



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**DESENVOLVIMENTO INICIAL E COMPOSIÇÃO MINERAL DE COPAÍBA  
CULTIVADA EM LATOSSOLO AMARELO, TEXTURA MÉDIA, SOB OMISSÃO  
DE NUTRIENTES.**

**MÁRCIO GERDhanES MARTINS GUEDES**

Belém  
Pará - Brasil  
2008

---

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**DESENVOLVIMENTO INICIAL E COMPOSIÇÃO MINERAL DE COPAÍBA  
CULTIVADA EM LATOSSOLO AMARELO, TEXTURA MÉDIA, SOB OMISSÃO  
DE NUTRIENTES.**

**MÁRCIO GERDHANES MARTINS GUEDES**  
**Engenheiro Agrônomo**

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

**Orientador:**

Eng. Agr. Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior

Belém  
Pará - Brasil  
2008

---



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**DESENVOLVIMENTO INICIAL E COMPOSIÇÃO MINERAL DE COPAÍBA  
CULTIVADA EM LATOSSOLO AMARELO, TEXTURA MÉDIA, SOB OMISSÃO  
DE NUTRIENTES.**

**MÁRCIO GERDHANES MARTINS GUEDES**  
**Engenheiro Agrônomo**

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

Aprovada em 02 de julho de 2008

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Eng. Agr<sup>o</sup>. Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior**  
**Orientador**

**Professor Adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.**

---

**Eng. Agr<sup>o</sup>. Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosana Cardoso Rodrigues**

**Professora da Escola Agrotécnica Federal de castanhal – EAFIC.**

---

**Eng. Agr<sup>o</sup>. Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Regina Araújo Martins**

**Professora Adjunta da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.**

---

**Eng. Agr<sup>o</sup>. Prof. Dr. George Rodrigues da Silva**

**Professor Associado da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.**

---

## DEDICO

Aos meus pais JORGE VIEIRA GUEDES e MARLENE MARTINS GUEDES , e a minha tia MARIA APARECIDA BEZERRA MARTINS, que sempre me apoiaram nos estudos ao longo de minha vida, e ao meu irmão MARCOS GEOVANE MARTINS GUEDES.

## Ofereço

À minha namorada RENATA DE CÁSSIA DÓRIA DA SILVA, pela paciência, compreensão e incentivo a realização desta dissertação.

A Nossa Senhora de Fátima minha santa de devoção.

---

## AGRADECIMENTOS

À universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA e a Coordenação do programa de Pós-graduação em Agronomia pela realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado

Aos Professores Engenheiros Agrônomos Doutores Mário Lopes da Silva Júnior e Maria Marly de Lourdes Silva Santos, pela amizade, orientação, incentivo e apoio dado para execução deste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora pela contribuição e aceitação em participar do julgamento da minha Dissertação de Mestrado, Eng. Agr. Prof. Dr. George Rodrigues da Silva, Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Prof. Dr<sup>a</sup>. Ana Regina Araújo Martins, Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Prof. Dr<sup>a</sup>. Rosana Cardoso Rodrigues.

Aos amigos Vânia da Silva Melo, Max Sarrazin, Elaine Rodrigues dos Santos, Rosivaldo Cordeiro Araújo, Brenda Rocha Guimarães, Roberta da Silva Pinheiro, Paulo Augusto Lobato da Silva, Paulo Jorge Barros da Costa Alfama, Rosigrêde Lima da Silva, Richart de Souza Vieira, pela convivência e sugestões construtivas ao trabalho

Aos funcionários do Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA. Júlio César Almeida e Iza Maria Dias e Souza, pela colaboração prestada.

## SUMÁRIO

	p.
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2- REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1 HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO DA COPAÍBA NA AMAZÔNIA .....	14
2.2 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA.....	15
2.3 CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA .....	16
2.4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA COPAIBA .....	16
2.5 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E AMBIENTAL .....	17
2.5.1 Madeira .....	17
2.5.2 Produção do óleo copaíba .....	18
2.5.3 usos farmacológicos e industriais .....	19
2.6 FUNÇÕES, SINTOMATOLOGIA DE DEFICIÊNCIA EM ESPÉCIES ARBÓREAS E DIAGNOSE VISUAL .....	20
2.6.1 Nitrogênio .....	21
2.6.2 Fósforo .....	23
2.6.3 Potássio .....	24
2.6.4 Cálcio .....	26
2.6.5 Magnésio .....	27
2.6.6 Enxofre .....	29
2.6.7 Ferro .....	31
2.6.8 Manganês .....	32
2.6.9 Cobre .....	33
2.6.10 Zinco .....	34
2.6.11 Diagnose visual .....	35
2.7 REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS .....	36
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO UTILIZADO .....	41

3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO, CARACTERÍSTICAS AVALIADAS E ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	42
3.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	43
3.4 ANÁLISE QUÍMICA DA PLANTA .....	44
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
4.1 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA .....	45
4.2 TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM MUDAS DE COPAÍBA .....	52
4.2.1 <b>Nitrogênio</b> .....	52
4.2.2 <b>Fósforo</b> .....	54
4.2.3 <b>Potássio</b> .....	57
4.2.4 <b>Cálcio</b> .....	59
4.2.5 <b>Magnésio</b> .....	61
4.2.6 <b>Ferro</b> .....	63
4.2.7 <b>Cobre</b> .....	65
4.2.8 <b>Manganês</b> .....	67
4.2.9 <b>Zinco</b> .....	70
4.3 CRESCIMENTO DE PLANTAS DE COPAÍBA .....	72
4.4 SINTOMATOLOGIA .....	74
4.4.1 <b>Nitrogênio</b> .....	74
4.4.2 <b>Fósforo</b> .....	75
4.4.3 <b>Potássio</b> .....	75
4.4.4 <b>Cálcio</b> .....	76
4.4.5 <b>Magnésio</b> .....	77
4.4.6 <b>Zinco</b> .....	77
<b>5 – CONCLUSÕES .....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Análise química e granulométrica do Latossolo Amarelo, textura média, de Belém (PA), coletado na profundidade de 0-20 cm. ....	42
TABELA 2- Teor de nitrogênio (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008 .....	52
TABELA 3- Teor de fósforo (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	55
TABELA 4- Teor de potássio (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	57
TABELA 5- Teor de cálcio (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	59
TABELA 6- Teor de magnésio (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	61
TABELA 7- Teor de ferro (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	63
TABELA 8- Teor de cobre (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	64
TABELA 9- Teor de manganês (g/kg) nas folhas, caule e raízes, de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	68
TABELA 10- Teor de zinco (g/kg) nas folhas, caule e raízes, de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	70

## LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1- Distribuição Geográfica da Copaíba .....	16
FIGURA 2- Matéria seca da folha ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de planta jovem de copaíba, cultivada em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes. ....	45
FIGURA 3- Matéria seca de caule ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de planta jovem de copaíba, cultivada em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes. ....	47
FIGURA 4- Matéria seca de raiz ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de planta jovem de copaíba, cultivada em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes. ....	48
FIGURA 5- Matéria seca total ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de planta jovem de copaíba, cultivada em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes. ....	49
FIGURA 6- Crescimento relativo em produção de matéria seca de plantas de copaíba (Tratamento Completo crescimento relativo igual a 100). ....	50
FIGURA 7- Relação raiz/parte aérea (R/PA), com base no peso de matéria seca de plantas de óleo copaíba submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. ....	51
FIGURA 8- Teor de nitrogênio ( $\text{g/kg}$ ) das folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	53
FIGURA 9- Teor de fósforo ( $\text{g/kg}$ ) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	56
FIGURA 10- Teor de potássio ( $\text{g/kg}$ ) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	58
FIGURA 11- Teor de cálcio ( $\text{g/kg}$ ) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	60

FIGURA 12- Teor de magnésio (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	62
FIGURA 13- Teor de ferro (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	64
FIGURA 14- Teor de cobre (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	67
FIGURA 15- Teor de manganês (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	69
FIGURA 16 - Teor de zinco (g/kg) nas folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008. ....	71
FIGURA 17- Médias da altura (cm) e diâmetro (mm) de mudas de copaíba em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes. ....	72
FIGURA 18- Folhas de mudas de copaíba com deficiência de nitrogênio. ....	74
FIGURA 19- Folhas de mudas de copaíba com deficiência de fósforo. ....	75
FIGURA 20- Folhas de mudas de copaíba com deficiência de potássio. ....	76
FIGURA 21 - Folhas de mudas de copaíba com deficiência de cálcio. ....	76
FIGURA 22 - Folhas de mudas de copaíba com deficiência de magnésio. ....	77

## DESENVOLVIMENTO INICIAL E COMPOSIÇÃO MINERAL DE COPAÍBA CULTIVADAS EM LATOSSOLO AMARELO, TEXTURA MÉDIA, SOB OMISSÃO DE NUTRIENTES.

Autor: Márcio Gerdhanes Martins Guedes

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Mario Lopes da Silva Júnior

**RESUMO.** A copaíba é uma árvore nativa da região tropical da América Latina e também da África Ocidental. As exigências nutricionais das espécies nativas vêm sendo estudadas de forma dispersa e a maioria dos estudos voltados à recuperação de áreas degradadas tem se concentrado na avaliação de modelos de recuperação, no contexto de aspectos botânicos ou silviculturais. Trabalhos envolvendo aspectos básicos ou aplicados de fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas, raramente são inseridos nestes estudos. Com a finalidade de caracterizar os requerimentos nutricionais da *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo copaíba), foi conduzido um experimento em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia em Belém, PA, através da técnica do elemento faltante, para se determinar os nutrientes que mais limitam o potencial produtivo do solo, indicado pelo estado nutricional das plantas. Os tratamentos em número de 13 foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com oito repetições: Testemunha (solo natural), Completo (adubado com N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, S, Mn, Zn), Completo + Calagem necessária para elevar a saturação por bases (V%) do solo para 60% e Completo com a omissão de um nutriente por vez (-N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, - Cu, - Fe, -S, - Mn, -Zn). Determinou-se os valores de altura das plantas, diâmetro do caule, produção de massa seca das folhas, caule, raízes e total. O nitrogênio foi o nutriente mais limitante, seguido pelo ferro e zinco, para a produção de matéria seca de plantas jovens de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, textura média. A seqüência de exigência nutricional da copaíba foi à seguinte: N > Mg > Cu > Fe > Zn > Ca > K. A omissão de nutrientes não provocou efeito significativo no crescimento em altura das mudas de copaíba. A calagem promoveu o maior crescimento em diâmetro do caule de mudas de copaíba.. O desenvolvimento das mudas de copaíba é satisfatório, quando aplicado ao solo adubação seguida de calagem para elevar a saturação de base a 60 %.

Palavras chaves: Crescimento, Composição Mineral, *Copaifera langsdorffii*, Solo tropical

## INITIAL DEVELOPMENT AND THE MINERAL COMPOSITION OF COPAÍBA CULTIVATED IN SANDY LOAM YELLOW LATOSOL, UNDER OMISSION OF NUTRIENTS.

