

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM**

**EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM FRUTO DE  
CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.)  
Schum.) EM TRÊS SOLOS DA AMAZÔNIA CENTRAL**

**EDINALDO LOPES DA COSTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, Área de concentração Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, 2006

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM**

**EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM FRUTO DE  
CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.)  
Schum.) EM TRÊS SOLOS DA AMAZÔNIA CENTRAL**

**EDINALDO LOPES DA COSTA**

ORIENTADOR: Dr. Charles Roland Clement

CO-ORIENTADOR: Dr. Newton P. S. Falcão

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, Área de concentração Agricultura no Trópico Úmido.

FONTE FINANCIADORA: FAPEAM/CNPq

Manaus, 2006

## DEDICATÓRIA

*Este trabalho, despretensioso, dedico ao sofrido povo brasileiro que, desde o primário, custeou meus estudos, e mantém a Universidade pública gratuita.*

## AGRADECIMENTOS

Manifesto, aqui, meus agradecimentos muito sinceros:

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido do INPA que me possibilitou a realização do curso e pelo estímulo e apoio constantes;

Ao Dr. Charles Roland Clement pela Orientação e ao Dr. Newton Paulo de Souza Falcão pela Co-Orientação prestada durante a execução do presente trabalho;

Ao Dr. Wanders Chavez e ao Msc. João Batista Moreira Gomes pelo apoio e colaboração durante a realização do trabalho;

A minha família, D. “Nazaré”, minha mãe, “Edno”, meu pai, e “Edimar” meu irmão que incansavelmente me ajudara nos pequenos detalhes, ajustes e sugestões válidos para essa dissertação;

Aos professores da Universidade Federal do Amazonas, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ocidental - EMBRAPA, pela orientação ao longo da pós-graduação;

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pela bolsa de estudo concedida durante a realização do curso;

Às comunidades dos três municípios que permitiram fazer uso de suas áreas de trabalho e pela inestimável ajuda;

Aos amigos Juan Daniel Fajardo, André Gavinho, Janaína Paulocci e Pjman Samori pelo apoio, amizade e incentivo;

Aos funcionários e amigos do laboratório de análises de solo e plantas do CPCA/INPA pelo auxílio durante a realização das análises de laboratório;

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

# EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM FRUTOS DE CUPUAÇÚ (*Theobroma grandiflorum*) EM TRÊS SOLOS DA AMAZONIA CENTRAL

## RESUMO

Os agricultores que se dedicam ao cultivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum., Sterculiaceae) reconhecem a importância da fertilização para o aumento da produtividade, mas se deparam com a escassez de investigações que possibilitem indicar um esquema de adubação agronomicamente correta e economicamente viável. O presente estudo avaliou o efeito da fertilidade de três solos (Latosolo Amarelo Coeso Típico - LA [Presidente Figueiredo – AM], Latossolo Amarelo Coeso Antrópico – Terra Preta de Índio - TPI [Iranduba – AM] e Gleissolo Háptico Ta Eutrófico - várzea [Manacapuru – AM]) sobre a exportação de nutrientes pelo fruto de cupuaçuzeiro. Em cada sítio foram escolhidas 20 plantas, das quais coletou-se folhas e frutos, bem como amostras de solo na projeção da copa, entre os meses de março a maio de 2004, ocasião de safra na região. Os frutos coletados em solos de várzea apresentaram o maior peso médio (1,64 kg), seguido de TPI (1,34 kg) e LA (1,24 kg). Os maiores teores de potássio no solo ( $0,18 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ) e nas folhas ( $4,22 \text{ g.kg}^{-1}$ ) foram registrados na várzea, seguido de TPI ( $0,12 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$  e  $3,21 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e LA ( $0,09 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$  e  $4,10 \text{ g.kg}^{-1}$ ). A maior concentração de nutrientes foi observada na semente (N, P, Ca, Mg e Zn), casca (Fe e Mn) e polpa (K). As exportações de macro e micronutrientes pelo fruto de cupuaçu obedeceram as seguintes ordens: várzea – K ( $6,61 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > N ( $5,97 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > Mg ( $1,05 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > P ( $0,83 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > Ca ( $0,80 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) e Fe ( $43,45 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ) > Mn ( $20,04 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ) > Zn ( $18,40 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ); TPI – N ( $5,03 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > K ( $4,13 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > Ca ( $1,06 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > Mg ( $0,98 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > P ( $0,84 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) e Fe ( $43,42 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ) > Zn ( $21,87 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ) > Mn ( $17,09 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ); LA – N ( $4,68 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > K ( $4,17 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > Mg ( $0,70 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > Ca ( $0,67 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) > P ( $0,38 \text{ g.fruto}^{-1}$ ) e Fe ( $32,68 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ) > Mn ( $19,43 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ) > Zn ( $14,45 \text{ mg.fruto}^{-1}$ ). A maior exportação de potássio foi observada em várzea, devido à maior fertilidade do solo naquele elemento; o potássio exportado em TPI foi 23,5% inferior ao solo de várzea e de 16,6 % ao LA.

**Termos para indexação:** Latossolo Amarelo, Gleissolo, Latossolo Amarelo Antrópico, nutrição de plantas, cupuaçu, exportação de nutrientes.

## EXPORT OF NUTRIENTS IN CUPUAÇU FRUIT (*Theobroma grandiflorum*) IN THREE SOILS OF THE AMAZONIA

### ABSTRACT

The farmers that grow cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann, Sterculiaceae) recognize the importance of fertilization to increase productivity, but little research has been done to identify an agronomically correct and economically viable, scheme. The present study evaluated the from exportation of nutrients by the cupuaçu fruit three soils (Yellow Oxisol - LA [President Figueiredo - AM], Indian Dark Earth - TPI [Iranduba - AM] and – flood plain [Manacapuru - AM]). In each farm, 20 plants were sampled, and soil, leaves and fruits were collected between March May 2004, the harvest season in the region. The fruits collected from the flood plain were heaviest (1.64 kg), followed by TPI (1.34 kg) and LA (1.24 kg). The highest concentrations of potassium in the soil (288.7 mg.dm<sup>3</sup>) and in the leaf (1.54 g.kg<sup>-1</sup>) were found in the flood plain, followed by TPI (133.8 mg.dm<sup>3</sup> and 1.22 g.kg<sup>-1</sup>) and LA (3.0 mg.dm<sup>3</sup> and 0.73 g.kg<sup>-1</sup>). The highest concentration of nutrients was observed in the seed (N, P, Ca, Mg and Zn), pod (Fe and Mn) and pulp (K). The export of macronutrients by the cupuaçu fruit obeyed the following orders: Flood plain – K (6.61 g.fruit<sup>-1</sup>) > N (5.97 g.fruit<sup>-1</sup>) > Mg (1.05 g.fruit<sup>-1</sup>) > P (0.83 g.fruit<sup>-1</sup>) > Ca (0.80 g.fruit<sup>-1</sup>) and Fe (43.45 mg.fruit<sup>-1</sup>) > Mn (20.04 mg.fruit<sup>-1</sup>) > Zn (18.40 mg.fruit<sup>-1</sup>); TPI – N (5.03 g.fruit<sup>-1</sup>) > K (4.13 g.fruit<sup>-1</sup>) > Ca (1.06 g.fruit<sup>-1</sup>) > Mg (0.98 g.fruit<sup>-1</sup>) > P (0.84 g.fruit<sup>-1</sup>) and Fe (43.42 mg.fruit<sup>-1</sup>) > Zn (21.87 mg.fruit<sup>-1</sup>) > Mn (17.09 mg.fruit<sup>-1</sup>); LA – N (4.68 g.fruit<sup>-1</sup>) > K (4.17 g.fruit<sup>-1</sup>) > Mg (0.70 g.fruit<sup>-1</sup>) > Ca (0.67 g.fruit<sup>-1</sup>) > P (0.38 g.fruit<sup>-1</sup>) and Fe (32.68 mg.fruit<sup>-1</sup>) > Mn (19.43 mg.fruit<sup>-1</sup>) > Zn (14.45 mg.fruit<sup>-1</sup>). The highest potassium export was from the flood plain's soil, permitted by the greater fertility of that soil. The potassium exported from TPI was 23.5% less than the flood plain and the LA was 16.6 % less.

**Term for indexation:** Yellow Oxisol, Gleissolo, Anthropic Yellow Oxisol, cupuaçu, nutrient export.

|   |    |
|---|----|
| <i>Tabela 1. Atributos físicos de três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.....</i>   | 24 |
| <i>Tabela 2. Atributos químicos de três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.....</i>  | 26 |
| <i>Tabela 3. Teores médios de macro e micronutrientes presentes em folhas do cupuaçuzeiro, amostradas por ocasião da colheita em três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.....</i>  | 29 |
| <i>Tabela 4. Matéria fresca (g), matéria seca (g) e teor de umidade (%) em frutos de cupuaçuzeiro por ocasião da colheita em três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.....</i>  | 30 |
| <i>Tabela 5. Teores de macronutrientes (<math>\text{g.kg}^{-1}</math>) e micronutrientes (<math>\text{mg.kg}^{-1}</math>) na matéria seca de frutos de cupuaçuzeiros por ocasião da colheita em três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.....</i> | 31 |
| <i>Tabela 6. Exportação de macro (<math>\text{g.kg}^{-1}</math>) e micronutrientes (<math>\text{mg.kg}^{-1}</math>) por frutos de cupuaçu por ocasião da colheita em três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.....</i>                            | 33 |

|  |     |
|--|-----|
| RESUMO.....  | iii |
| ABSTRACT.....  | iv  |
| LISTA TABELAS.....   | v   |
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 7   |
| 2. OBJETIVOS .....   | 9   |
| 2.1 Objetivo geral.....  | 9   |
| 2.2 Objetivos específicos .....                                  | 9   |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                   | 10  |
| 3.1 Aspectos gerais da cultura do cupuaçuzeiro .....             | 10  |
| 3.2 Concentração e exportação de nutrientes em cupuaçuzeiro..... | 12  |
| 3.3 Avaliação do estado nutricional.....                         | 16  |
| 3.3.1 Diagnose foliar.....                                       | 16  |
| 3.4 Avaliação da fertilidade do solo .....                       | 18  |
| 3.5 Características dos solos sob cultivo de cupuaçuzeiro .....  | 19  |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS .....                                      | 21  |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                   | 24  |
| 5.1 Características físicas e químicas do solo.....              | 24  |
| 5.2 Estado nutricional das plantas.....                          | 28  |
| 5.3 Características dos frutos .....                             | 29  |
| 5.4 Concentração e exportação de nutrientes.....                 | 30  |
| 6. CONCLUSÃO .....   | 33  |
| 7. REFERÊNCIAS.....  | 34  |



## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o cultivo do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum., Sterculiaceae) tem experimentado uma expansão significativa, sendo uma das espécies que rompeu o ciclo da colheita extrativista (Carvalho *et al.*, 1999). Atualmente é cultivada em maior ou menor escala em todos os estados da Amazônia brasileira. O cupuaçu também está sendo cultivado em áreas fora da região Amazônica, como no Estado da Bahia, que apresenta condições edafo-climáticas favoráveis ao estabelecimento de plantações com esta espécie. O aumento na produção tem despertado interesse na industrialização de seus produtos e subprodutos, e o número de pequenas empresas que produzem polpa congelada, licores, geléias, doces, sorvetes, iogurtes e bombons, multiplica-se rapidamente. Com o aumento do volume de produção, esses produtos têm começado a conquistar novos mercados, com benefícios sociais e econômicos para a região, tais como a geração de emprego e a redução do êxodo rural (Carvalho *et al.*, 1999).

Mercados mais exigentes em qualidade a custo baixo, volume de oferta e processamento industrial são as razões pela qual o produtor é levado a produzir produtos de melhor qualidade (Haag, 1992). Sabe-se que uma adubação apropriada confere às plantas maior produtividade, melhor qualidade dos frutos, maior tolerância e resistência a pragas e doenças (Malavolta, 1980). Por outro lado, o uso de fertilizantes e corretivos agrícolas representa, naturalmente, um acréscimo ao custo de produção das culturas (Lopes & Guilherme, 1992). Esses custos precisam ser compatíveis com o preço final; se não são, inviabilizam a adubação. Portanto, se não for adotado um sistema de manejo de solo e adubações adequadas, principalmente em uma área onde a produção for obtida por vários anos consecutivos, os problemas de fertilidade de solo se manifestarão na produção e na qualidade de frutos (Malavolta, 1980).

Os agricultores que se dedicam ao cultivo do cupuaçu reconhecem a importância da fertilização para o aumento da produtividade, mas se deparam com a escassez de investigações que possibilitem a indicação de fórmulas e doses agronomicamente corretas e economicamente viáveis (Calzavara, 1984; Ribeiro, 1992; Venturieri, 1993; Carvalho *et al.*, 1999). Uma forma de chegar à recomendação de adubação apropriada é por meio da quantidade de nutrientes acumulados e exportados pela cultura (Malavolta, 1980) em plantios bem conduzidos em ambientes favoráveis (p.ex., Terra preta de índio e várzea). Este tipo de estudo é mais barato e rápido que ensaios de campo, mas é um complemento, não um substituto. Os trabalhos relacionados à extração e exportação de nutrientes em cupuaçuzeiro, e.g., Cravo & Souza (1996), Souza & Cravo (1996), Bueno (1997), Salvador *et al.* (1998) e Oliveira & Oliveira (2000), não informaram o histórico das áreas, adubações utilizadas nos experimentos e não compararam agroecossistemas, o que limita sua utilidade.

A produção de qualquer planta é determinada pela quantidade de nutrientes que esta extrai do solo durante o seu ciclo. Alguma parte destes nutrientes é estocada na planta, outra parte é reciclada na queda de folhas e outra parte é exportada nos frutos. Portanto, o conhecimento da composição mineral dos frutos e da quantidade de nutrientes por eles removidos é uma ferramenta importante para se formularem recomendações de adubação (Malavolta *et al.*, 1997). No caso do cupuaçu, embora existam limitações devido à influência de fatores genético, de produção e variação sazonal, a estimativa de exportação de nutrientes pelas colheitas dá uma idéia sobre a necessidade de reposição por meio de fertilizantes (Cravo & Souza, 1996). Com base nesses princípios, e por não haver estudos mais detalhados sobre os requerimentos nutricionais do cupuaçuzeiro em diferentes tipos de solos, ressalta-se a importância de estudos mais conclusivos para apoiar a expansão do cultivo no Amazonas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Quantificar a exportação de nutrientes por frutos de cupuaçuzeiro, por ocasião da colheita em três solos tipicamente usados na Amazônia Central: Latossolo Amarelo Coeso Típico, Latossolo Amarelo Coeso Antrópico, e Gleissolo Háplico Ta Eutrófico.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional de diferentes plantios de cupuaçuzeiro;
  
- b) Quantificar os nutrientes exportados na casca, polpa e sementes de frutos de cupuaçuzeiro.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Aspectos gerais da cultura do cupuaçuzeiro

Segundo Cuatrecasas (1964), Smith *et al.* (1992) e Monteiro (1996), o cupuaçuzeiro ocorre naturalmente na parte oriental da Hiléia Amazônica, região que compreende o sul e sudeste do Estado do Pará, parte do Maranhão e de Tocantins, especialmente nas áreas elevadas da região do médio Tapajós, dos rios Tocantins, Guamá, Xingu e Anapu. Dessa região foi distribuído pelos povos indígenas e, mais recentemente, os imigrantes modernos para todas as comunidades da Amazônia Brasileira. O cupuaçu está sendo cultivado também, em forma experimental, na Colômbia, Costa Rica, Equador, Peru, Venezuela, México, Martinica, Trinidad e Guiana (Cuatrecasas, 1964; Giacometti, 1992), Bolívia, Guiana Francesa e a República Dominicana (Carvalho, *et al.*, 1999).

É uma árvore da floresta tropical úmida, onde ocorre naturalmente como um componente do estrato intermediário, chegando a atingir o dossel superior, porém não o ultrapassando. No estado silvestre, chega a atingir até 20 m de altura e 45 cm de diâmetro do tronco à altura do peito. Nos cultivos comerciais, o porte varia de 6 a 10 metros, com a copa em andares chegando a atingir 7 m de diâmetro (Venturieri, 1993; Calzavara *et al.*, 1984).

O cupuaçuzeiro é uma espécie predominantemente alógama, que tem como prováveis causas à estrutura floral, caracterizada por estames protegidos por cógula, e a auto-incompatibilidade (Sousa *et al.*, 1996). Não há formação de frutos em tratamentos de autopolinização, sugerindo-se a ausência de autofecundação no cupuaçuzeiro (Machado & Retto Júnior, 1991; Alves *et al.*, 1996; Sousa *et al.*, 1996).

A floração do cupuaçuzeiro ocorre predominantemente na estação menos chuvosa, que na Amazônia brasileira compreende o período de junho a novembro, com o máximo de floração geralmente no mês de agosto (Prance & Silva, 1975; Calzavara *et al.*, 1984; Neves *et al.*, 1993; Falcão & Lleras, 1993; Venturieri, 1993; Silva, 1996; Alves *et al.*, 1997). O período de colheita ocorre na época de maiores precipitações, nos meses de dezembro a abril (Alves *et al.*, 1997).

O fruto é uma baga grande de forma cilíndrica, com diâmetro de 10 cm e comprimento de 20 cm, em média. O peso varia normalmente de 500 g a 2.500 g. As sementes têm, em média, 2,6 cm de comprimento por 2,3 cm de largura e 0,9 cm de espessura e representam 20% do peso total do fruto. Os 80% restantes são compostos de 35% de polpa e 45% de casca (Bueno, 1997).

Nas zonas da Amazônia brasileira onde a espécie se encontra em forma natural e baixo cultivo, a temperatura média mensal varia de 24,2°C a 28,2°C, as médias mensais de temperaturas máximas se situam entre os 28,6°C e 35,6°C e a das mínimas entre 17,0°C a 24,8°C. A umidade relativa média anual é elevada, com um limite mínimo de 77% e um máximo de 88%, sendo o mês mais seco de 64% e o mês mais úmido de 93%. O total anual de luz solar varia de 1.900 a 2.800 horas e a precipitação pluviométrica de 1.900 mm a 3.100 mm (Dinis *et al.*, 1983, apud Venturieri, 1993).

Até a década de 80, o cultivo do cupuaçuzeiro restringia-se aos pomares domésticos, com a comercialização de frutos em bancas e feiras (Embrapa, 1999a). Devido ao aumento do volume de produção, diversos produtos têm começado a conquistar novos mercados, com benefícios sociais e econômicos para a região, incluindo a geração de emprego e a redução do êxodo rural (Carvalho *et al.*, 1999). Atualmente existe no Estado do Amazonas uma área plantada superior a 10.000 ha (IDAM, 2003).

### 3.2 Concentração e exportação de nutrientes em cupuaçuzeiro

Os principais aspectos agronômicos associados à sustentabilidade do cultivo do cupuaçuzeiro na Amazônia abrangem o controle eficiente da vassoura de bruxa e a “reposição dos nutrientes extraídos do solo” (Carvalho *et al.*, 1999). A elevada exportação de nutrientes durante a colheita de frutos, associada à baixa fertilidade dos solos e a insuficiente utilização de insumos, comprometem o crescimento e a sustentabilidade dos cultivos ao longo do tempo (Osaqui & Falesi, 1992; Carvalho *et al.*, 1999).

