nas raízes com a omissão desse nutriente foi de 6,02 g/kg, enquanto no completo foi de 9,95 g/kg de N. Verifica-se também que ocorreu aumento nos teores de nitrogênio nas raízes, com omissões individuais de cálcio, magnésio e enxofre, com valores de 13,58 g/kg, 12,69 g/kg e 14,98 g/kg, respectivamente, comparado ao completo de 9,95 g/kg de N. O fósforo e o potássio quando omitidos não provocaram aumento significativo no teor de nitrogênio, em relação ao tratamento completo.

Com base no tratamento completo (padrão), os teores mais altos de nitrogênio foram obtidos nas folhas inferiores, com 25,5 g/kg de N; posteriormente nas folhas superiores com 19,27 g/kg de N, seguido da raiz, com 9,95 g/kg de N e caule + ramo com 8,55 g/kg de N. No entanto, com omissão de nitrogênio, os teores mais baixos deste nutriente foram obtidos no caule+ramos, com 3,02 g/kg de N, seguido das raízes, com 6,02 g/kg de N e folhas superiores e inferiores com 10,05 g/kg e 10,09 g/kg de N, respectivamente (Figura 14).

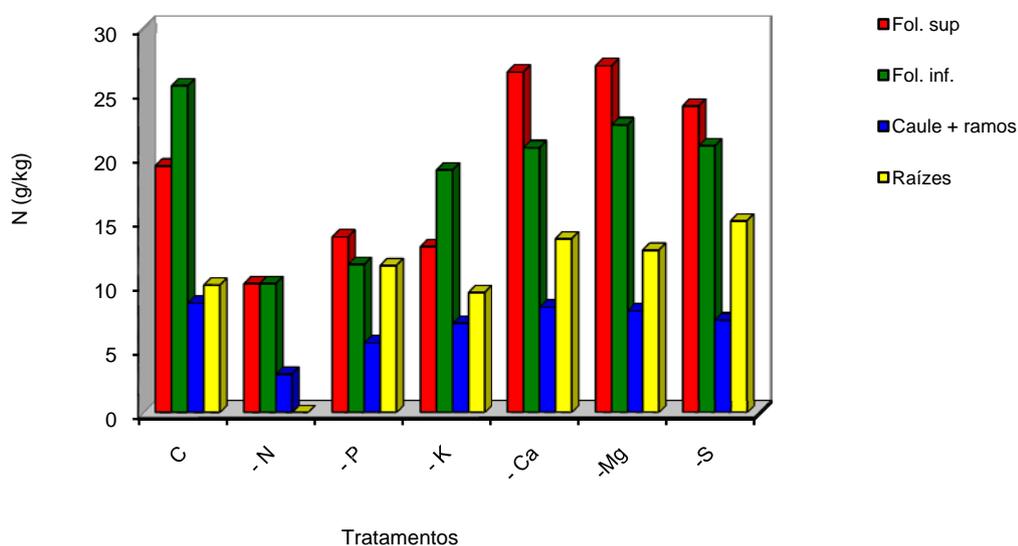


Figura 14. Teores de nitrogênio nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

De acordo com os resultados dos teores de N nas folhas superiores, folhas inferiores, caule+ramos e raízes de cupuaçuzeiro, em função dos tratamentos, mostrados na Tabela 3, ficou evidente a ocorrência de interação: N x P; N x K; N x Ca; N x Mg e N x S, confirmadas pelos dados da Tabela 9. A deficiência de potássio leva a distúrbios no metabolismo do nitrogênio e o resultado são plantas com maior conteúdo de aminoácidos livres e amido (ARNON, 1966). Em consequência da interação em N x S, de acordo com Sfredo e Panizzi (1994), a aplicação de enxofre diminui o teor de nitrogênio na parte aérea de planta de soja.

Sfredo e Panizzi (1994), trabalhando com plantas de soja, concluíram que a adubação potássica geralmente aumenta a eficiência da adubação nitrogenada, acentua a quantidade e qualidade da proteína e, pelo menos parcialmente, neutraliza as consequências de níveis de excesso de nitrogênio. Portanto, essa interação irá beneficiar a qualidade final do produto. O efeito da interação entre N x Mg é relatado por Camargo e Camargo (1990), em que a aplicação da uréia, como fonte de nitrogênio e como adubo foliar, intensifica absorção de magnésio.

4.3.2. Fósforo

Os resultados dos teores de fósforo em diferentes partes do cupuaçuzeiro, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 4. Observa-se que a omissão de fósforo causou redução do teor do nutriente nas folhas superiores, em relação ao tratamento completo. Salvador et al. (1994) também obtiveram redução no teor de fósforo na terceira folha superior de cupuaçuzeiro, com a omissão desse nutriente, comparado ao tratamento completo. Aumento no teor de fósforo foi observado nos tratamentos individuais de cálcio, magnésio e enxofre, em relação ao tratamento completo (Tabela 4), resultado este contrário aos teores de fósforo na terceira folha de cupuaçuzeiro obtidos por Salvador et al. (1994).

O teor de fósforo nas folhas inferiores também reduziu com a omissão deste nutriente, comparado ao tratamento completo. Nas folhas inferiores com a omissão de fósforo, o teor deste nutriente foi de 0,47 g/kg de fósforo, enquanto no tratamento

completo foi de 1,01 g/kg de fósforo. Houve redução no teor de fósforo nas folhas inferiores, com a omissão individual de enxofre, não diferindo estatisticamente do tratamento completo, resultado contrário ao obtido no tratamento com omissão de potássio e de nitrogênio que apresentaram aumento no teor de fósforo nas folhas inferiores, com de 1,49 g/kg e 1,52 g/kg respectivamente, superior ao tratamento padrão.

De acordo com os dados da Tabela 4, a omissão de fósforo também reduziu o teor deste nutriente no caule+ramos, quando comparado com o tratamento completo. O teor de fósforo no caule+ramos, com a omissão deste nutriente, foi de 0,28 g/kg de P, enquanto no completo foi de 1,70 g/kg P. Marrocos et al. (1998), também obtiveram redução no teor de fósforo no caule em plantas de macadâmia, desenvolvidas em solução nutritiva. As omissões individuais de nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre propiciaram aumento no teor de fósforo no caule + ramos, quando comparado ao completo. Observa-se, também, pelos resultados apresentados, que o teor mais alto de fósforo no caule+ramos foi obtido com omissão de cálcio, sendo de 4,32 g/kg de P, ao se comparar com o completo, que foi de 1,7 g/kg P.