Author: Márcio Gredhanes Martins Guedes  
Adviser: Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior

**Abstract:** The Copaiba is a native tree found at the tropical region of Latin America and western Africa. The nutritional requirements of native species have been studied diffusely. Most of these studies about the recuperation of degraded areas have been focused on the evaluation of patterns of recuperation, according to both botanical and silvicultural aspects, once works involving basic or applied aspects of fertility of the soil and mineral nutrition of plants rarely are inserted into these studies. With the purpose of characterize the nutritional requirements of *copaifera langsdorffii* Desf. (oil), the experiment was led in a greenhouse at 'Universidade Federal Rural da Amazonia', in Belém – PA, through the diagnosis technique by subtraction, to determine those nutrients which limit the productive potential of the soil, indicated by the nutritional condition of the plants. The experimental design used was completely randomized, being 13 trataments with 8 replicates: Control (natural soil), complete fertilizer (with N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn), Complete + liming, in a way to increase the basis saturation (V%) of the soil to 60% and Complete with the omission of each o nutrient (N, P, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn). The variables height of plants, diameter of the stem, production of dry mass of leaves, stem, roots, and total was measured. The dry mass of seedling performance of copaíba cultivated in sandy loan yellow latosol was more affected by nitrogen, followed by iron and zinc. The sequence of nutritional requirements of copaiba was as follows: N > Mg > Cu > Fe > Zn > Ca > K. The height seedling growth of copaíba wasn't so affected by omission of nutrients. The diameter of the stem seedling growth of copaíba was better when used liming. The development of copaiba is satisfactory when applied to the soil fertilization followed by liming to increase the base saturation to 60%.

Key words: Growth, Mineral Composition, *Copaifera langsdorffii*, Tropical soil.

## 1 INTRODUÇÃO

A restauração florestal, como tem sido determinada à área da ciência que abrange toda a ação de recuperação ambiental, é ainda uma atividade muito recente (PALMER, 1997). Complexidades de estrutura e do funcionamento dos ecossistemas tropicais, além da escassez de informações sobre exigências nutricionais das espécies, são alguns dos fatores que dificultam a restauração das áreas degradadas. Há ainda, muitos problemas metodológicos, carência de dados e poucos exemplos que descrevem detalhadamente os processos de restauração (KELLY; HARWEL, 1990; JANSEN, 1997; MICHENER, 1997).

O avanço das fronteiras agropastoris, o crescimento urbano e a industrialização desordenada têm contribuído para o desmatamento em geral, e em particular, das áreas ribeirinhas. Como consequência, há degradação das bacias hidrográficas, aumento dos processos erosivos, com o assoreamento dos cursos de água e a sua contaminação.

A revegetação dessas áreas, além de amenizar o impacto ambiental negativo e auxiliar na restauração do equilíbrio desses ecossistemas, pode ser uma fonte de renda para as propriedades rurais. De modo que, a implantação de espécies nativas de valor econômico pode ser recomendável através de um plano de reflorestamento, pois a exploração sustentada pode minimizar os abusos cometidos com o desmatamento e encorajar o repovoamento. Carpanezzi et al. (1990) consideram que mesmo terrenos pouco perturbados podem ser difíceis de serem reflorestados, como as áreas ciliares ou as áreas íngremes, em propriedades agrícolas onde o pequeno retorno financeiro desestimula esforços de implantação e manutenção.

Entretanto, a alteração destes locais traz consequências, principalmente para o solo, que aliadas ao desconhecimento dos requerimentos nutricionais das espécies florestais nativas, podem comprometer o sucesso dos projetos de recuperação, conforme ressaltam Curie et al. (1993). O êxito na implantação de florestas com espécies nativas, principalmente, em projetos de recuperação de áreas degradadas, depende de um melhor conhecimento dos requerimentos nutricionais destas espécies.

Considerando que as espécies arbóreas diferem quanto à eficiência com que absorvem e/ou utilizam os nutrientes extraídos do solo, em condições de solo alterado ou de baixa fertilidade, seria desejável o uso de espécies menos exigentes e/ou mais eficientes na utilização de nutrientes (KAGEYAMA; CASTRO, 1989), proporcionando uma maior produção de biomassa com uma menor utilização de nutrientes do sítio florestal.

As exigências nutricionais das espécies nativas vêm sendo estudadas de forma dispersa, cuja maioria dos estudos voltados à recuperação de áreas degradadas tem se concentrado na avaliação de modelos de recuperação, nos aspectos botânicos ou silviculturais, sendo que trabalhos envolvendo aspectos básicos ou aplicados de fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas raramente são inseridos nestes estudos.

Devido à grande variabilidade de comportamento das espécies florestais nativas em relação às diferentes condições químicas, físicas e biológicas dos solos, é imprescindível conhecer as demandas nutricionais dessas espécies destacando, além de suas exigências mínimas quanto a cada nutriente, a caracterização de seu comportamento em condições de baixa disponibilidade do elemento. Somente assim será possível a recomendação de corretivos e fertilizantes para a implantação e manutenção dos projetos de restauração, potencializando dessa forma, a sobrevivência e o crescimento das mudas no campo após o plantio (CARNEIRO, 1995), sendo de fundamental importância no aprimoramento e sucesso dos projetos de recuperação de áreas degradadas (FURTINI NETO et al., 2000).

Deste modo, este trabalho teve por objetivo caracterizar o desenvolvimento inicial e os requerimentos nutricionais da *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo copaíba), cultivada em Latossolo Amarelo, textura média, sob omissão de nutrientes.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO DA COPAÍBA NA AMAZÔNIA**

A exportação dos óleos de copaíba para a Europa foi registrada desde o final do Século XVIII, ocupando o segundo lugar nas exportações brasileiras de drogas medicinais (ARRUDA, 1980). Naquela época era comum que comunidades indígenas inteiras, da grande área que se estende desde a região amazônica até os estados de Maranhão e Mato Grosso, se ocupassem da extração do óleo (CARRARA et al, 1996).