Segundo Wandelli *et al.* (2002), um dos aspectos mais complexos na recuperação de áreas degradadas através de sistemas agroflorestais é manter a fertilidade do solo, ao mesmo tempo em que a produção seja suficiente para manter a rentabilidade, sem que a exportação de nutrientes, causadas pelas colheitas, comprometa a sustentabilidade. O processo de recuperação de áreas degradadas pode ser dificultado pela exportação excessiva de nutrientes através dos produtos agroflorestais.

O conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados nas plantas, principalmente na parte colhida, é importante para se avaliar a remoção de nutrientes da área de cultivo e é um dos componentes necessários para as recomendações econômicas de adubação. Em média, as plantas possuem cerca de 5% de nutrientes minerais no material seco (Raij *et al.*, 1996). Porém, existem grandes diferenças entre as espécies e as quantidades totais exigidas por uma cultura. Por outro lado, a absorção de nutrientes é diferente de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, intensificando-se no florescimento, na formação e no crescimento dos frutos ou do órgão que será colhido. Por isso, além da quantidade de nutrientes absorvida, deve ser considerada também a sua concentração nos diferentes estádios de desenvolvimento (Haag *et al.*, 1981; Vitti *et al.*, 1994; Malavolta *et al.*, 1997).

Sousa *et al.* (2000) avaliaram a influencia de três formas de manejos da fertilidade do solo (adubação com NPK+matéria orgânica; adubação com fósforo; adubação com fósforo+leguminosas de cobertura do solo) e três sistemas de cultivos (mandioca+fruteiras; lavouras anuais+fruteiras; maracujá+fruteiras) sobre o crescimento e produção de frutos do cupuaçuzeiro nesses sistemas. Constataram diferenças significativas entre as adubações para as características de peso e número de frutos, sendo que no tratamento com adubação completa, a média do número de frutos (7,2/planta) foi 37% superior à do tratamento P + leguminosas.

Em plantações de cupuaçuzeiro em fase de produção, principalmente naquelas não submetidas à fertilização, o sintoma de deficiência de potássio é o que se manifesta com maior frequência, devido ao fato do potássio (K) ser o nutriente exportado em maior quantidade pelos frutos (Carvalho *et al.*, 1999; Wandellii *et al.*, 2002).

Wandellii *et al.* (2002) avaliaram a exportação de nutrientes de sistemas agroflorestais (Agrossilvicultural 1, dominado por palmeiras e Agrossilvicultural 2, na forma de pomar caseiro) através das colheitas, e constataram que os produtos que mais concentram nutrientes são os palmitos de pupunha, com altos teores de N, P, K, Ca e Mg, Fe, Zn; araçá-boi com altos teores de N e Fe; e banana com altas concentrações de K, Fe e Mn, principalmente na casca e na raque. Entretanto as maiores exportações de nutrientes, devido as maiores produções, ocorreram através das colheitas dos frutos de cupuaçu (N=6,62; K=7,49; Mg=1,09 kg/ha/ano) e açaí (N=8,03; P=1,23; Ca=1,57; e Fe=0,059 kg/ha/ano) no Agrossilvicultural 1 (AS1); e banana (N=6,93; P=1,04; K=13,44; Mg=0,89 e Mn=0,02 kg/ha/ano) e cupuaçu (N=5,53; Ca=0,9 e Fe=0,03 kg/ha/ano) no Agrossilvicultural 2 (AS2). Os nutrientes mais exportados foram K (16,46 kg/ha/ano no AS1 e 38,03 kg/ha/ano no AS2) e N (20,12 kg/ha/ano AS1 e 24,62 kg/ha/ano no AS2). Segundo os pesquisadores, a entrada de nutrientes através da

adubação verde com gliricídia (*Gliricidia sepium*) no AS1 (5t de matéria seca/ha/ano) não foi o suficiente para compensar a quantidade exportada de K através da colheita de frutos e palmitos. A grande exportação de K, pela maior concentração nos tecidos reprodutivos, nos alerta que práticas de adubação precisam ser tomadas para que os sistemas mantenham a produtividade.

Silva & Silva (1986), estudando a composição mineral de frutos de cupuaçuzeiro, constataram que os teores de nitrogênio (1,90%) e potássio (3,36%) encontrados na polpa são os mais elevados, comparados aos determinados na semente (1,56% N, 1,42% P) e casca (0,72% N, 1,50% P). Por sua vez as maiores concentrações de fósforo encontram-se na semente (0,12%). A quantidade exportada de potássio por tonelada de fruto foi de 5.590 g. Com relação à exportação de NPK pelos frutos de cupuaçu, concluíram que a concentração de nutrientes nos frutos por ocasião da colheita obedece à ordem decrescente  $K > N > P$ .

Segundo Salvador *et al.* (1994), em folhas de plantas jovens de cupuaçuzeiro sem sintomas de deficiência, os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg e S estão em torno a 2,16%, 0,18%, 1,09%, 0,42%, 0,29% e 0,30%, respectivamente. Em folhas com sintomas de deficiência estes conteúdos foram de 1,05%, 0,09%, 0,22%, 0,12%, 0,06% e 0,17%, na mesma ordem. Em relação aos micronutrientes B, Cu, Fé, Mn, e Zn, as concentrações destes elementos em folhas normais apresentaram valores de 62 mg.kg<sup>-1</sup>, 3 mg.kg<sup>-1</sup>, 60 mg.kg<sup>-1</sup>, 64 mg.kg<sup>-1</sup> e 13 mg.kg<sup>-1</sup> mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Para folhas com sintomas de deficiência estas concentrações foram de 26 mg.kg<sup>-1</sup>, 2 mg.kg<sup>-1</sup>, 25 mg.kg<sup>-1</sup>, 6 mg.kg<sup>-1</sup> e 10 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Devido à falta de estudos sobre os requerimentos nutricionais do cupuaçu, estes dados servem apenas como indicação preliminar para a diagnose foliar de plantas desta espécie (Carvalho *et al.*, 1999).



As formulações e doses de fertilizantes orgânicos e minerais atualmente recomendados estão baseadas em observações de natureza prática (Carvalho *et al.*, 1999). Segundo Ribeiro (1992), quando se faz necessário recomendar adubação para o cupuaçuzeiro, toma-se à cultura do cacau como base. No entanto, Müller & Carvalho (1997) sugeriram para solos de baixa fertilidade os seguintes procedimentos de fertilização:

- Aplicar no primeiro ano de cultivo 300 g da formulação 10-28-20 (NPK) por planta, divididas em quatro aplicações de 75 g, que devem ser distribuídas em intervalos de três meses;
- No segundo ano aplicar 480 g/planta da mesma formulação, acatando os mesmos intervalos de aplicação;
- A partir do terceiro ano, quando as plantas estão entrando na fase produtiva, as fertilizações devem ser ministradas no início, na metade e ao final do período de maior intensidade de chuvas, utilizando a mesma formulação e quantidade de 200 g por aplicação.

Este tipo de formulação se respalda no fato de o fósforo ser considerando o elemento mais limitante ao crescimento das culturas, sendo deficiente em 90% dos solos da região amazônica, seguido pelo N e pelo K (Cochrane & Sanchez, 1982 apud Cravo & Smyth, 1997). Porém, os autores não relacionam esta adubação com a quantidade de polpa, casca e semente produzida, número de frutos, dentre outros itens de produção, sendo necessário definir melhor as exigências nutricionais específicas à cultura.

### **3.3 Avaliação do estado nutricional**

A avaliação do estado nutricional consiste na comparação entre uma amostra, uma planta ou conjunto de plantas na qual se deseja avaliar o estado nutricional e o padrão. Uma planta normal é aquela que, ao apresentar quantidades e proporções adequadas dos nutrientes no tecido foliar, resulta em uma alta produtividade (Malavolta *et al.*, 1997).

A região Amazônica apresenta uma grande diversidade de ambientes em relação à fertilidade do solo, à topografia, aos aspectos fundiários e de uso agrícola. Além disso, são poucos os estudos realizados sobre as faixas de concentração de nutrientes em folhas e frutos consideradas adequadas ao bom desenvolvimento do cupuaçuzeiro, acima e abaixo da qual a planta pode apresentar excesso ou deficiência de um determinado elemento ou nutriente. Por meio de levantamento do estado nutricional de pomares é possível identificar os nutrientes que se encontram em níveis inadequados e que limitem a produção das plantações em determinada região (Veloso *et al.*, 2002).

#### **3.3.1 Diagnose foliar**

A diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional em que se analisam determinadas folhas em períodos definidos da vida da planta. A utilização da folha para análise dos nutrientes deve-se ao fato desta refletir melhor o estado nutricional, isto é, responde mais as variações no suprimento de um determinado nutriente, seja pelo solo ou pelas adubações. Isso ocorre pelo fato da folha ser o órgão onde ocorrem os processos fisiológicos mais importantes da planta (Malavolta *et al.*, 1997).

O teor de nutrientes no tecido foliar é reflexo de um conjunto de fatores que interagem entre si até o momento da coleta da amostra. A função que descreve a variação dos teores dos nutrientes no tecido foliar, de acordo com Malavolta *et al.* (1997), é a seguinte:

$$Y = f(Mg, S, CL, Pc, Pm)$$

Sendo:

Y, o teor do nutriente na folha;

Mg, o material genético (espécie, progênie, clone etc.);

S, o solo, adubo, corretivo e outras entradas de nutrientes no sistema;

CL, as condições climáticas (precipitação, luminosidade etc.);

Pc, as práticas culturais (preparo do solo, espaçamento etc.);

Pm, a ocorrência de pragas e/ou doenças.