Nas raízes, a omissão de fósforo também provocou redução no teor deste macronutriente em relação ao completo, em que os valores obtidos foram de 0,31 g/kg de P para omissão de fósforo e 1,66 g/kg de P para o tratamento completo. O contrário ocorreu com as omissões individuais de cálcio, magnésio e enxofre, que propiciaram aumento no teor de fósforo, quando comparado ao tratamento padrão, com valores de 2,36 g/kg de P para o cálcio, 2,35 g/kg de P para o magnésio, 2,07 g/kg de P para o enxofre e 1,66 g/kg de P para o tratamento completo (Tabela 4).

Por intermédio do tratamento completo, pode-se inferir que os teores de fósforo mais alto foram obtidos nos caule+ramos (1,70 g/kg de P), em seguida não raízes (1,66 g/kg) nas folhas superiores (1,60 g/kg) e por último nas folhas inferiores (1,01 g/kg), conforme apresentado na Figura 15.

Tabela 4. Teores de fósforo (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

Trat.	Folhas superiores	Folhas inferiores	Caule+ramos	Raízes
Completo	1,60 b	1,01 bc	1,70 d	1,66 b
-N	1,81 b	1,52 a	2,56 c	1,39 bc
-P	0,62 c	0,47 d	0,28 e	0,31 d
-K	1,49 b	1,49 a	1,34 d	1,24 c
-Ca	2,39 a	1,32 ab	4,32 a	2,36 a
-Mg	2,42 a	1,27 ab	3,46 b	2,35 a
-S	1,78 a	0,86 c	2,62 c	2,07 a
CV%	13,49	14,22	14,82	9,69

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

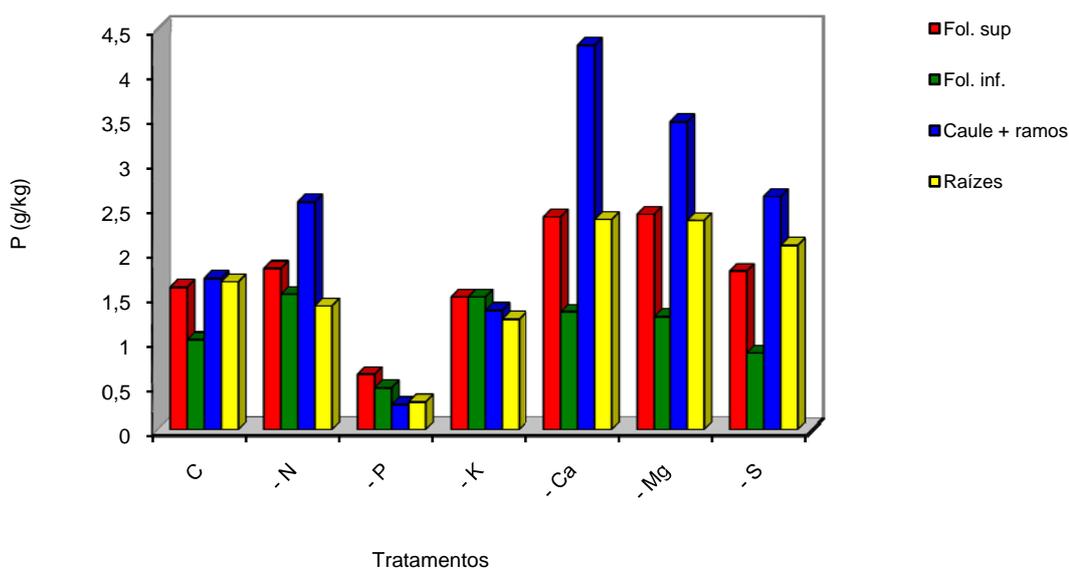


Figura 15. Teores de fósforo nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

Conforme os resultados dos teores de fósforo nas folhas superiores, folhas inferiores, caule+ramos e raízes de cupuaçuzeiro, em função dos tratamentos (Tabela 4), ficou evidenciado a ocorrência das interações: P x N; P x K; P x Ca; P x Mg e P x S (Tabela 9). Kumar et al. (1981), avaliando a interação entre P x S, observaram aumento em grãos de soja, total de açúcar, quando o fósforo foi aplicado na ausência do enxofre. A interação entre P x Ca foi constatada por Pimental (2000) na cultura do dendzeiro,, no Estado do Pará, enquanto Jones et al. (1977) e Thompson Júnior (1978) relatam que as interações entre P x K reduziram o número de sementes danificadas e doentes de soja.

4.3.3. Potássio

Os teores de potássio nas diferentes partes de planta de cupuaçu, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 5. Observa-se que houve redução no teor de potássio, com a omissão deste, em relação ao completo. Reduções no teor foliar de potássio, com omissão deste macronutriente também foram obtidas por Viégas (1998 b), em plantas de quina.

Os teores de potássio nas folhas superiores e inferiores, com omissão deste nutriente, de acordo com este trabalho, foram de 2,57 g/kg de K e 1,45 g/kg de K, respectivamente (Tabela 5), enquanto no tratamento completo, sem deficiência, o teor das folhas superiores foi de 9,63 g/kg de K e nas folhas inferiores foi de 8,46 g/kg de K. Ulrich e Ohki (1966), relataram que os teores foliares de potássio em plantas normais variam na faixa de 7 a 15 g/kg de K. Observa-se que os valores foliares obtidos nesta pesquisa estão dentro da faixa estabelecida por estes autores. Resultado obtido por Salvador et al. (1994), em plantas de cupuaçu, mostra também valor menor do teor de potássio em folhas inferiores, quando este foi omitido, sendo de 2,2 g/kg de K para a omissão individual de potássio, quando comparado ao tratamento completo com 10,9 g/kg de K. Também foi constatado por Sawaki (2000), trabalhando com plantas de jambu, redução no teor de potássio, sendo de 8,15 g/kg de K nas folhas velhas e nas folhas novas de 9,95 g/kg de K, quando comparado com o tratamento completo, com

22,15 g/kg de K nas folhas velhas e 25,35 g/kg de K nas folhas novas. O referido autor constatou que, em folha nova, houve maior aumento no teor de potássio, quando comparado às folhas velhas, resultado semelhante ao obtido nesta pesquisa, que foi de 2,57 g/kg de K nas folhas superiores e 1,45 g/kg de K em folhas inferiores.