Os franceses foram os que mais se dedicaram ao estudo e exploração do óleo de copaíba no passado. No período que antecedeu a primeira grande guerra, Hamburgo, na Alemanha, era o principal centro de importação do óleo de copaíba do Brasil e o distribuía para a Europa (cerca de 50 t ano<sup>-1</sup>), sendo a França responsável pelo consumo de mais de 6 t ano<sup>-1</sup> (PERROT et al., 1943). No período de pós-guerra, entretanto, foi quando se alcançou

os maiores valores globais de exportação do óleo, obtendo-se o máximo de 225 toneladas, no ano de 1918 (FONSECA, 1927).

Nos períodos de 1796 a 1807, de 1839 a 1870 (CARRARA et al, 1996), de 1901 a 1924 (FONSECA, 1927) e de 1962 a 1996 (IBGE, 1996), observa-se as grandes oscilações na quantidade de óleo exportada, que continuam até os dias atuais, com o volume variando de 101 a 59 toneladas de óleo nos anos de 1994 e 1996, respectivamente. Essa oscilação e a pequena quantidade de óleo de copaíba consumida no mercado interno dificultam a organização de cooperativas extrativistas nos estados do Norte do País e, conseqüentemente, a sobrevivência das comunidades que têm na exploração do óleo sua fonte de subsistência.

Nas últimas três décadas, o destino das exportações brasileiras de óleo de copaíba esteve dividido entre a França, a Alemanha, a Inglaterra e os Estados Unidos, este último o principal importador, alcançando 20,8 toneladas no ano de 1973 (IBGE; 1996). Os últimos dados disponíveis datam de 1996. A partir de 1997, o óleo de copaíba, por representar pequeno volume no montante de produtos exportados, deixou de possuir estatística própria e passou a constar no volume de produtos minoritários dos anuários do IBGE. Segundo estes últimos dados, a Alemanha foi o país que mais importou o óleo de copaíba, superando Estados Unidos e França.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

Árvore grande, copa simétrica, um pouco deprimida, ramos curtos, atingindo até 40 metros de altura; casca castanho-escuro e rugosa; folhas alternadas, pecioladas, glabras, penadas, compostas de 2-8 folíolos alternos, curto-peciolulados, ovado-lanceolados ou oblongos, obtuso-mucronados, de 25-70 mm de comprimento, inteiros, um pouco coriáceos, pelúcido-punctuados, freqüentemente com glândulas cheias de óleo-resina visíveis à transparência, tendo na base duas estípulas caducas; flores pediceladas, apétalas, hermafroditas, brancas, pequenas, dispostas em panículas axilares, estreitas, frouxas, pubescentes; fruto vagem curto-pedunculada, orbicular, oblíqua, comprida, aguda, carnosas, bivalves, até 25 mm, contendo uma semente ovóide com ala em forma de saco e quase completamente coberta pelo arilo.



## 2.3 CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA

A copaíba pertence ao Reino: Plantae, Divisão: Magnoliophyta, Classe: Magnoliopsida, Ordem: Fabales, Família: Fabaceae, Subfamília: Caesalpinioideae, Gênero: Copaifera, Espécie: *C. langsdorfii*, Nome binomial : *Copaifera langsdorffi* Desf.

## 2.4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA COPAÍBA

As copaíbas são árvores nativas da região tropical da América Latina e também da África Ocidental. Na América Latina são encontradas espécies na região que se estende do México ao norte da Argentina (DWYER, 1951).

O gênero *Copaifera* possui 72 espécies, sendo que 16 destas só são encontradas no Brasil (DWYER, 1951).

Popularmente conhecidas como copaibeiras ou pau d'óleo, as copaíbas são encontradas facilmente nas regiões amazônica e Centro-Oeste do Brasil. Entre as espécies mais abundantes, destacam-se: *C. officinalis* L. (norte do Amazonas, Roraima, Colômbia, Venezuela e El Salvador) (ANDRADE et al, 2000).

No Brasil, a espécie *C. langsdorfii* Desf. é particularmente importante pela ampla distribuição (da Amazônia a Santa Catarina, no Nordeste e Centro-Oeste) e por possuir quatro diferentes variedades: *C. langsdorfii* var. *grandifolia*, *grandiflora*, *laxa* e *glabra* (LEITE et al., 1992).



Figura 1- Distribuição geográfica da copaíba

## 2.5 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E AMBIENTAL

Os recursos naturais existentes na Região Amazônica tornam-se conhecidos, gradativamente, à medida que a pesquisa científica se intensifica e os resultados são disponibilizados para a sociedade. O aproveitamento da flora aromática nativa se insere neste contexto, apesar de poucos produtos fazerem parte da pauta comercial de exportação, como é o caso do óleo-resina de copaíba. O elevado potencial da flora odorífera da região apresenta-se como a fonte renovável mais apropriada para a produção de essências aromáticas. Para isto, é necessário promover a domesticação das espécies identificadas como promissoras, para cultivos sustentáveis sob o ponto de vista econômico, social e ambiental.

Trabalhos desenvolvidos, a partir da década de 1970, por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), resultaram em um amplo inventário das plantas aromáticas da Amazônia. em que estão relacionadas algumas espécies ricas em óleos essenciais. Entre elas, destaca-se a copaíba,

Trabalhos desenvolvidos a partir de 1995, por pesquisadores da Embrapa, resultaram em um sistema de produção agroindustrial dentro do enfoque de P&D. Os conhecimentos, as práticas e processos desenvolvidos vêm agregando valor a este recurso natural amazônico, com inserção no mercado, e tornando-o uma fonte alternativa de renda e emprego para os produtores organizados em pequenas associações do meio rural, principalmente, nos Estados do Acre e Rondônia.