Para que a diagnose foliar possa ser utilizada com sucesso, três premissas básicas devem ser obedecidas. Dentro de certos limites, devem existir relações diretas entre as seguintes variáveis: a) suprimento de nutrientes via solo e a produção, ou seja, solos mais férteis devem, teoricamente, proporcionar maiores produtividades; b) suprimento do nutriente via solo e teor foliar, ou seja, à medida que se aumenta o fornecimento do nutriente via solo deve aumentar a concentração do mesmo nutriente no tecido foliar; c) teor foliar e produção, ou seja, o aumento da concentração do nutriente no tecido foliar deve proporcionar maior produtividade (Malavolta *et al.*, 1997).

A diagnose foliar, como forma de avaliação do estado nutricional, apresenta algumas vantagens, tais como: a) determinação da quantidade de nutrientes que a planta foi capaz de absorver, considerando as condições ambientais a que ela estava submetida; b) identificação dos problemas de deficiência e/ou toxicidade nutricional nas

plantas, com ou sem sintomas visuais; c) identificação de interações e antagonismos entre os nutrientes; d) checagem da entrada dos nutrientes na planta após as adubações e outras práticas culturais; e, e) avaliação de balanços nutricionais. Como desvantagens, a diagnose foliar apresenta: a) custos mais elevados, em relação às análises de solo; b) exigência de maior rigor durante a amostragem; c) dificuldade de interpretação das concentrações dos nutrientes devido aos efeitos de diluição e/ou concentração; e d) menor rendimento operacional durante as amostragens em se tratando de culturas perenes. Para que a análise de tecido vegetal possa ser útil no diagnóstico do estado nutricional das plantas, alguns aspectos devem ser considerados: a) idade da folha e da árvore; b) posição da folha na planta; c) variação sazonal da produção; d) posição da folha no ramo; e) exposição solar; f) presença ou ausência de frutos nos ramos; e g) época de amostragem (Malavolta *et al.*, 1997).

Avaliando o estado nutricional do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais, Figueredo *et al.* (2000) constataram que a maior estabilidade nos teores dos nutrientes, em função da época de amostragem, esteve nas folhas intermediárias, sendo portanto, as folhas mais indicadas para uso na diagnose do estado nutricional do cupuaçuzeiro. De um modo geral, a amostragem foliar tem sido efetuada coletando-se amostras da 3<sup>a</sup> folha, tomada do ápice do ramo da altura média, seguindo-se a mesma recomendação utilizada para o cacau (Malavolta, 1997).

### **3.4 Avaliação da fertilidade do solo**

Raij *et al.* (1996) referem-se à análise de solo como a única técnica disponível para a avaliação direta da fertilidade do solo, sendo, no entanto, insuficiente para garantir um acompanhamento adequado do estado nutricional das plantas. A existência de nutrientes no solo, mesmo que supostamente em quantidades disponíveis, não

garante o suprimento às plantas devido aos fatores ambientais que podem influenciar no processo de absorção.

Bellote & Silva (2000) analisaram o potencial da análise de solo como método diagnóstico em programas de monitoramento nutricional, como complemento à análise foliar, e destacaram algumas vantagens que as análises de solo apresentam em relação às análises foliares: a) fornecem subsídios para tomada de decisão antes da implantação da cultura; b) possibilitam a identificação de problemas relacionados à acidez, alcalinidade e salinidade do solo, e determinação de medidas corretivas; e, c) apresentam maior rendimento operacional durante a amostragem, quando comparado ao método da diagnose foliar. Como desvantagens, as análises de solo apresentam: a) dificuldade de identificação das zonas radiculares onde ocorrem as maiores taxas de absorção dos nutrientes pelas plantas; b) pouca relação com a capacidade de extração dos nutrientes, em se tratando de culturas específicas; e, c) carência de pesquisas onde se relacionam os parâmetros químicos do solo com produtividade das culturas (Malavolta *et al.*, 1997).

### **3.5 Características dos solos sob cultivo de cupuaçuzeiro**

Nas zonas de ocorrência natural, o cupuaçuzeiro se encontra, predominantemente, em solos ácidos (pH ~ 4,5), com conteúdo de argila entre 35% e 60%, de baixa fertilidade natural, principalmente em Latossolo Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, Argissolos Vermelho Amarelo distrófico. Também se encontra em areias Quartzosas, com um conteúdo de argila inferior a 17% (Osaqui & Falesi, 1992). Em estado subespontâneo, está presente em solos de alta fertilidade natural do tipo Nitossolo, Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico e solos de formação hidromórfica, como os das altas planícies do estuário e do baixo Amazonas,

que apresentam drenagens deficientes, principalmente durante o período de maior precipitação pluvial (Carvalho *et al.*, 1999).

Os solos onde se têm estabelecido plantações de cupuaçu se caracterizam por apresentar boas propriedades físicas, ou seja, solos profundos e com boa drenagem, porém, com características químicas desfavoráveis (Carvalho *et al.*, 1999). O cupuaçuzeiro possui razoável desenvolvimento em Latossolos de textura média (proximidades de Belém – PA) e excelente desenvolvimento quando plantado em solos de alta fertilidade, como os Argissolos eutróficos e os Latossolos eutróficos (município de Uruçuca – BA, Jaru – RO e Nova Califórnia – AC). Também apresenta boa produtividade quando plantado na várzea alta, embora não suporta cheia prolongada (Venturieri, 1993).

Os cultivos comerciais devem ser estabelecidos, de preferência, em solo de terra firme, profundo e com boa retenção de água. Os solos arenosos, por apresentar baixa retenção de água, não são adequados para o cultivo do cupuaçu, especialmente em zonas onde a distribuição de chuvas não é uniforme (Carvalho *et al.*, 1999).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos municípios de **Manacapuru - AM** (3° 18' 25'' S e 60° 29' 29'' W, com altitude de 34 m), **Iranduba - AM** (3° 9' 00'' S e 59° 15' 3'' W, com altitude de 30 m) e **Presidente Figueiredo - AM** (2° 01' 02'' S e 59° 42' 37'' W, com altitude de 50 m). O clima da região é tropical úmido, com precipitação média anual superior a 2000 mm, temperaturas variando entre 25°C e 35°C e umidade relativa do ar média de 80% (SEBRAE/AM, 1996).

No município de **Manacapuru**, estudou-se três pomares de cupuaçuzeiro, com tamanho médio de 1 ha, contendo plantas com idade entre 15 a 40 anos, e altura variando de 9 a 13 metros, instalados em áreas de Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (várzea). No município de **Iranduba**, estudou-se três pomares, com tamanho médio de 1 ha, contendo plantas com idade entre 10 a 30 anos, e altura variando de 6 a 10 metros, instalados em áreas de Latossolo Amarelo Coeso Antrópico (Terra Preta de Índio – TPI). No município de **Presidente Figueiredo**, estudou-se três pomares, com tamanho médio de 1 ha, contendo plantas com idade entre 10 a 15 anos, e altura variando de 4 a 8 metros, instalados em áreas de Latossolo Amarelo Coeso Típico (LA).

Exceto às áreas de LA, as demais apresentavam pomares em sistema de policultivos e não recebiam adubações. Nas áreas de LA, os agricultores utilizavam (sem análise de solo, nos últimos 4 anos) a recomendação do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário do Amazonas (IDAM) para adubação de 600 g/planta/ano da formulação 10-10-10 e 2 (duas) toneladas/ha de calcário aplicados em coroamento a 5 cm de profundidade.

Dentro dos pomares, escolheram-se, aleatoriamente 20 plantas, das quais determinou-se altura e diâmetro da copa, coletou-se folhas e frutos e foram tomadas amostras de solo nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm na projeção da copa, entre os

meses de março a maio de 2004, por ocasião da colheita na região. Por meio de entrevistas com os produtores e aplicação de questionários, foram levantadas informações sobre histórico, manejo e produtividade das áreas.

Para avaliação da fertilidade do solo foram coletadas 20 amostras simples (*1 por planta, na projeção da copa*) por pomar, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade. Essas amostras deram origem a três amostras compostas com aproximadamente 500 g por pomar. As determinações analíticas de granulometria, carbono orgânico, pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), P, K, Ca, Mg, AL (acidez trocável), Zn, Mn e Fe foram feitas segundo métodos descritos por EMBRAPA (1999b).

Para a determinação do estado nutricional foram coletadas, de cada uma das 20 plantas, 10 folhas, a partir do ápice do ramo sem fruto, localizadas no terço médio da parte externa da copa, seguindo a mesma recomendação utilizada para o cacau (Malavolta, 1989). Essas amostras deram origem a três amostras compostas por pomar, relacionadas com as amostras de solo. As amostras de folhas foram lavadas com água corrente, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 h, para posterior determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Fe, Zn e Mn), segundo métodos descritos por Malavolta *et al.* (1989) e EMBRAPA (1999b).

Na preparação do fruto para se determinar a concentração e exportação de nutrientes na casca, na polpa e nas sementes, foi coletado um fruto maduro de cada uma das 20 plantas, seguindo a metodologia utilizada por Cravo & Souza (1996). Após a pesagem dos frutos inteiros, foram feitas amostragens de compartimentalização (casca, sementes e polpa) para obtenção da matéria fresca, e em seguida todas as amostras foram colocadas para secagem em estufa de circulação de ar forçada, a 65° C por 1 semana, com exceção da semente que foi por 3 semanas. A concentração dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Zn e Mn) na casca, polpa e



sementes do cupuaçu foi determinada conforme recomendação de Malavolta *et al.*, (1989) e EMBRAPA, (1999b). Os resultados foram expressos em  $\text{g.kg}^{-1}$  de frutos. A exportação de nutrientes pelo fruto foi estimada por meio do produto da concentração de nutrientes no fruto (casca, polpa e semente) multiplicado pelo peso seco de frutos, e expresso em  $\text{g.fruto}^{-1}$ .