Tabela 5. Teores de potássio (g/kg) nas folhas superiores, inferiores, caule+ramos e raízes de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas superiores	Folhas inferiores	Caule+ramos	Raízes
Completo	9,63 bc	8,46 ab	10,67 b	10,52 ab
-N	9,39 bc	6,22 bc	8,03 c	8,29 cd
-P	8,32 c	7,01 bc	8,29 c	6,48 d
-K	2,57 d	1,45 d	1,60 d	1,46 e
-Ca	10,71 ab	5,93 c	13,82 a	9,34 bc
-Mg	12,49 a	10,39 a	14,16 a	12,03 a
-S	9,60 bc	5,34 c	11,47 b	10,14 abc
CV%	9,97	15,77	5,17	10,80

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

O alto teor de potássio nas diversas partes da planta, quando da omissão de magnésio (Tabela 5), era de se esperar, por causa da não ocorrência da inibição competitiva entre esses dois íons (MALAVOLTA, 1980).

O teor de potássio no caule+ramos reduziu com a omissão deste nutriente, quando comparado com o tratamento completo (padrão). O teor de potássio no caule+ramos, com a omissão deste nutriente, foi de 1,60 g/kg de K, enquanto no tratamento completo foi de 10,67 g/kg de K. Os tratamentos com as omissões individuais de cálcio e magnésio aumentaram os teores de potássio, quando comparados ao tratamento completo.

A omissão de potássio provocou a maior redução do teor do nutriente nas raízes (1,46 g/kg de K), quando comparado ao tratamento completo que atingiu 10,52 g/kg de K.

As omissões individuais de nitrogênio e fósforo também reduziram o teor de potássio nas raízes, enquanto que os demais tratamentos não apresentaram diferença no teor de potássio, em relação ao tratamento completo. Resultados contrários foram obtidos por Sawaki (2000) em jambu e Fasabi (1996) em plantas de malva, em que houve aumento no teor de potássio nas raízes pelas omissões isoladas de nitrogênio e fósforo, quando comparado ao tratamento completo.

Baseado no tratamento completo, os teores mais altos de potássio foram obtidos nos caule+ramos (10,67 g/kg de K), seguido das raízes (10,52 g/kg de K), posteriormente nas folhas superiores com 9,63 g/kg de K e, finalmente nas folhas inferiores (8,46 g/kg de K). Em contrapartida, com a omissão de potássio, os teores mais baixos deste nutriente foram obtidos nas folhas inferiores e raízes com 1,45 g/kg e 1,46 g/kg, respectivamente (Figura 16).

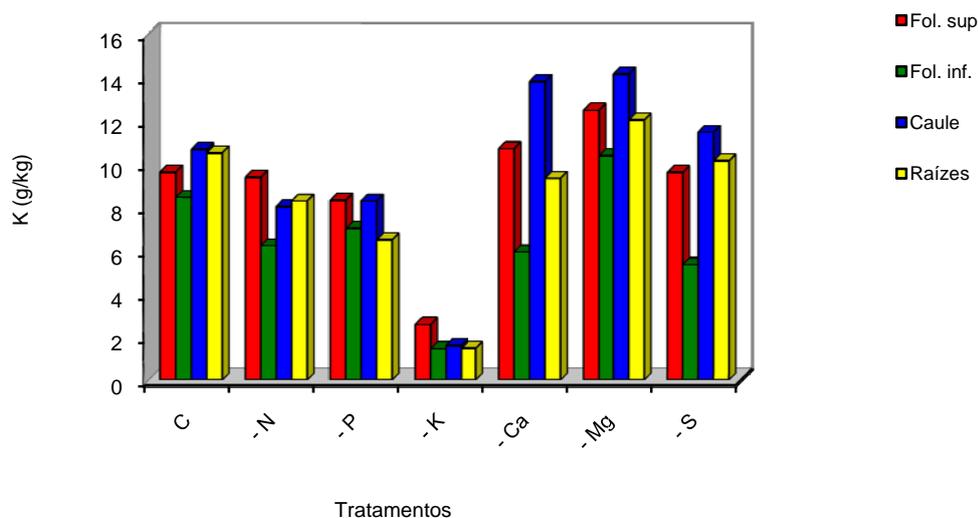


Figura 16. Teores de potássio nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

De acordo com os resultados contidos na Tabela 5, foram constatadas as seguintes interações: K x N; K x P; K x Ca; K x Mg; K x S. Fonseca e Meurer (1994), constataram que o potássio afeta os parâmetros cinéticos de absorção de magnésio, reduzindo acentuadamente a taxa de absorção deste nutriente, por plantas de milho. As interações K x Ca x Mg são citadas com frequência na literatura, ao contrário das interações K x S.

4.3.4. Cálcio

Os resultados dos diferentes teores de cálcio nas diferentes partes do cupuaçuzeiro, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 6. Observa-se que houve redução no teor de cálcio nas folhas superiores, em relação ao completo sob omissão de cálcio e enxofre, o que já havia sido constatado por Salvador et al. (1994), também em plantas de cupuaçuzeiro. No entanto, a omissão de nitrogênio, aumentou o teor de cálcio nos referidas folhas (Figura 17), fato também constatado por SALVADOR et al (1999) em folhas superiores de plantas de goiabeira. As omissões de fósforo, potássio e magnésio não provocaram nenhum efeito estatisticamente significativo nos teores de cálcio nas folhas superiores, quando comparados ao completo.

A maior redução no teor de cálcio, nas folhas inferiores, foi observada com a omissão individual deste nutriente seguida pelas de fósforo e enxofre quando comparado ao completo (Tabela 6), enquanto que os maiores teores de cálcio foram obtidos com a omissão individual de potássio, quando comparado ao tratamento completo, cujo valor para o completo foi de 13,29 g/kg de Ca e para omissão de potássio, de 25,37 g/kg de Ca.

O teor de cálcio no caule+ ramos com a omissão do nutriente, atingiu 10,49 g/kg, não diferindo do completo que foi de 10,51 g/kg de Ca. Os tratamentos com omissão de magnésio e enxofre aumentaram os teores de cálcio no caule+ramos, quando comparado ao tratamento completo. Viégas et al. (1998b), obtiveram baixos teores de cálcio no caule em plantas de quina, com omissão deste macronutriente, cujo

valor atingiu 2,12 g/kg de Ca, e no tratamento completo o valor foi de 3,50 g/kg de Ca, portanto, tais resultados concordam com os desta pesquisa com cupuaçuzeiro (Tabela 6).

A omissão de cálcio também reduziu o teor deste macronutriente nas raízes, que atingiu 2,83 g/kg de Ca em relação ao tratamento completo, que alcançou 12,37 g/kg de Ca. Houve também redução no teor de cálcio com a omissão individual de nitrogênio, quando comparado ao completo (Tabela 6). Entretanto, a omissão individual de magnésio provocou aumento no teor de cálcio nas raízes, quando comparado ao tratamento completo.