### 2.5.1 Madeira

A importância das árvores de copaíba (*Copaifera* spp.) deve-se à sua madeira de boa qualidade. Sua superfície é lisa, lustrosa, durável, de alta resistência a ataque de xilófagos e baixa permeabilidade, própria para fabricação de peças torneadas e de marcenaria em geral (CARVALHO, 1942). A árvore também é utilizada na fabricação de carvão (LOUREIRO, 1979) e pelas indústrias de construção civil e naval.

O interesse pela madeira e a utilidade do óleo copaíba fez com que o governo imperial regulasse a derrubada das copaibeiras através de um ato expedido em 1818, segundo o qual as árvores só poderiam ser derrubadas por conta do Estado, vendidas com 20 % de lucro para a produção de mastro e vergas de navio.

Apesar deste ato, as árvores continuaram a ser derrubadas até os dias atuais, com a sua extração não racional. O interesse na madeira e os desmatamentos crescentes na Região Amazônica, acabaram transformando o óleo copaíba em subproduto da indústria madeireira. Sua fonte nos mercados municipais de Manaus e Belém varia de acordo com a situação das estradas que levam os caminhões com madeira por toda parte. No Estado de Rondônia é comum encontrar mulheres e filhos de madeireiros ao longo da estrada que liga Porto Velho a Ariquemes e Ji-Paraná, vendendo óleo de copaíba em baldes de plástico. Hoje em dia, a maior parte do óleo é obtida através do processo de extração total, com a derrubada da árvore.

### 2.5.2 Produção do óleo copaíba

A produção de óleo resina por árvore é muito variável e ainda não se tem conhecimento sobre os fatores que a determinam. As condições ambientais do local de crescimento da árvore, época do ano e suas características genéticas são fatores tidos como fontes de variação para a produção (ALENCAR, 1982). Alguns estudos avaliaram o efeito de características físicas do solo, diâmetro da árvore (DAP) e época do ano sobre a produção da copaíba (ALENCAR, 1982; FERREIRA, 2001; LEITE et al., 2001; PLOWDEN, 2003; RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004), porém, não há ainda nenhuma conclusão definitiva. É importante salientar que a grande maioria dos estudos de estimativa de produtividade baseia-se exclusivamente na realização de uma única coleta, não havendo, portanto, informações precisas sobre o tempo necessário para a árvore recompor a quantidade de óleo extraído. Assim, os dados de produção referem-se sempre a uma única coleta.

Avaliações realizadas no início do século passado, indicam que há diferenças na produção das diversas espécies de copaíba (PIO CORREA, 1931).

Atualmente, considera-se que a produtividade média varia de 0,3 a 3 L árvore<sup>-1</sup> coleta<sup>-1</sup>, podendo ser esperados ocasionalmente indivíduos com produtividade da ordem de 30 L árvore<sup>-1</sup> coleta<sup>-1</sup>.

Tomando-se como base todas as árvores adultas, a produtividade média no Estado do Acre foi estimada em  $0,94 \pm 0,13$  L árvore<sup>-1</sup> (RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004), não havendo diferenças entre espécies e tipos botânicos. Contudo, se consideradas somente as árvores efetivamente produtivas, a produtividade média aumenta para 2,92 L árvore<sup>-1</sup> coleta<sup>-1</sup>, sendo a copaíba preta significativamente mais produtiva ( $3,84 \pm 0,20$  L árvore<sup>-1</sup> coleta<sup>-1</sup>) que outros

tipos (RIGAMONTE-AZEVEDO, 2004). No mesmo estudo não foram encontradas diferenças na produtividade de óleo-resina em relação à localização geográfica (município), tipologia florestal ou ambiente edáfico (área sujeita a alagação ou terra firme).

Além do fator citado, a proporção de árvores produtivas também afeta a produção de uma população de copaíbas.

Na reserva Ducke, em Manaus, AM, Alencar (1982) observou para *C. multijuga* uma proporção de 24 % de árvores produtivas em solos arenosos e de 39 % em solos argilosos. Ferreira e Braz (2001), avaliando a produção de óleo resina de copaíba na Floresta Estadual do Antimary, no sudeste do Estado do Acre, observaram que a proporção de árvores produtivas foi de 72% no período seco e de apenas 41 % na estação chuvosa. Este último resultado é contraditório com o relatado por Baima et al. (1999), na região do Tapajós, PA, onde foi observada uma menor produção na estação seca. Outras estimativas discrepantes são as de PLOWDEN (2003), que encontrou uma proporção de 61 % de copaíbas produtivas em uma reserva indígena do Pará, enquanto no Estado do Acre, Leite et al. (2001) estimaram que apenas 25 % das árvores adultas eram produtivas.

### 2.5.3 Usos farmacológicos e industriais

O óleo resina da copaíba é amplamente usado na medicina popular, medicina indígena e na indústria farmacêutica (MING, 1995; BARATA et al., 1997; SHANLEY et al., 1998; LEITE et al., 2001; VEIGA JÚNIOR, PINTO, 2002).

Segundo Veiga Júnior e Pinto (2002), as condições etnofarmacológicas mais usadas são: a) para as vias urinárias, como antiblenorrágico, antiinflamatório, antigonorreico, anti-séptico, estimulante e no tratamento de cistite, incontinência urinária e sífilis; b) para as vias respiratórias, antiasmático, expectorante, no tratamento de bronquite, inflamação de garganta, hemoptise, pneumonia e sinusite; c) para infecções da derme e mucosa, como dermatites, eczemas, psoríases e ferimentos; d) para úlceras e feridas no útero; e) outras finalidades, como afrodisíaco, antitetânico, antireumático, antiherpético, anticancerígeno, antitumoral (tumores da próstata), no tratamento da leishmaniose e da leucorréia, contra paralisia, dores de cabeça e picadas de cobra.