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Características físicas e químicas dos solos

A granulometria e teor de matéria orgânica nos três solos são típicos de outros solos similares da Amazônia Central (Tabela 1). O pH em LA é mais ácido quando comparado com o de TPI e de solo de várzea (Tabela 2). Os valores de pH encontrados estão de acordo com Falcão (2000) e Cravo *et al.* (2002) para os respectivos solos. Isso mostra que apesar do uso de calagem pelos agricultores nos pomares de cupuaçu em LA, os valores de pH continuam baixos. Para Rajj *et al.* (1996), solos que apresentam índice de pH muito ácido poderão ter deficiência de P devido à alta fixação de P, baixos teores de Ca, Mg e K, toxidez por alumínio e boa disponibilidade dos micronutrientes ferro, manganês e zinco. Nota-se que em pH acima de 5,0 (TPI e Várzea) a concentração de alumínio fica próximo de zero, o que não acontece quando o pH fica na faixa de 4,0 a 4,5 no Latossolo Amarelo.

**Tabela 1.** Atributos físicos de três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.

| solos <sup>(1)</sup> | Prof.<br>cm | M.org<br>g.kg <sup>-1</sup> | Areia<br>----- | Silte<br>g.kg <sup>-1</sup> ----- | Argila      |
|----------------------|-------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------|
| 1                    | 0-20        | 39,02 ± 4,3                 | 49,0 ± 3,2     | 156,5 ± 5,8                       | 794,5 ± 4,3 |
| 2                    | 0-20        | 10,49 ± 2,1                 | 498,5 ± 4,6    | 449,4 ± 4,3                       | 52,1 ± 4,3  |
| 3                    | 0-20        | 37,20 ± 6,8                 | 480,5 ± 9,2    | 183,0 ± 4,3                       | 336,5 ± 4,3 |
| -----                |             |                             |                |                                   |             |
| 1                    | 20-40       | 35,13 ± 4,3                 | 48,6 ± 6,3     | 144,4 ± 5,8                       | 807,0 ± 3,2 |
| 2                    | 20-40       | 10,99 ± 2,9                 | 514,4 ± 2,6    | 433,0 ± 5,8                       | 52,6 ± 4,7  |
| 3                    | 20-40       | 37,45 ± 6,6                 | 464,0 ± 8,9    | 215,5 ± 7,5                       | 325, ± 9,5  |

(1) 1 - Latossolo Amarelo Coeso Típico (Presidente Figueiredo – AM); 2 - Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (Manacapuru – AM); 3 - Latossolo Amarelo Coeso Antrópico (Iranduba – AM) - n = 9

Os maiores teores de P foram observados em TPI, seguido de várzea e LA (Tabela 2). Esses dados estão de acordo com trabalhos desenvolvidos por Cravo *et al.* (2002), Falcão (2000), Alfaia & Falcão (1993) para os respectivos solos. Segundo

Tomé (1997), normalmente o teor de fósforo disponível, proveniente de qualquer extrator, tende a diminuir com a profundidade acompanhando o teor de matéria orgânica. Isso não ocorreu com os teores de P em TPI, onde P aumentou com a profundidade. O baixo teor de P constatado no LA mostra que a adubação utilizada pelos agricultores não tem elevado a concentração desse nutriente acima do nível natural.

Os níveis de K foram baixos em todos os solos, embora na várzea o nível tenha sido mais elevado. Admitindo-se que a faixa de 0,08-0,15 cmolc.kg<sup>-1</sup> de K trocável no solo é considerada um conteúdo baixo para as plantas (Raij *et al.*, 1996), pode-se inferir que a pobreza em K constatada nos solos LA e TPI, especialmente, pode constituir-se numa das limitações ao uso deste solo para produção de frutos, uma vez que as exigências de potássio pelas culturas são muito grandes, comparáveis às de N (Malavolta, 1980).

O nível de Ca trocável na LA foi inferior aos níveis na várzea e na TPI (Tabela 2). Considerando como adequados solos que apresentam 1,6-4,0 cmolc.kg<sup>-1</sup> de Ca trocável (Malavolta & Kliemann, 1985), observou-se que os solos da várzea e da TPI situaram-se muito acima deste valor e estão de acordo com outros trabalhos conduzidos

**Tabela 2.** Atributos químicos de três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.

|                            | <b>Prof.</b> | <b>PH</b>             |            | <b>P</b>                  | <b>K</b>                                | <b>Ca</b>  | <b>Mg</b> | <b>Al</b> | <b>t<sup>(2)</sup></b> | <b>S<sup>(3)</sup></b> | <b>Zn</b>                             | <b>Mn</b>   | <b>Fe</b>    |
|----------------------------|--------------|-----------------------|------------|---------------------------|---|------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------|--------------|
| <b>Solos<sup>(1)</sup></b> | <b>cm</b>    | <b>H<sub>2</sub>O</b> | <b>KCL</b> | <b>mg.kg<sup>-1</sup></b> | ----- <b>cmolc/dm<sup>3</sup></b> ----- |            |           |           |                        |                        | ----- <b>mg.kg<sup>-1</sup></b> ----- |             |              |
| 1                          | 0-20         | 4,41±0,19             | 4,01±0,1   | 3,01±0,57                 | 0,09±0,04                               | 1,43±0,78  | 0,27±0,11 | 0,80±0,29 | 2,59                   | 1,79                   | 0,98±0,68                             | 9,01±4,27   | 305,23±64,09 |
| 2                          | 0-20         | 5,60±0,13             | 4,61±0,2   | 133,8±17,94               | 0,18±0,03                               | 10,22±1,21 | 2,20±0,24 | 0,01±0,21 | 12,61                  | 12,60                  | 6,58±0,85                             | 98,83±13,3  | 518,24±56,37 |
| 3                          | 0-20         | 5,40±0,14             | 4,80±0,19  | 288,7±95,04               | 0,12±0,02                               | 8,71±2,44  | 0,86±0,29 | 0,01±0,04 | 9,70                   | 9,69                   | 13,30±5,11                            | 66,70±29,82 | 40,71±11,71  |
| -----                      |              |                       |            |                           |   |            |           |           |                        |                        |                                       |             |              |
| 1                          | 20-40        | 4,30±0,19             | 4,10±0,1   | 2,10±0,57                 | 0,08±0,04                               | 0,97±0,78  | 0,17±0,11 | 0,80±0,29 | 2,02                   | 1,22                   | 0,72±0,68                             | 7,01±4,27   | 305,49±64,09 |
| 2                          | 20-40        | 5,71±0,12             | 4,51±0,2   | 125,8±18,48               | 0,17±0,03                               | 8,72±1,22  | 2,31±0,24 | 0,01±0,02 | 11,21                  | 11,20                  | 6,32±0,84                             | 89,94±13,42 | 470,01±58,09 |
| 3                          | 20-40        | 5,31±0,14             | 4,71±0,18  | 344,1±94,67               | 0,10±0,02                               | 8,45±2,25  | 0,66±0,28 | 0,01±0,04 | 9,22                   | 9,21                   | 13,11±4,96                            | 78,49±29,62 | 36,79±12,06  |

em solos similares no Amazonas (Falcão & Silva, 2004; Alfaia & Falcão, 1993; Victoria *et al.* 1989; EMBRAPA, 1983).

Para Mg trocável, os valores mais altos foram observados em várzea. Somente o solo da várzea enquadra-se acima do nível ( $1 \text{ cmolc.kg}^{-1}$ ) sugerido como adequado (Raij, 1981). Os teores de Ca e Mg no LA foram baixos e sugerem que o uso de calcário não tem sido o suficiente para diminuir o pH e elevar os níveis desses dois nutrientes.

A CTC efetiva (t) (Tabela 2) das áreas de várzea e TPI foi considerada elevada (Anda, 1992). Esta elevada CTC efetiva pode estar relacionada ao mineral de argila predominante nos solos de várzeas, mas não na TPI, onde deve estar relacionada ao carvão vegetal e a matéria orgânica (Lehman *et al.*, 2003). Segundo Irion (1984), a composição dos minerais de argila do material transportado pelo rio Amazonas sofre pouca alteração entre o local de sua origem e sua deposição, sendo predominante a montmorilonita que teria sua origem nas rochas básicas dos Andes. Alfaia & Nogueira (1985) também observaram que a presença de minerais de argila tipo 2:1 e 2:2 foi a principal fração responsável pela CTC das amostras de solo de várzea da Amazônia Central.

Independente do solo, os teores de micronutrientes observados estão acima do adequado (Cochrane *et al.*, 1985), sendo os teores de Zn, Mn e Fe em latossolo amarelo inferiores aos observado em Várzea e TPI. O teor do elemento Fe mostrou-se sempre maior em relação ao Zn e Mn nos três tipos de solos estudados, diminuindo com a profundidade.

## 5.2 Estado nutricional das plantas

Os teores de nutrientes foliares (Tabela 3) estão dentro das faixas observadas por Alfaia & Ayres (2004), Schroth *et al.* (2001) e Figueredo (2000) em amostras de folhas novas (3ª folha) de cupuaçuzeiro coletados no final da produção na região da Amazônia Central. Sendo o cupuaçuzeiro pertencente ao mesmo gênero do cacauzeiro (*Theobroma cacao*) e com poucas referências quanto às suas exigências nutricionais, os dados foliares foram confrontados com valores considerados adequados para o cacauzeiro, segundo Malavolta (1987). Para os macronutrientes, com exceção do fósforo, os demais apresentaram teores abaixo daqueles encontrados para o cacauzeiro. O manganês situou-se dentro dos valores considerados adequados para o cacauzeiro. As plantas de várzea apresentaram maior concentração de K, Mg, Fe, Zn e Mn. A maior concentração de nitrogênio, fósforo e cálcio foliar foi constatado nas áreas de TPI, seguida por LA e várzea. Uma das razões para explicar a baixa concentração de nitrogênio foliar nas plantas de várzea seria o baixo teor de matéria orgânica apresentada neste solo (Tabela 1).