Os teores mais baixos de cálcio, em toda a parte da planta, com a omissão do mesmo, encontram-se nas raízes (Figura 17). Fasabi (1996), trabalhando com plantas de malva, relata que o teor mais baixo de cálcio ocorreu nas raízes, também, quando o mesmo nutriente foi omitido e o valor foi de 1,2 g/kg de Ca, enquanto que no tratamento completo, foi de 5,5 g/kg de Ca.

Com base no tratamento completo, os teores mais altos de cálcio foram obtidos nas folhas inferiores (13,29 g/kg de Ca), posteriormente nas raízes (12,37 g/kg de Ca), caule+ramos (10,51 g/kg de Ca) e por último, nas folhas superiores (7,64 g/kg de Ca), conforme mencionado na Tabela 6.

Na Tabela 6, verifica-se as seguintes interações entre: Ca x N; Ca x P; Ca x K; Ca x Mg; Ca x S. O efeito interiônico entre cálcio x potássio e potássio x magnésio, se deve à inibição competitiva entre estes três íons, sendo a absorção de cálcio limitada por altas concentração de potássio e magnésio no meio (MALAVOLTA, 1980). Entretanto, o cálcio em baixa concentração pode aumentar a absorção de potássio, ocorrendo deste modo o sinergismo (MALAVOLTA et al, 1997).

Tabela 6. Teores de cálcio (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas superiores	Folhas inferiores	Caule+ramos	Raízes
Completo	7,64 bc	13,29 b	10,51 cd	12,37 b
-N	10,06 a	11,31 bc	11,21 bc	3,72 c
-P	7,20 c	6,45 d	6,30 e	11,49 b
-K	8,91 ab	25,37 a	8,36 de	11,37 b
-Ca	4,80 e	4,72 d	10,49 cd	2,83 c
-Mg	6,96 cd	12,44 b	22,90 a	24,61 a
-S	5,27 de	9,13 c	12,79 b	10,53 b
CV%	10,23	8,53	7,91	11,72

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

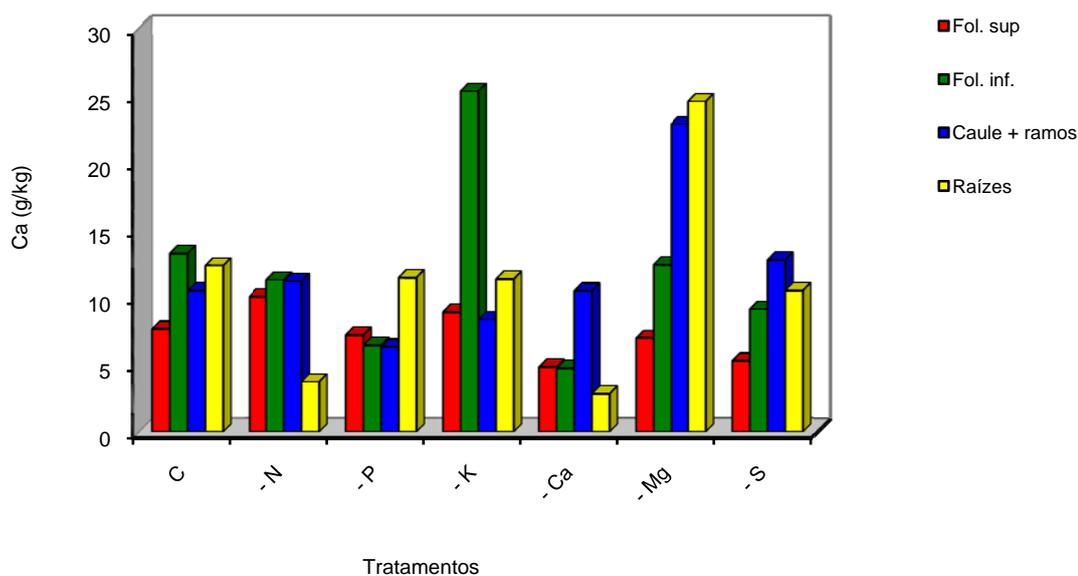


Figura 17. Teores de cálcio nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

4.3.5. Magnésio

Os resultados dos teores de magnésio, nas diferentes partes do cupuaçuzeiro,, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 7. Constatou-se que houve redução acentuada no teor foliar de magnésio em toda parte da planta, quando este nutriente foi omitido, em relação ao padrão. Pelos dados da Tabela 7, observa-se também redução no teor de magnésio nas folhas superiores, com a omissão individual de cálcio e de enxofre. Por sua vez, os tratamentos com omissão de nitrogênio, fósforo e potássio não diferiram do tratamento completo.

Tabela 7. Teores de magnésio (g/kg) nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas superiores	Folhas inferiores	Caule+ramos	Raízes
Completo	7,75 a	4,89 c	3,85 b	6,09 bc
-N	6,78 a	6,99 a	7,30 a	8,59 a
-P	7,49 a	6,99 a	4,53 b	6,53 b
-K	6,97 a	5,33 bc	4,80 b	4,86 cd
-Ca	3,47 bc	5,82 b	4,39 b	5,41 bc
-Mg	2,82 c	1,53 d	1,57 c	3,44 d
-S	4,86 b	6,12 ab	4,23 b	6,15 bc
CV%	10,82	7,19	10,97	11,23

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

O teor de magnésio nas folhas superiores, com a omissão deste macronutriente, foi de 2,82 g/kg de Mg, e o sintoma de deficiência deste nutriente ocorreu como na maioria das culturas, ou seja, clorose entre as nervuras, enquanto no tratamento completo, sem deficiência, o teor nas folhas superiores foi de 7,75 g/kg de Mg. Salvador et al. (1994), observaram redução no teor de magnésio na terceira folha de cupuaçuzeiro, quando da omissão deste nutriente, sendo de 2 g/kg de Mg em folhas com sintoma de deficiência e de 3 g/kg para folha sem deficiência, tratamento completo. Viégas et al. (1998), trabalhando com plantas de juta e Veloso (1993), em plantas de pimenta do reino, obtiveram teores mais baixos de magnésio, em relação ao tratamento completo.

Houve aumento nos teores de magnésio nas folhas inferiores, quando da omissão individual de nitrogênio, fósforo, e enxofre, comparado ao tratamento completo. Em contrapartida, Fasabi (1996), em plantas de malva, observou que esses mesmos nutrientes não diferiram do tratamento completo.

O teor de magnésio do caule+ramos também foi reduzido com a omissão deste macronutriente, quando comparado ao completo. O teor de magnésio no caule+ramos, com a omissão deste nutriente, foi de 1,57 g/kg de Mg, enquanto no tratamento completo foi de 3,85 g/kg. O tratamento com a omissão de nitrogênio aumentou o teor de magnésio no caule+ramos quando comparado ao tratamento completo, enquanto que tratamentos com as omissões de fósforo, potássio, cálcio, enxofre e completo não diferiram entre si (Tabela 7).