O efeito antiinflamatório, gastroprotetor, analgésico e antitumoral do óleo resina de copaíba já foi comprovado em diversos estudos (BASILE et al., 1988; FERNANDES et al.,

1992; OSHAKI et al., 1994; PAIVA et al., 1998), como também o seu potencial como antioxidante, inseticida e repelente de insetos (DESMARCHELIER et al., 1997; GILBERT et al., 1999)

## 2.6 FUNÇÕES, SINTOMATOLOGIA DE DEFICIÊNCIA EM ESPÉCIES ARBÓREAS E DIAGNOSE VISUAL

Por definição, os nutrientes minerais têm funções específicas e essenciais no metabolismo da planta. Um nutriente mineral pode funcionar como constituinte de uma estrutura orgânica, como um ativador de reações enzimáticas, ou como transportador de cargas e osmorregulador. As principais funções dos nutrientes minerais tais como, nitrogênio, enxofre e fósforo servem como constituinte de proteínas e ácidos nucleicos. Outros nutrientes minerais tais como magnésio e os micronutrientes, podem funcionar como constituintes de estruturas orgânicas, predominante envolvidos na função catalítica de enzimas. O potássio, e presumivelmente o cloro, são os únicos elementos minerais que não são constituintes de estruturas orgânicas. Eles funcionam principalmente na osmorregulação (ex. vacúolos), na regulação das atividades enzimáticas (MARSCHNER, 1995).

O suprimento inadequado de um elemento essencial resulta em distúrbio nutricional que se manifesta por sintomas de deficiências características (TAIZ; ZEIGER, 2004), que podem aparecer em folhas, caules ou frutos.

O motivo pelo qual o sintoma é típico do elemento, deve-se ao fato de um dado nutriente exercer sempre as mesmas funções, qualquer que seja a espécie (MARSCHNER, 1995). Entretanto, deve se ter em mente que, antes da manifestação visível da deficiência, o crescimento e a produção já poderão estar limitados: é o que se chama de fome escondida. O sintoma visível é o fim de uma série de eventos, que tem início com alterações em nível molecular, agrava-se para modificações subcelulares, intensifica-se com alterações celulares e atinge o tecido, modificando-o, ocasionando a expressão de sintomas visíveis (MALAVOLTA et al., 1997).

Contudo, o amarelecimento ou clorose das folhas, que são sintomas comumente verificados, podem ser causados por outros fatores, como toxicidade nutricional, estresse ambiental (temperatura, água, vento, etc.), fatores genéticos, substâncias químicas (herbicidas, pesticidas, etc.), poluentes, animais herbívoros (insetos, etc.) e patógenos (fungos, bactérias,

vírus). Esses sintomas podem ser confundidos com sintomas de carência mineral (DELL et al., 1995).

A quantidade remobilizada, entretanto, difere entre os nutrientes minerais e é refletida na distribuição dos sintomas visíveis de deficiência nas plantas. Sintomas de deficiência nas folhas mais velhas refletem alta taxa de remobilização, considerando que aqueles nas folhas mais novas e meristemas apicais, refletem insuficiente remobilização (MARSCHNER, 1995).

A remobilização dos nutrientes minerais das folhas maduras para áreas de novo crescimento é, desta forma, essencial para a conclusão do ciclo de vida das plantas sob estas condições ambientais.

A classificação mais conhecida e aceita na última década, quanto à mobilidade no floema, dividiu os nutrientes em: (a) móveis: N, P, K, Mg e Cl; (b) pouco móveis: S, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Ni; e (c) imóveis: Ca e B (MARSCHNER, 1983).

Depois de 1995, quando foi descoberto que o boro pode ter expressiva mobilidade no floema, dependendo da espécie vegetal, embora na maioria das espécies tenha mobilidade restrita, e com base na composição da seiva do floema, determinada com auxílio de traçadores isotópicos, Marschner (1995) propôs uma classificação geral dos nutrientes em: (a) de alta mobilidade: N, P, K, Mg, S e Cl; (b) de mobilidade intermediária: Fe, Zn, Cu, B e Mo; e (c) de baixa mobilidade: Ca e Mn.

### 2.6.1 Nitrogênio

O nitrogênio (N) é encontrado em muitos compostos orgânicos, incluindo todos os aminoácidos orgânicos e ácidos nucleicos. As plantas requerem nitrogênio em quantidade superior a qualquer outro nutriente mineral, e a disponibilidade deste nutriente, geralmente, limita a produtividade da planta em muitos ecossistemas naturais e agrícolas (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

O N pode ser absorvido do meio em diferentes formas:  $N_2$ , através das bactérias fixadoras de nitrogênio (ex. leguminosas), na forma mineral como  $N-NO_3^-$  (nitrato) e  $N-NH_4^+$  (amônio) e como uréia. A forma predominante que a planta absorve, em condições naturais, é o nitrato, devido ao processo de nitrificação no solo. O N é móvel no floema e no xilema, podendo ser transportado na forma de nitrato ou de aminoácidos e amidas (MARSCHNER, 1995).

Exceto a seca, nenhuma deficiência é tão dramática em seus efeitos quanto a de N. Clorose generalizada e hábito estiolado, são os sintomas mais característicos. O crescimento é retardado e lento e as plantas têm uma aparência viçosa. A deficiência de N é caracterizada pela baixa taxa de crescimento, plantas pequenas, folhas de tamanho reduzido, morte prematura das folhas mais velhas, raízes sem ramificações, colapso e desenvolvimento dos cloroplastos, folhas cloróticas com necrose no estágio mais avançado de deficiência.