A menor concentração de potássio nas plantas de TPI está associada a uma maior concentração de cálcio (Tabela 3). Segundo Salvador *et al.* (1998), com a deficiência de potássio, as folhas novas do cupuaçuzeiro apresentam teores maiores de Ca, enquanto as folhas velhas apresentam teores maiores de fósforo. O maior teor de cálcio foi constatado na TPI seguida de várzea e LA. Os teores de Mg observados em plantas na Várzea e TPI são maiores que no LA e estão abaixo dos valores citados por Malavolta (1987) para a cultura do cacau.

As concentrações de macronutrientes nas folhas nos três tipos de solos estudados obedeceram a seguinte ordem decrescente: N > Ca > K > Mg > P. Em termos dos micronutrientes a ordem foi Mn > Fe > Zn. Em estudo de nutrição do cupuaçuzeiro em casa de vegetação, realizado por Salvador *et al.* (1998), as seqüências foram diferentes dos encontrados neste trabalho. Por outro lado, Locatelli *et al.* (2001), estudando teores de nutrientes e produção de biomassa em sistemas agroflorestais em solo de baixa fertilidade, com ênfase no cupuaçuzeiro, encontraram os mesmos resultados apresentados neste trabalho para ambas seqüências. Ayres & Alfaia (2001) encontraram a mesma seqüência para os micronutrientes foliares.

**Tabela 3.** Teores médios de macro e micronutrientes presentes em folhas de cupuaçuzeiro, amostradas por ocasião da colheita em três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.

| solos <sup>(1)</sup> | N                             | P         | K         | Ca                             | Mg        | Fe           | Zn         | Mn            |
|----------------------|-------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------|--------------|------------|---------------|
|                      | -----g.kg <sup>-1</sup> ----- |           |           | -----mg.kg <sup>-1</sup> ----- |           |              |            |               |
| 1                    | 16,46±1,03                    | 0,73±0,05 | 4,10±0,63 | 6,30±0,73                      | 1,66±0,09 | 73,55±0,47   | 20,88±7,28 | 166,00±39,52  |
| 2                    | 15,02±1,16                    | 1,22±0,13 | 4,22±0,43 | 7,02±0,86                      | 2,69±0,17 | 116,22±26,39 | 19,33±7,00 | 215,33±17,11  |
| 3                    | 16,48±0,96                    | 1,54±0,41 | 3,21±0,57 | 8,35±1,13                      | 2,65±0,68 | 68,88±26,19  | 18,22±2,10 | 171,55±124,45 |
| Cacau <sup>(2)</sup> | 19 – 22                       | 1,5 – 1,8 | 17 – 20   | 9 – 12                         | 4 – 7     | 150 – 200    | 50 – 70    | 150 - 200     |

<sup>(1)</sup> **1**- Latossolo Amarelo Coeso Típico (Presidente Figueiredo – AM); **2** - Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (Manacapuru – AM); **3** - Latossolo Amarelo Coeso Antrópico (Iranduba – AM). <sup>(2)</sup> Malavolta (1987). n = 9.

### 5.3 Características dos frutos

Observou-se que os frutos coletados em solos de várzea apresentaram o maior peso (Tabela 4). Em todos os solos, os teores de umidade dos frutos apresentaram-se dentro da faixa encontrada por Silva & Silva (1986) e Carvalho *et al.* (1999). Observa-se ainda que

em relação ao peso total do fruto a casca representa 45,8% (LA), 41,5% (várzea) e 45,4% (TPI), seguido pela polpa 36,5% (LA), 37,3% (várzea) e 35,1% (TPI), e pela semente 17,7% (LA), 21,2% (várzea) e 19,6% (TPI). Estes pesos e proporções estão dentro da variação de cupuaçu (Alfaia & Ayres, 2004; Carvalho, *et al.*, 1999; Venturieri, 1993; Calzavara *et al.*, 1984).

**Tabela 4.** Matéria fresca (g), matéria seca (g) e teor de umidade (%) em frutos de cupuaçuzeiro por ocasião da colheita em três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.

| solos <sup>(1)</sup> | Fruto     | Casca   | Polpa    |         | Semente  |        | Umidade    |            |
|----------------------|-----------|---------|----------|---------|----------|--------|------------|------------|
|                      | MF        | MF      | MS       | MF      | MS       | MF     |            | MS         |
| 1                    | 1240±0,37 | 568±168 | 314,1±45 | 452±135 | 47,2±8,7 | 220±73 | 107,6±16,8 | 62,19±9,42 |
| 2                    | 1640±0,49 | 681±202 | 376,6±24 | 611±170 | 57,7±7,9 | 348±81 | 170,2±18   | 63,14±6,71 |
| 3                    | 1340±0,43 | 608±229 | 336,2±55 | 470±175 | 67,9±8,3 | 262±78 | 128,1±15,2 | 60,28±4,58 |

<sup>(1)</sup> **1**- Latossolo Amarelo Coeso Típico (Presidente Figueiredo – AM); **2** - Gleissolo Háplico Ta Eutrófico (Manacapuru – AM); **3** - Latossolo Amarelo Coeso Antrópico (Iranduba – AM). n = 60.

#### 5.4 Concentração e exportação de nutrientes

As maiores concentrações de N, P, Ca, Mg, Zn ocorreram nas sementes independente do tipo de solo (Tabela 5). Souza & Cravo (1996) também encontraram as maiores concentrações desses nutrientes nas sementes, com exceção do fósforo que apresentou maior concentração na polpa. A maior concentração de potássio foi observado na polpa, independente do solo, embora cada solo tenha apresentado uma concentração diferente. Uma das razões se deve ao papel que o nutriente desempenha no transporte de sólidos solúveis e na manutenção de elevado conteúdo de água do fruto (Malavolta, 1980). Essa concentração está acima dos valores observados por Ayres & Alfaia (2001), Figueredo *et al.* (2000), Wandelli (1998) e Souza & Cravo (1996).



As maiores concentrações de K na casca foram observadas nos frutos coletados em TPI. As sementes de plantas de várzea apresentaram maiores concentrações de K, e as de TPI de Ca e Fe. As concentrações de Ca e Mg na maioria das amostras analisadas apresentaram-se abaixo dos teores encontrados por Figueredo *et al.* (2000) e Ayres & Alfaia (2001), sugerindo que esses nutrientes podem ser ou tornar-se limitantes.

**Tabela 5.** Teores de macronutrientes ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) na matéria seca de frutos do cupuaçuzeiro por ocasião da colheita em três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.

|                            | <u>N</u>       | <u>P</u>  | <u>K</u>   | <u>Ca</u> | <u>Mg</u> | <u>Fe</u>   | <u>Zn</u>  | <u>Mn</u>  |
|----------------------------|----------------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|
| <b>solos<sup>(1)</sup></b> | <b>CASCA</b>   |           |            |           |           |             |            |            |
| <b>1</b>                   | 7,61±1,13      | 0,52±0,14 | 7,70±1,81  | 1,12±0,27 | 0,92±0,15 | 76,44±8,66  | 19,77±4,05 | 43,33±2,64 |
| <b>2</b>                   | 5,05±0,46      | 1,13±0,22 | 9,49±1,09  | 1,13±0,54 | 0,97±0,15 | 73,77±19,91 | 16,88±4,71 | 37,11±7,07 |
| <b>3</b>                   | 7,02±0,70      | 1,46±0,33 | 6,16±1,20  | 1,90±0,36 | 1,32±0,24 | 76,44±14,00 | 22,22±4,29 | 34,00±9,4  |
|                            | <b>POLPA</b>   |           |            |           |           |             |            |            |
| <b>1</b>                   | 11,88±1,08     | 1,24±0,21 | 17,27±1,81 | 1,06±0,27 | 1,04±0,15 | 64,22±10,08 | 28,11±8,02 | 25,11±5,45 |
| <b>2</b>                   | 9,76±1,13      | 1,83±0,10 | 19,61±1,09 | 0,87±0,54 | 1,30±0,15 | 65,77±9,18  | 27,22±7,3  | 23,77±2,4  |
| <b>3</b>                   | 9,72±1,24      | 1,66±0,11 | 14,70±1,20 | 1,04±0,36 | 1,21±0,24 | 69,77±7,48  | 26,77±5,30 | 24,66±8,19 |
|                            | <b>SEMENTE</b> |           |            |           |           |             |            |            |
| <b>1</b>                   | 16,32±0,31     | 1,51±0,24 | 8,72±1,45  | 2,50±0,31 | 3,37±0,37 | 52,44±10,08 | 64,22±8,02 | 43,11±5,45 |
| <b>2</b>                   | 15,92±0,72     | 1,80±0,19 | 11,24±2,23 | 1,93±0,35 | 3,61±0,14 | 69,77±9,18  | 61,55±7,33 | 27,55±2,40 |
| <b>3</b>                   | 15,69±0,68     | 1,86±0,21 | 8,33±3,05  | 2,80±0,66 | 3,59±0,86 | 101,33±7,48 | 68,22±5,30 | 31,11±8,19 |

<sup>(1)</sup> **1**- Latossolo Amarelo Coeso Típico (Presidente Figueiredo – AM); **2** - Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (Manacapuru – AM); **3** - Latossolo Amarelo Coeso Antrópico (Iranduba – AM). n = 9

A exportação de nutrientes pelo fruto de cupuaçuzeiro em solos de várzea obedece a ordem decrescente  $\text{K} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Ca}$ ; em termos dos micronutrientes a ordem foi  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn}$  (Tabela 6). Ambas seqüências estão de acordo com Cravo & Souza (1996:  $\text{N} - 3871 \text{ g.t}^{-1}$ ,  $\text{P} - 444,4 \text{ g.t}^{-1}$ ,  $\text{K} - 4960,3 \text{ g.t}^{-1}$ ,  $\text{Ca} - 223,8 \text{ g.t}^{-1}$ ,  $\text{Mg} - 1214,3 \text{ g.t}^{-1}$   $\text{Fe} - 19,15 \text{ g.t}^{-1}$

<sup>1</sup>, Mn – 13,0 g.t<sup>-1</sup> e Zn – 7,66 g.t<sup>-1</sup>) e Silva & Silva (1986: N – 3737 g.t<sup>-1</sup>, P – 239 g.t<sup>-1</sup> e K – 5590 g.t<sup>-1</sup>). As exportações de P, Ca, Fe, Zn e Mn pelo fruto de cupuaçu na várzea foram maiores que as observadas por Cravo & Souza (1996), e os valores de N, P e K são menores que os observados por Silva & Silva (1986). A maior exportação de potássio foi observada em solo de várzea, permitido pela maior fertilidade da várzea naquele elemento (Tabela 2).