O teor de magnésio nas raízes, com a omissão deste nutriente, foi de 3,44 g/kg de Mg, enquanto no completo foi de 6,09 g/kg de Mg. Fasabi (1996), trabalhando com malva também obteve baixo teor de magnésio nas raízes, quando este macronutriente foi omitido, cujo valor foi de 0,8 g/kg de Mg, no entanto, no tratamento completo, o teor de magnésio nas raízes, foi de 2,9 g/kg de Mg, portanto compatível com esta pesquisa.

Baseado no tratamento completo, os teores mais altos de magnésio foram obtidos nas folhas superiores e raízes, com 7,75 g/kg e 6,09 g/kg de Mg, respectivamente, posteriormente, em folhas inferiores, com 4,89 g/kg de Mg, e por último nos caule+ramos, com 3,85 g/kg de Mg (Figura 18). No entanto, com a omissão de magnésio, os teores mais baixos de magnésio foram obtido nas folhas inferiores (1,53 g/kg de Mg), seguido do caule+ramos (1,57 g/kg de Mg), folhas superiores (2,82 g/kg) e por último as raízes (3,44 g/kg de Mg), conforme verifica-se na Figura 18.

As interações observadas entre os teores de magnésio nas diversas partes de cupuaçuzeiro em função dos tratamentos com omissão foram: Mg x N; Mg x P; Mg x Ca; Mg x S (Tabela 9). Camargo (1998), relata que o excesso de Ca ou Mg no solo provoca diminuição da concentração de potássio nas folhas, e o excesso de potássio no solo diminui a absorção de magnésio até o surgimento de sintomas de carência deste nutriente.

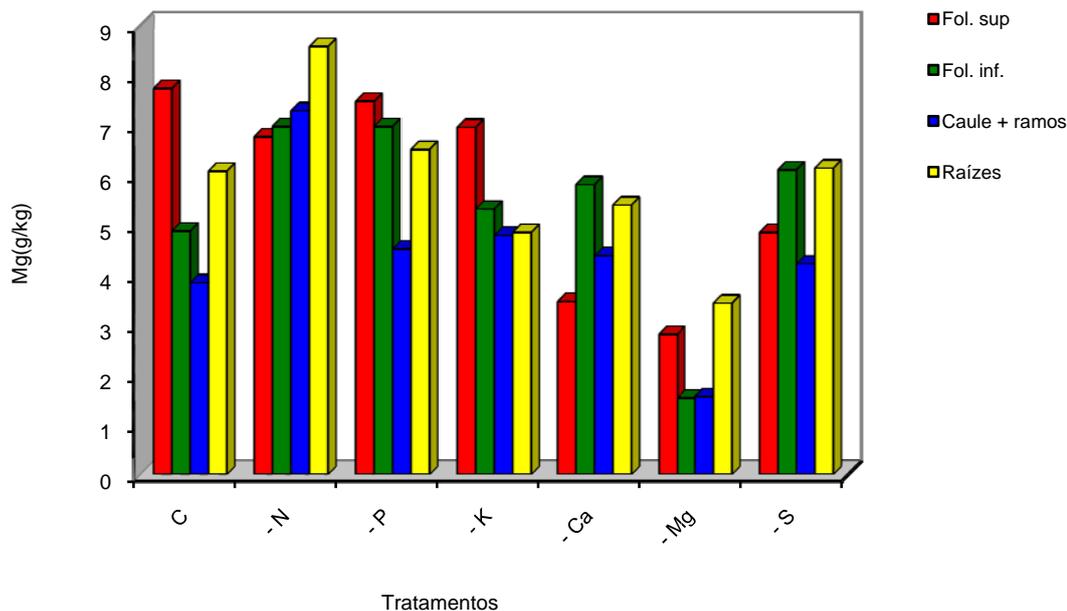


Figura 18. Teores de magnésio nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

4.3.6. Enxofre

Os resultados dos teores de enxofre nas diferentes partes do cupuaçuzeiro, em função dos tratamentos, encontram-se na Tabela 8. Observa-se que houve redução nos teores foliares de enxofre, com omissão deste nutriente, somente nas folhas superiores e inferiores em relação ao tratamento completo. Redução dos teores foliares de enxofre também foram obtidos por Amaral (1983), em seringueira; Viégas et al. (1992), em juta; Fasabi (1996), em malva; e Veloso (1993), em pimenta do reino.

Tabela 8. Teores de enxofre (g /kg) nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

Tratamentos	Folhas superiores	Folhas inferiores	Caule+ramos	Raízes
Completo	4,73 c	2,50 cd	1,30 c	1,37 c
-N	9,54 a	3,55 c	1,12 cd	2,46 b
-P	2,39 de	1,43 de	1,15 cd	1,10 cd
-K	4,25 c	8,92 a	0,70 d	0,70 d
-Ca	7,56 b	7,70 b	2,12 b	3,45 a
-Mg	2,90 d	3,35 c	5,80 a	2,72 b
-S	1,37 e	1,30 e	0,80 cd	0,95 cd
CV%	11,14	11,74	13,63	11,49

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

Os teores de enxofre nas folhas superiores, com a omissão do mesmo, foram de 1,37 g/kg de S, enquanto no tratamento completo, sem deficiência, o teor foi de 4,73 g/kg de S. Salvador et al. (1994), obtiveram 1,7 g/kg de S, em folhas superiores de cupuaçuzeiro com deficiência, teor superior ao obtido na presente pesquisa, e para o completo, 3 g/kg de S, inferior a este trabalho.

As omissões individuais de fósforo e magnésio nas folhas superiores provocaram redução no teor de enxofre, sendo de 2,39 g/kg de S e 2,90 g/kg de S, respectivamente, comparado ao tratamento completo (Tabela 8). Observe-se que os maiores aumentos no teor de enxofre nas folhas superiores ficaram com as omissões individuais de nitrogênio e cálcio.

Segundo Thomaz et al. (1950), a estreita relação entre o metabolismo do enxofre do nitrogênio dentro das plantas baseia-se, em grande parte, no fato de que aminoácidos contendo enxofre são constituintes das proteínas das plantas.

O teor de enxofre nas folhas inferiores com as omissões isoladas de nitrogênio, fósforo e magnésio não diferiu do tratamento padrão, enquanto que o teor de enxofre aumentou com as omissões de potássio e cálcio. Sawaki (2000), trabalhando com jambu, obteve aumento no teor de enxofre nas folhas superiores nas omissões de cálcio e magnésio, enquanto que para os demais tratamentos com omissão de nitrogênio, fósforo e potássio houve redução no teor de enxofre.