Muniz e Silva (1995) observaram mudas de *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa), mantidas em solução nutritivas deficientes em N, P, K, Ca, Mg e S, durante 155 dias, em casa de vegetação. Os sintomas visuais de deficiência de N apresentaram-se como alteração gradual da coloração verde para o amarelecimento generalizado da planta, iniciando-se pelas folhas basais. O crescimento em relação ao tratamento completo se mostrou reduzido.

Mendonça et al. (1999) constataram em plantas de *Myracrodruon urundeuva*, a deficiência de N durante o período de 120 dias, em casa de vegetação. A omissão de N causou clorose nas folhas mais velhas no terceiro mês após a omissão do nutriente, e no quarto mês as plantas apresentaram clorose generalizada.

Em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, Silveira et al. (2002) observaram os sintomas de deficiências em solução nutritiva com omissão de N, P, K, Ca, Mg e S, no período de 270 dias, em casa de vegetação. Os sintomas visuais de deficiência de N apresentaram-se 30 dias após a sua ausência nas folhas mais velhas, com coloração verde-claro, seguida de amarelecimento com pontuações avermelhadas distribuídas ao longo do limbo foliar, com avermelhamento total das folhas mais velhas. No estágio final da deficiência, as folhas secaram e se destacaram dos ramos e do caule, ocorrendo paralisação da emissão dos brotos.

Sarcinelli et al. (2004) verificaram em plantas de *Acacia holosericea*, mantidas em solução nutritiva, a deficiência de N no período de 180 dias, em casa de vegetação.

Os sintomas de deficiência começaram a se manifestar aos 60 dias após a omissão de N. Inicialmente, houve clorose generalizadas de filódios velhos, seguidos por senescência e queda dos mesmos. Os sintomas de deficiência em mudas de *Tectona grandis*, caracterizam-se, segundo Barroso et al. (2005), pelo aparecimento de uma clorose generalizada nas folhas inferiores, com reduções drásticas do crescimento.

## 2.6.2 Fósforo

O fósforo participa de quase todo o metabolismo de energia nas plantas, desde as seqüências de reações na fotossíntese até a respiração. A forma iônica preferencialmente absorvida pelas plantas é a monovalente ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). A falta do ânion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  no meio externo induz o aumento da atividade do sistema de alta afinidade para o fósforo na membrana plasmática. Na falta de P no meio externo, a velocidade de absorção aumenta 2 a 4 vezes, dependendo da espécie de planta. O fosfato inorgânico (Pi) absorvido pelas raízes é rapidamente incorporado aos açúcares, formando ésteres de açúcar-fosfato, que são transportados radialmente nas células da raiz e liberados no xilema na forma de Pi novamente. O Pi transita facilmente no xilema e no floema. A assimilação do Pi nos compostos orgânicos das raízes, ao contrário do nitrato e do sulfato, não passa pela redução do fosfato, que permanece na sua forma oxidada máxima (FURLANI, 2004).

O fósforo é parte de moléculas grandes como o DNA e RNA, bem como nos fosfolipídios, na membrana. É um tradutor e transportador de energia química, como por exemplo, na Adenosina Trifosfato (ATP). É capaz de modificar proteínas irreversivelmente e participa na sinalização celular como inositol trifosfato (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

Os sintomas de deficiência de P são descritos por Mengel e Kirkby (1987) como tendo crescimento retardado, a taxa de matéria seca da parte aérea/raiz reduzida, afetando a formação de frutos e sementes, cujas folhas mais velhas apresentam coloração verde escura.

Marschner (1995) descreve vários sintomas de deficiência causados pelo P, entre eles: crescimento retardado, frequentemente com uma coloração avermelhada devido o aumento da formação de antocianinas. As plantas podem apresentar coloração verde mais escura comparada com plantas normais, pois a célula de expansão foliar são mais retardadas que a formação da clorofila. Dessa forma, o conteúdo de clorofila por unidade de área é elevada, mas a eficiência fotossintética por unidade de clorofila é muito baixa, com inibição da expansão das células durante o dia, causado pelo decréscimo da condutância hidráulica da raiz. Observa-se a redução generalizada de muitos processos metabólicos, incluindo divisão e expansão celular, respiração e fotossíntese; a função regulatória do Pi na fotossíntese e no metabolismo dos carboidratos nas folhas, pode ser considerada como um dos maiores fatores limitantes do crescimento, particularmente, na fase reprodutiva.

A deficiência de P foi avaliada por Muniz e Silva (1995) em mudas de *Aspidosperma polyneuron*, conduzida por um período de 155 dias, em casa de vegetação. Os autores não



observaram sintomas visuais de deficiência deste nutriente nas folhas, sendo apenas verificada uma redução no crescimento das mudas.

Em plantas de *Myracrodruon urundeuva*, Mendonça et al. (1999) induziram por um período de 120 dias a deficiência de P, em casa de vegetação. As plantas apresentaram crescimento reduzido e as folhas mais velhas apresentaram-se arroxeadas no terceiro mês, após a omissão do nutriente.

Silveira et al. (2002) observaram sintomas de deficiência de P em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, por um período de 270 dias, em casa de vegetação. As folhas mais velhas ficaram com cor verde-escuro, seguida de arroxejamento e de pontos necróticos ao longo da lâmina foliar.

Os sintomas de deficiência de P em mudas de *Tectona grandis* caracterizam-se, segundo Barroso et al. (2005), pelo aparecimento de uma clorose leve com enrugamento (encarquilhamento) nas extremidades das folhas mais velhas.