**Tabela 6. Exportação de macro (g.kg<sup>-1</sup>) e micronutrientes (mg.kg<sup>-1</sup>) por frutos do cupuaçuzeiro por ocasião da colheita em três solos usados para produção de cupuaçu na Amazônia Central.**

|                 | Latossolo Amarelo Coeso Típico | Gleissolo háplico Ta eutrófico | Latossolo Amarelo Coeso Antrópico |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Macronutrientes | g.Fruto <sup>-1</sup>          | g.Fruto <sup>-1</sup>          | g.Fruto <sup>-1</sup>             |
| <b>N</b>        | 4,681±0,94                     | 5,975±1,08                     | 5,030±0,89                        |
| <b>P</b>        | 0,385±0,06                     | 0,839±0,16                     | 0,842±,19                         |
| <b>K</b>        | 4,172±0,89                     | 6,618±1,25                     | 4,136±0,60                        |
| <b>Ca</b>       | 0,671±0,16                     | 0,804±0,19                     | 1,068±0,28                        |
| <b>Mg</b>       | 0,701±0,16                     | 1,055±0,27                     | 0,986±0,21                        |
| Micronutrientes | mg.Fruto <sup>-1</sup>         | mg.Fruto <sup>-1</sup>         | mg.Fruto <sup>-1</sup>            |
| <b>Fe</b>       | 32,68±11,43                    | 43,45±12,20                    | 43,42±10,56                       |
| <b>Zn</b>       | 14,45±3,04                     | 18,40±4,46                     | 21,87±5,38                        |
| <b>Mn</b>       | 19,43±6,41                     | 20,04±6,53                     | 17,09±5,09                        |

<sup>(1)</sup> **1**- Latossolo Amarelo Coeso Típico (Presidente Figueiredo – AM); **2** - Gleissolo Háptico Ta Eutrófico (Manacapuru – AM); **3** - Latossolo Amarelo Coeso Antrópico (Iranduba – AM). n = 9.

Verifica-se que a ordem de exportação de macro e micronutrientes pelos frutos de cupuaçu na TPI foi N > K > Ca > Mg > P, e Fe > Zn > Mn (Tabela 6). Dentre os macronutrientes, apenas fósforo e cálcio apresentaram exportações superiores (29,2 % e 28 %

respectivamente) aos valores encontrados por Cravo & Souza (1996). O potássio exportado em TPI foi 23,5% menor que os observados nos solos de várzea e 16,6 % em LA. Isso certamente está relacionado com os baixos teores de potássio constatados nesses solos, uma vez que as TPI em geral são “pobres” em potássio (Lehmann *et al.*, 2003).

As exportações de nutrientes pelos frutos de cupuaçu em LA seguem a ordem  $N > K > Mg > Ca > P$ , e de micronutrientes foi  $Fe > Mn > Zn$  (Tabela 6). As exportações de N, P e K em LA foram menores (2,4 %, 30,1% e 32,1% respectivamente) que os valores apresentados por Cravo & Souza (1996). Por outro lado, quando comparadas com Silva & Silva (1986), N e P foram 1,0 % e 22,9 % superiores, respectivamente.

## 6. CONCLUSÃO

A maior concentração de N, P, Ca, Mg e Zn foi observada na semente, de Fe e Mn na casca, e K na polpa. A maior exportação de nutrientes pelos frutos ocorreu em várzea, seguido de TPI e LA, e pode estar relacionada com a fertilidade natural do respectivo solo. As exportações de nutrientes pelo fruto de cupuaçu obedeceram as seguintes ordens: várzea -  $K > N > Mg > P > Ca$  e  $Fe > Mn > Zn$ ; TPI -  $N > K > Ca > Mg > P$  e  $Fe > Zn > Mn$ ; LA -  $N > K > Mg > Ca > P$  e  $Fe > Mn > Zn$ . Somente o solo da várzea apresenta a ordem de exportação conforme tem sido observado em outros estudos, sugerindo a importância a deficiência de K na TPI, o que foi esperado, e no LA. A quantidade de nutrientes exportados pelo cupuaçuzeiro deve ser reposta para que ele mantenha, pelo menos, o nível de produtividade atual.

## 7. REFERÊNCIAS

- Alfaia, S.S.; Ayres, I.C. 2004. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçu, com e sem sementes, na região da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(2):320-325.
- Alfaia, S.S.; Falcão, N.P. 1993. Estudo da dinâmica de nutrientes em solos de várzea da Ilha do Careiro no Estado do Amazonas. *Amazoniana*, 12(3/4):1-9.
- Alfaia, S.S.; Nogueira, F.D. 1985. Estudo da capacidade de troca de cátions da fração mineral e orgânica de três solos da Amazônia Central. *Ciência e Prática*, 9(1):30-38.
- Alves, R.M.; Correa, J.R.V.; Gomes, M.R.O.; Fernandes, G.L.C. 1997. Melhoramento genético do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) no Estado do Pará. In: Seminário Internacional sobre Pimenta-do-Reino e Cupuaçu, Belém, PA. *Anais...* (Documento, 89. Embrapa Amazônia Oriental). p.127-146.
- Alves, R.M.; Oliveira, R.P.; Lima, R.R.; Neves, M.P.; Chaves, J.P.; Araújo, D.G.; Pimentel, L. 1996. Pesquisas com recursos genéticos e melhoramento do cupuaçuzeiro em desenvolvimento na EMBRAPA/CPATU. In: Workshop sobre as culturas de Cupuaçu e Pupunha na Amazônia, Manaus, AM. *Anais...* (Documento, 6. EMBRAPA/CPAA). p.127-135.
- Anda. 1992. Interpretação de análise do solo. Associação nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas. Conceitos e aplicações. São Paulo. 50p.
- Ayres, M.I.C.; Alfaia, S.S. 2001. Efeito de NPK, calagem e micronutrientes na produção de frutos de cupuaçuzeiro. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Belém-PA.
- Bellote, A.F.J.; Silva, H.D. 2000. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantas de *Eucalyptos* spp. In: Gonçalves, J.L.M.;
- Benedetti, V. (Eds). *Nutrição e fertilização*. Piracicaba: IPEF. p.106-133.
- Bueno, N. 1997. Alguns aspectos recentes da nutrição do cupuaçuzeiro. In: Seminário Internacional sobre Pimenta-do-Reino e Cupuaçu. Belém, PA. *Anais...* (Documentos 89. Embrapa Amazônia Oriental.). p.77-87
- Calzavara, B.B.G.; Müller, C.H.; Kawage, O.N.C. 1984. *Fruticultura Tropical: o cupuaçuzeiro – cultivo, beneficiamento e utilização do fruto*. Belém: EMBRAPA-CPATU, (Documentos, 32. EMBRAPA-CPATU.) 101p.
- Carvalho, J.E.U.; Muller, C.H.; Benchimol, R.L.; Kate, A.K.; Alves, R.M. 1999. Copoasu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng) Schum): cultivo y utilización. *Manual técnico*. Tratado de Cooperación Amazônica, Caracas, Venezuela. 152p.

- Cochrane, T.T.; Sanchez, P.A. 1982. Land resources, soils properties and their management in the Amazon region: A state of knowledge report. *In*: Hecht, S. B., (Ed). Amazon land use research. Cali, CIAT, p.138-209.
- Cochrane, T.T.; Sanchez, P.A.; Azevedo, L. G.; Porras, J. A.; Garver, C. L. 1985. Land in Tropical America. v.1. CIAT/EMBRAPA-CPAC, p. 6-9.
- Cravo, M.S.; Xavier, J.J.; Dias, M.C.; Barreto, J.F. 2002. Características, uso agrícola atual e potencial das várzeas no Estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 32(3):351-365.
- Cravo, M.S.; Smyth, T.J. 1997. Manejo sustentado da fertilidade de um latossolo da Amazonia Central sob cultivos sucessivos. *Rev. bras. Ci. Solo*, 21(2):607-616.
- Cravo, M.S.; Souza, A.G.C. 1996. Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro. *In*: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22, Manaus, AM. Resumos expandidos. Editora da Universidade do Amazonas. Manaus. p.632-633.
- Cuatrecasas, J. 1964. Cacao and its allies: a taxonomic of the genus *Theobroma*. Contributions U.S. of the Natural Herbarium, 35(6):379-614.
- Dinis, T.D.A.S.; Silva, M.M.M.; Bastos, T.X.; Müller, C.H.; Kawage, O.N.C.; Rodrigues, I. A. 1983. Fatores meteorológicos e a produtividade da castanha-do-brasil, cupuaçu e buriti. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, p.40-43.
- EMBRAPA. 1999a. *Cadeia produtiva do cupuaçu no Amazonas*. SEBRAE, Manaus: 35 p. (Série Agronegócios).
- EMBRAPA. 1999b. *Manual de análises químicas de plantas e fertilizantes*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 370p.
- EMBRAPA. 1983. Relatório bienal de solos. Manaus: UEPAE. 65 p.
- Falcão, N.P.S.; Silva, J.R.A. 2004. Características de absorção de fósforo em alguns solos da Amazônia central. *Acta Amazônica*, 34(3): 337-342.
- Falcão N.P.S. 2000. Caracterização de algumas propriedades químicas de solos sob sistemas agroflorestais no município de Manacapuru, Amazonas. *In*: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 3, Manaus. Resumos..., EMBRAPA/Amazônia Ocidental, Manaus. p.71-74.
- Falcão, M.A.; Lleras, E. 1993. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) *In*: Falcão, M.A. *Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade de algumas fruteiras cultivadas na Amazônia*. Manaus, Ed. da Universidade do Amazonas, v.2, p.67-75.