O teor de enxofre no caule+ramos também reduziu com a omissão de enxofre, quando comparado ao completo, porém essa redução não foi estatisticamente significativa. O teor de enxofre no caule+ramos, com a omissão deste nutriente, foi de 0,80g/kg de S, enquanto no tratamento completo foi de 1,30 g/kg de S (Tabela 8). Houve, também, redução estatisticamente significativa nos teores de enxofre no caule+ramos com a omissão individual de potássio em relação ao completo. Entretanto, para a omissão individual de cálcio e magnésio ocorreu aumento significativo no teor de enxofre, quando comparado ao completo (Figura 19).

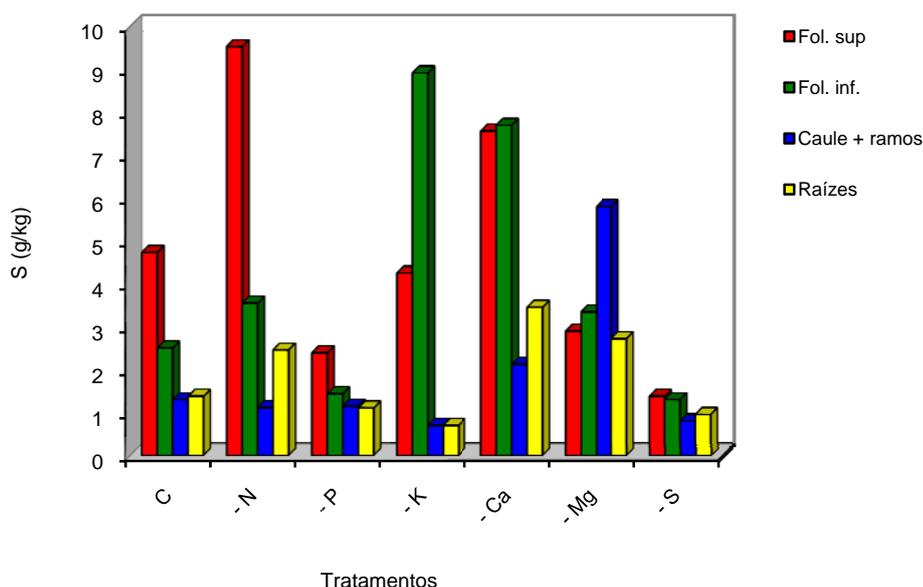


Figura 19. Teores de enxofre nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

O teor de enxofre nas raízes, com a omissão do mesmo foi de 0,95 g/kg de S, enquanto no tratamento completo foi de 1,37 g/kg de S. Também, foi obtido por Veloso (1993), em plantas de pimenta do reino, baixo teor de enxofre nas raízes com a omissão deste nutriente, sendo de 3,3 g/kg de S, e no tratamento completo, de 4,3 g/kg de S.

De acordo com Malavolta (1984), a absorção de enxofre depende da concentração deste nutriente na solução, e indiretamente dos cátions que o acompanham, obedecendo a seguinte ordem crescente: Ca > Mg > Na > NH₄ > K.

Com base no tratamento completo, os teores mais altos de enxofre foram obtidos nas folhas superiores com 4,73 g/kg de S, posteriormente nas folhas inferiores (2,50 g/kg de S), caule+ramos (1,30 g/kg de S), e por último nas raízes (1,37 g/kg), conforme mostrado na Tabela 8.

Pelos resultados contidos na Tabela 8, ocorreram as seguintes interações: S x N; S x P; S x K; S x Ca; S x Mg.

Tabela 9. Interação entre os teores obtidos de macronutrientes nas folhas superiores e inferiores, caule+ramos e raízes de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em função dos tratamentos.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas superiores						
Omissão N	-	0	0	+	0	+
Omissão P	-	-	0	0	0	-
Omissão K	-	0	-	0	0	0
Omissão Ca	+	+	0	-	-	+
Omissão Mg	+	+	+	0	-	-
Omissão S	+	+	0	-	-	-
Folhas inferiores						
Omissão N	-	+	0	0	+	0
Omissão P	-	-	0	-	+	0
Omissão K	-	+	-	+	0	+
Omissão Ca	-	0	-	-	+	0
Omissão Mg	-	0	0	0	-	0
Omissão S	-	0	-	-	+	-
Caule + Ramos						
Omissão N	-	+	-	0	+	0
Omissão P	-	-	-	-	0	0
Omissão K	0	0	-	0	0	-
Omissão Ca	0	+	+	0	0	+
Omissão Mg	0	+	+	+	-	+
Omissão S	0	+	0	+	0	0
Raízes						
Omissão N	-	0	-	-	+	+
Omissão P	0	-	-	0	0	0
Omissão K	0	-	-	0	0	-
Omissão Ca	+	+	0	-	0	+
Omissão Mg	+	+	0	+	-	+
Omissão S	+	+	0	0	0	0

0 = sem efeito

+ = aumento

- =diminui

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

1. O tratamento com omissão de nitrogênio foi aquele que mais afeta a produção de matéria seca total, e para os demais tratamentos o decréscimo de produção manifestou-se na seguinte ordem: - K> -P> -S> -Mg> -Ca.

2. As omissões individuais de N, P, K, Ca, Mg promoveram redução nos teores dos mesmos, nas diferentes partes de cupuaçuzeiro.

3. As omissões individuais de macronutrientes promoveram alterações na composição mineral das folhas, caule + ramos e raízes de cupuaçuzeiro.

4. Todos os sintomas descritos com a omissão individual de cada nutriente no cupuaçuzeiro, foram evidenciados pela menor concentração do nutriente nas folhas, quando comparado ao tratamento completo.

5. As concentrações dos nutrientes nas folhas superiores e inferiores, adequados e deficientes para, o cupuaçuzeiro, foram, respectivamente.

I) Adequadas

N = 19,27 e 25,50 (g/kg)

P = 1,60 e 1,01 (g/kg)

K = 9,63 e 8,46 (g/kg)

Ca = 7,64 e 13,29 (g/kg)

Mg = 7,75 e 4,89 (g/kg)

S = 4,73 e 2,50 (g/kg)

II) Deficientes

10,05 e 10,09 (g/kg)

0,62 e 0,47 (g/kg)

2,57 e 1,45 (g/kg)

4,80 e 4,72 (g/kg)

2,82 e 1,53 (g/kg)

1,37 e 1,30 (g/kg)

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, D. W. **Deficiência de macronutrientes e de boro em seringueira (*Hevea brasiliensis* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1983. 44p.