- Figueredo, N.N.; Macêdo, J.L.V.; Cravo, M.S. 2000. Avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) em um sistema agroflorestal na Amazônia Central. *In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais*, 3, Manaus, Resumos..., EMBRAPA Amazônia Ocidental, Manaus. p.48-50.
- Giacometti, D.C. 1992. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) *In: HERNANDEZ, J. E.; LEÓN, J. (Eds). Cultivos marginados: outra perspectiva de 1492. Roma: FAO, p.203-207. (FAO. Producción y Protección Vegetal, 26).*
- Haag, P.H. 1992. Nutrição mineral e qualidade de produtos agrícolas. *In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 20, Piracicaba. Anais dos Simpósios. Fundação Cargill, Piracicaba. p.405-425.
- Haag, P.H.; Oliveira, G.D.; Barbosa, V.; Silva Neto, J.M. 1981. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) destinado ao processamento industrial. *In: Haag, H. P.; Minami, K. Nutrição mineral de hortaliças. Fundação Cargill, Campinas. p.447-474.*
- IDAM. 2003. Relatório de Acompanhamento Anual 2003. Manaus. 30p.
- Irion, G. 1984. Clay minerals of Amazonian soils. *In: Sioli, H. (Ed): The Amazon. Limnology and Lan... ecology of a mighty tropical river its basin. - W. Junk Publ. Dordrecht: 537-577.*
- Lehmann, J.; Kern, D.; German, L.; McCann, J.; Martins, G.C.; Moreira, A. 2003. Soil fertility and production potential. *In. B. Glaser.; W.I. Woods (Eds). Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, management, 105-124.*
- Locatelli, M.; Souza, V.F.; Vieira, A.H.; Quisen, R.C. 2001. Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase em cupuaçuzeiro em solos de baixa fertilidade. EMBRAPA-CPAF Rondônia, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1). 20p.
- Lopes, A.S.; Guilherme, L.R.G. 1992. Fertilizantes e corretivos agrícolas: sugestões de manejo para uso eficiente. *In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 20, Piracicaba. Anais dos Simpósios. Piracicaba: Fundação Cargill. p.39-425.
- Machado, G.M.E.; Retto Junior, A.S. 1991. Estudo preliminar sobre a biologia floral do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.). *Revista da Universidade Federal do Amazonas*, 1(1):11-14. (Ciências Agrárias).
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. POTAFOS, Piracicaba. 319p.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Potafos, Piracicaba. 201p.
- Malavolta, E. 1987. Manual de calagem e adubação das principais culturas. São Paulo: Agronômica Ceres. 496p.

- Malavolta, E.; Kliemann, H.J. 1985. Desordens nutricionais no cerrado. Instituto Potassa, Piracicaba: 136p.
- Malavolta, E. 1980. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres. 251p.
- Monteiro, W.R. 1996. Gênero *Theobroma*: distribuição e importância econômica. In: Workshop sobre as Culturas de Cupuaçu e Pupunha na Amazônia, Manaus, Anais..., EMBRAPA/CPAA, Manaus. p.96-109.
- Müller, C.H.; Carvalho, J.E.U. 1997. Sistemas de propagação e técnicas de cultivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) no Estado do Pará. In: Seminário Internacional sobre Pimenta-do-Reino e Cupuaçu, Belém, 1996. Anais..., Belém: (Documentos, 89. EMBRAPA Amazônia Oriental/JICA) p.127-146.
- Neves, M.P.H.; Oliveira, R.P.; Mota, M.G.C.; Silva, R.M. 1993. Sistema reprodutivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*): época de floração, frutificação e mudança foliar. In: Congresso Brasileiro de Botânica, 44, São Luis, MA. Resumos..., SBB/UFMA, São Luís. v.2, p.395.
- Oliveira, A.N.; Oliveira, L.A. 2000. Influência da colonização por fungos micorrízicos arbusculares na absorção de nutrientes pelo cupuaçu e guaraná em um sistema agroflorestral da Amazônia. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestrais, 3, Manaus, Resumos... EMBRAPA Amazônia Ocidental, p.204-206.
- Osaqui, H.; Falesi, I.C. 1992. Projeto de investimento e desenvolvimento da agroindústria na Amazônia. Belém: SUDAM, 224p.
- Prance, G.T.; Silva, M.F. 1975. Árvores de Manaus. Manaus: INPA, 312p.
- Raij, B.V.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. 1996. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Instituto Agronômico/Fundação IAC, Campinas. 285p.
- Raij, B.V. 1981. Técnicas de avaliação da fertilidade do solo e estabelecimento de níveis de adubação. In: Raij, B.V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba. p.49-74.
- Ribeiro, G.D. 1992. *A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia*. (Documentos, 27. EMBRAPA-CPAF-Rondônia, Porto Velho). 32p.
- Salvador, J.O.; Rosseto, R.; Muraoka, T.; Malavolta, E.; Moreira, A. 1998. Efeito das deficiências de macro e micronutrientes na composição mineral do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). Científica, São Paulo, 26(1/2):95-111.
- Salvador, J. O.; Muraoka, T.; Rosseto, R.; Ribeiro, G.A. 1994. Sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. Scientia Agrícola, Piracicaba, 51(3):407-414.

- Schroth, G.; Elias, M.E.A.; Macêdo, J.L.V.; D'Angelo, S.A.; Liberei, R. 2001. Growth yields and mineral nutrition of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) in two multi strata agroforestry systems on a ferralitic amazonian upland soil at four fertilization levels. *Journal Applied Botany*, 75(5):10-20.
- SEBRAE/AM. 1996. Diagnóstico sócio-econômico e cadastro empresarial de Manacapuru, iranduba e Presidente Figueiredo. Edição Revista e Ampliada. Manaus: Programa informação. 70p.
- Smith, N.J.H.; Williams, J.T.; Plucknett, D.L.; Talbot, J.P. 1992. Tropical forests and their crops. Ithaca: Cornell University Press, 568p.
- Silva, A.A.Q.; Silva, H. 1986. Teores de nutrientes em cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 8. Brasília, Anais... SBF. p.269-271.
- Silva, R.M.1996. *Estudo do sistema reprodutivo e divergência genética em cupuaçuzeiro (Theobroma grandiflorum (Willd ex Spreng) Schum.)*. ESALQ, Dissertação de Mestrado, Piracicaba. ESALQ, USP. 151p.
- Sousa, N.R.; Antonio, I.C.; Nunes, C.D.M. 1996. Estratégias reprodutivas e polinização artificial do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum (Willd. Ex Spreng.) Schum.*). *Revista da Universidade do Amazonas*. Manaus, 4/5(1/2):31-37.
- Sousa, G.F.; Oliveira, L.A.; Souza, A.G.C.; Moreira, A. 2000. Produção e crescimento de cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais no Município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 3, Manaus, Resumos..., EMBRAPA Amazônia Ocidental, Manaus. p.249-250.
- Souza, A.G.C.; Cravo, M.S. 1996. Teores de nutrientes em frutos de cupuaçuzeiro. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22, Manaus, Resumos expandidos... (Ed) Universidade do Amazonas, p.634-635.
- Tomé Jr., J.B. 1997. Manual para a interpretação de análise de solo. Guaíba: Ed. Agropecuária. 247p.
- Veloso, C.A.C.; Pereira, W.L.M.; Carvalho, E.J.M. 2002. Diagnose nutricional pela análise foliar de pomares de laranjeiras no nordeste paraense. *Revista ciências agrárias*, Belém, n. 38, p. 47-55.
- Venturieri, G.A. 1993. Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento. Clube do Cupuaçu, Belém 108 p.
- Victoria, R.L.; Martinelli, L.A.; Richey, J.E.; Devol, A.H.; Forsberg, B.R.; M.N.G. Ribeiro. 1989. Spatial and temporal variations in soil chemistry on the Amazon floodplain. *Geo Journal* 19:45-52.



Vitti, G.C.; Boaretto, A.E.; Penteao, S.R., 1994. Fertilizantes e fertirrigação. *In: Simpósio Brasileiro sobre Fertilizantes Fluídos*, Piracicaba, 1993. Anais..., Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fosfato. Piracicaba: p. 261-280.

Wandelli, E.V.; Ferreira, F.; Sousa, Gladys F.; Sousa, S.G.A; Fernandes, E.K.M. 2002. Exportação de nutrientes de sistemas agroflorestais através das colheitas – O valor dos resíduos dos frutos Amazônicos. *In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais*, 6, Ilhéus, BA, Resumos..., CD ROM.