ARNON, I. Quality criteria os agricultural procduce and the influence os mineral fertilizens on quality. Potassium and the quality of agricultural products. In: CONGRESSO OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 8, 1996, Berne. **Proceedings**: Berne: International Potash Institute, 1966. p. 339-400.

BARBOSA, W. C., NAZARÉ, R. F. R. de.; NAGATA, I. **Estudo tecnológico de frutas da Amazônia**. Belém: Embrapa - CPATU, 1978. 19p. (Embrapa – CPATU. Comunicado Técnico, 3).

BERBERT, P. R. F. Determinação do teor e caracterização das gorduras das sementes de *Theobroma grandiflorum* L. (cupuaçu) e de *Theobroma bicolor* L. (cacau tigre). Ilhéus: CEPLAC-CEPEC, 1979. (CEPLAC-CEPEC. Informe Técnico)

BLEVINS, D. G. Por que as plantas precisam de fósforo Informações Agronômicas. , 83(2): 29, 1999. **Informações Agronômicas**, n. 87, p. 2, 1999.

BUENO, N. Alguns aspectos recentes da nutrição do cupuaçuzeiro. SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. P.77-87 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

CALZAVARA, B. B. G. **Cupuaçuzeiro**. Belém: Embrapa-CPATU, 1987.3p.((Embrapa-CPATU .Recomendações Básicas, 001).

CALZAVARA, B. B. G.; MÜLLER, C.H.; KAHWAGE, O. de N. C. **Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro, cultivo, beneficiamento e utilização do fruto**. Belém: Embrapa-CPATU, 1984. 101p. (Embrapa – CPATU. Documentos, 32).

CAMARGO, P. N. de; CAMARGO, O. S. Manual de abubação foliar. São Paulo: Herba, 1990. 256p.

CAMARGO, P. N. de. Manual de adubação foliar. São Paulo, 1998. 94-145 p.

CASTELLANE, P. D; FERREIRA, M. E; MAEDA, A. H. Diagnose da fertilidade dos solos cultivados com hortaliças no município de Atibaia (SP). **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 6, p.50, 1988.

CAVALCANTE, P. C. Frutas comestíveis da Amazônia. 3. ed. Belém: INPA, 1976. 166p.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 5. ed. Belém: CEJUP: CNPq: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. 279p (Coleção Adolfo Ducke).

CAVALCANTE, A. da. S. L.; COSTA, J. G. da. Situação atual e perspectiva da cultura do cupuaçuzeiro no Estado do Acre, Amazônia Ocidental Brasileira. SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. 119-124p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89)

CHEPOTE, R.E.; SANTANA, M.B.M.; SACRAMENTO, C.K. do. Sintomas de deficiências minerais em guaraná. **Revista Theobroma**, v. 14, n.4 out. / dez,p. 305-312. 1984.

CLEMENT, C. R.; ARKCOLL, D. B. A política florestal e o futuro promissory da fruticultura na Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 12, n. 4, p. 677-695, dez. 1982.

CUATRECASAS, J. Cacao and its allies: a taxonomy revision of genus Theobroma. United States Natural Herbarium, Washington, v. 35. n. 6. p. 375-614, 1964.

DELLA GUARDIA, M. D. BENLLOCH, M. Effects of potassium gibberilic acid on stemgrowth of whole sunflower plants. **Physiology Plantarum** v. 49, p. 443-448. 1980.

DIAS, L. E.; FÉRIAS, S. M. de.; FRANCO, A. A. Crescimento de mudas de *Acácia mangium* Will em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 18, n.2, p. 123-131, 1994.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas**; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro:. Livro Técnico e Científico, 1975. 5345p.

FASABI, J. A. V.; Carência de macro e micronutrientes em plantas de malva (*Urena lobata*), variedade br-01. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias do Pará. Belém, 1996. 87p.

FERRI, M. G. Fisiologia vegetal . 2. ed. São Paulo: EPU, 1985. v. 1.

FONSECA, J. A; MEURER, E. J. Cinética de absorção de K e Mg em plantas de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, 1994, Petrolina, **Anais...** Petrolina: SBCS: Embrapa-CPATSA, 1994. p. 33-34.

GASPAROTTO, L.; ARAÚJO, R. da C.; SILVA, S. E. L. da S. Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais – Programa SHIFT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA DO REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p.103-108 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

HAAG, H. P; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Nutrição mineral de hortaliça. XC. Deficiências de macronutrientes, boro e zinco em milho doce. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**. v. 47, p. 507-517. 1990.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347p.

HOMMA, A. O. Cupuaçu: potencialidade e mercado, algumas especulações. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA, 1., 1996, Manaus. **Anais**. Manaus: Embrapa-CPAA, 1996. p.170.

IBGE (Rio de Janeiro, Rj) Levantamento sistemático da produção agrícola: relatório por produtos: culturas permanentes. Rio de Janeiro, 2002.

JACOBSON, L; Maintenance of Fe supply. **Plant Physiology**, Rockville, v. 26, p. 411-413, 1951.

JONES, G. D; LUTZ JÚNIOR, J. A.; SMITH, T. J. Effects of phosphorus and potassium on soybean nodules and seed yield. **Agronomy Journal Madison**, v. 74, p. 860-890, 1977.

KUMAR, V.; SINGH, M.; SINGH, N. Effect of sulphate, phosphate and molybdate application on quality of soybean grain. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 59, n. 1, p. 3-8, 1981.

MACHICADO, M.; ALVIM, P. de T. Sintomatologia de las deficiencias minerales de cacao. **Turrialba**: v. 4, n. 3, p.155-163, 1954.

MALAVOLTA, E. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras.3 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1984. 91p. (Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Boletim Técnico).

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

MALAVOLTA, E. ABC da Adubação. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292p.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETO, A. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citrus. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 153p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319p.

MARROCOS, P. C. L.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVAREZ, V. H. V; BRUCKNER, C. H. Deficiência de macronutrientes em mudas de *Macadamia intergrifolia* Maiden & Betche, **Agrotrópica**, v. 10, n. 3, p.177, setembro-dezembro, 1998.

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

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CESAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. D. Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação de (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwaite, Mater). Belém: SUDAM: Embrapa-CPATU, 1993. 54p.

MELLO de. F. de A. F. de.; SOBRINHO, M. de O. do B.; ARZOLLA, S.; COBRA NETO, A.; KIEHL, J. de C. Fertilidade do solo. 4. ed. Piracicaba: ESALQ, 1983. 400p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 3 ed. Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MÖLLER, M. M.; VIÉGAS, I. de J. M.; MATOS, A. de O.; PARRY, M. M. Análise de tecido vegetal: manual de laboratório. Belém: Embrapa-CPATU, 32p. (Embrapa. CPATU. Documento, 92).

NAKAYAMA, L. H. I.; ALBUQUERQUE, P. S. B. de.; NOGUEIRA, N. L. de.; BOARETTO, A. E. Influência da nutrição mineral na ocorrência da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosus* (STAHEL) Singer) em cacauero. L: Sintomas visuais de deficiência de nutrientes e da doença e observações estruturais. **Agrotrópica** v.10, n. 2, p. 79-86, 1998.

NAZARÉ, R. F. R.; BARBOSA, W. C.; VIÉGAS, R. M. F. Processamento das sementes de cupuaçu para obtenção de cupulate. Belém: Embrapa-CPATU, 1990. 38p. (Embrapa-CPATU . Boletim de Pesquisa, n. 108).

NOGUEIRA, O. L.; CONTO, A. J. de; CALZAVARA, B. B. G.; TEXEIRA, L. B.; KATO, O. R.; OLIVEIRA, R. F. de. Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados. Belém: Embrapa-CPATU.,1991. (Embrapa-CPATU. Documento, 56).

OSAKI, F. Calagem & adubação. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503p.

PIMENTEL, M. J. O. de Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineensis*. Jacq) à aplicação de K e Mg nas condições edafoclimáticas de Tailândia-Pa. 2000. 81p. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 343p.

RIBEIRO, N. C. de A; SACRAMENTO, C. K. do; BARRETO, W. G; SANTOS FILHO, dos L. P. Características físicas e químicas de frutas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* L.). do Sudeste da Bahia. **Agrotrópico**, v. 4, n. 2, p.33-37, 1992.

RIBEIRO, C. C. Perspectiva de utilização tecnológica da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA DO REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p.193-198 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

ROCHA, NETO, O.G. da; SOUZA, A. R.; MARADIAGA, J. B. G.; JUNIOR; R. C. O. de; CARVALHO J. E. V. LAMEIRA, O. A. Principais produtos extrativos da Amazônia e seus coeficientes técnicos. Brasília: IBAMA, 1999.

RODRIGUES, D. M.; SANTANA, A. C. Aspecto da produção e da comercialização do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* L.) no estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p.351-360. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

SALVADOR, J. O; MURAOKA, T. ROSSETTO, R; RIBEIRO, G. de A. Sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**, v. 51, n. 3, p. 407-414, 1994.

SALVADOR, J. O; MOREIRA , A; MURAOKA, T. Efeito da omissão combinada de N,P,K e S nos teores foliares de macronutrientes em mudas de goiabeira. **Scientia Agrícola**, v. 51, n. 2, p. 501-507. abril-junho, 1999.

SAWAKI, H. K. Estudo de sintomas de deficiências de macro e micronutrientes em plantas de jambu (*Spilanthes oleracea*, L.) 63p., 2000. variedade jambu branco ou jamburana.. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

SANTANA, C. J. L. de; SANTANA, M. B. M; ROSAND, P. C. Exigências nutricionais e uso de fertilizantes em sistemas de produção de cacau. Ilhéus: CEPLAC 1984. p.88.

SARRUGE, J. R; HAAG, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.38,

SFREDO, G. J.; PANIZZI, M. C. C. Importância da adubação e da nutrição na qualidade da soja. In: SÁ, M. E. de.; BUZZETTI, S. (Coord.) Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1994. 282p.

SHEAR, C. B.; FAUST, M. Nutrition ranger in deciduous tree fruits and nuts. Horticultures Reviews, n. 2. p. 142-163, 1980.

SILVA, da. R. M. Estudo do sistema reprodutiva e divergência genética em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum (Willd ex Spreng) Schum.*). 151p. 1996. Dissertação de Mestrado – ESALQ, Piracicaba.

TEIXEIRA, N. T.; MARTINS, J.J.R.; MACIEL, C.A.C.; BOVI, M.L.A.; SERAFINI, F. Deficiência nutricional em mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995: Viçosa. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado: **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS, 1995. 584p.

THIBODEAU, I.O; MINOTTI, P. L. The influence of calcium on the development of letruce tipburn. **Proceedings American Society of Horticultura Science**, v. 94, p. 372-376, 1969

THOMPSON JÚNIOR, N. R. A quality os quality soybeans with fertility: In: Potash & Phosphate Institute, 1978. p.1-4.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Fertilidad de suelos y fertilizers. Barcelona, 1970. 760p.

VASCONCELOS, M. N. L.; SILVA, M. L. da; MAIA, J. G.S.; GOTILIEB, O. R. Estudo químico das sementes do cupuaçu. **Acta Amazônica** v. 5, n. 3, p. 293-295, 1975.

VAITSMAN, D. Os minerais e sua função no organismo. **Meios e Métodos** v. 11, n. 60, p.12, 1989.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T. Diagnóstico de sintomas de deficiência de macronutrientes em pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L.). **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 2, p. 232-236, 1993.

VELOSO, C. A. C. Deficiência de macro e micronutrientes e toxidez de alumínio e de manganês na pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L.). 145 p. 1995. Tese Doutorado-Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba.

VENTURIERI, G. A; AGUIAR, J. P. L. Composição do chocolate caseiro de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma gradflorum* (Willd ex Spreng) Schum). **Acta Amazônica**, Manaus, v.18, n. 1/2, p. 3-8, 1988.

VENTURIERI, G. A; ALVES, J. P. B; NOGUEIRA, M. D. **O cultivo do cupuaçuzeiro**. Sociedade Brasileira de Fruticultura, v. 4, n 1, p. 15-17. 1985.

VIÉGAS, I. de J. M; CARVALHO, J. G. de; BRASIL, E. C; SANTIAGO, E. A. de. Sintomas de deficiências de macronutrientes em plantas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Starf.). Belém: Embrapa-CPATU, 1998a, p. 1-5. (Embrapa-CPATU. Comunicado Técnico, 84).

VIÉGAS, I. de J. M.; CARVALHO, J. G. de; ROCHA NETO, O. G. da; SANTIAGO, E. A. de. Carência de macronutrientes em plantas de quina. Belém: Embrapa-CPATU, 1998 b. 31p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 192).

VIÉGAS, I. de J. M; HAAG, P. H; SILVA, J. F. da; MONTEIRO, F. A. Carência de macro e micronutrientes e de boro em plantas de juta (*Corchorus capsularis* L.) variedade Roxa. Belém: Embrapa- CPATU, 1992. 24p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 138).