### 2.6.3 Potássio

O potássio (K) é o mais abundante cátion no citoplasma e tem grande contribuição no potencial osmótico das células e tecidos das plantas. O potássio na planta não é metabolizado e forma complexos prontamente trocáveis. A absorção desse macronutriente é altamente seletiva e está intimamente acoplada à atividade metabólica. Este elemento no solo aparece na forma iônica ( $K^+$ ), sendo esta forma absorvida pelas raízes das plantas. Como o K não é um ânion monovalente, ao competir com elevadas concentrações de cátions bivalentes como o  $Ca^{++}$  e o  $Mg^{++}$ , sofre inibição, ou seja, compete com desvantagem pelo mesmo sítio de absorção. Entretanto, baixas concentrações de cálcio contribuem para a sua absorção (efeito sinérgico). O potássio é transportado como  $K^+$  e é caracterizado pela alta mobilidade nas plantas, em todos os níveis, dentro da célula, dentro dos tecidos, e é transportado à longa distância via xilema e floema. Isto acontece porque o K não faz parte permanente de nenhum composto orgânico (MARSCHNER, 1995).

O K está presente no citosol e vacúolo, neste último, como íon livre em altas concentrações; no citosol, as concentrações de potássio são controladas homeostaticamente a um nível de 120  $\mu M$ , estocando o excedente no vacúolo. Este macronutriente é o maior agente osmótico catiônico celular (EPSTEIN; BLOOM, 2005), sendo importante no controle

estomático. O K atua na fotossíntese em vários níveis, e no fluxo de  $H^+$  através das membranas dos tilacóides, mantendo o gradiente de pH transmembrana para síntese de ATP.

Marschner (1995) descreve que na deficiência de K o crescimento é retardado, uma vez que o K é translocado para amadurecimento de folhas e caules, e sob condições de severa deficiência, estes órgãos tornam-se cloróticos e necróticos.

Para Mengel e Kirkby (1987) a deficiência de K não provoca sintomas visuais imediatos. O primeiro sintoma é a redução da taxa de crescimento e, posteriormente, ocorre clorose e necrose das folhas. Estes sintomas, geralmente, ocorrem nas folhas mais velhas, iniciando-se nas margens e nas extremidades, com o decréscimo no turgor sob estresse hídrico e flacidez. Observa-se a deformação de xilema e floema, além do colapso nos cloroplastos e mitocôndrias.

Epstein e Bloom (2005) descrevem que a deficiência de potássio em muitas espécies deixa as folhas verde-escuras ou azul-esverdeadas semelhante à deficiência de P. Pequenas manchas de tecido morto (necróticas), frequentemente, se desenvolvem nas folhas. Pode haver também necrose marginal ou murcha. O crescimento é abaixo do normal e, sob condições severas, gemas laterais e terminais podem morrer.

A deficiência de K foi verificada por Muniz e Silva (1995) em mudas de *Aspidosperma polyneuron*, conduzido por um período de 155 dias, em casa de vegetação. Os sintomas visuais de deficiência de K apareceram quando as mudas tinham idade mais avançada, iniciando-se por pontos e depois por faixas cloróticas, principalmente nas bordas das folhas mais velhas. Nesta região, posteriormente, houve necrose, que progrediu e provocou a queda das folhas afetadas.

Mendonça et al. (1999) induziram em *Myracrodruon urundeuva*, a deficiência de K por um período de 120 dias, em casa de vegetação. A omissão de K causou enrugamento das folhas que, posteriormente, apresentaram aspectos de queimado a partir do terceiro mês após a omissão do nutriente.

Em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, Silveira et al. (2002) observaram por um período de 270 dias a deficiência de K, em casa de vegetação. As folhas mais velhas apresentaram um avermelhamento marginal que avançava para a parte central do limbo. Posteriormente, as pontas das folhas ficaram necrosadas.

Sarcinelli et al. (2004) verificaram em plantas de *Acacia holosericea*, durante o período de 180 dias, a deficiência de K em casa de vegetação. Necrose nas bordas dos filódios mais velhos, prolongando-se pelas extremidades.

Em mudas de *Tectona grandis*, Barroso et al. (2005) observaram durante 30 dias a deficiência de K, em casa de vegetação. As mudas apresentaram redução no crescimento, clorose internerval, encarquilhamento e pontos necrosados nas folhas mais velhas.

#### 2.6.4 Cálcio

O cálcio é absorvido pelas plantas na forma de cátion bivalente ( $\text{Ca}^{2+}$ ), o qual cumpre múltiplas funções nas plantas. Quantitativamente, é mais encontrado na parede celular, interligando cadeias pécticas, assim como o boro, contribuindo para a sua estabilidade (MATOH; KOBAYASHI, 1998).

A concentração de Ca no citosol é baixa, na ordem de  $0,15 \mu\text{M}$ , sendo o excedente armazenado pelo vacúolo. No entanto, o cálcio é também expelido ativamente, do citoplasma para o apoplasto, pela membrana citoplasmática, mas pode ligar-se na calmodulina e organelas como núcleo, retículo endoplasmático, mitocôndrias e cloroplastos (EPSTEIN; BLOOM, 2005)

Os sintomas de deficiência de Ca são descritos por Mengel e Kirkby (1987) como apresentando uma redução no crescimento do tecido meristemático, observada primeiramente na região do crescimento apical e nas folhas mais novas, que se tornam deformadas e cloróticas. Nos estágios mais avançados, constata-se uma necrose das margens das folhas e os tecidos tornam-se “moles”, devido à dissolução da parede celular.

Conforme Epstein e Bloom (2005), os sintomas de deficiência de Ca aparecem mais cedo e mais severamente nas regiões meristemáticas e folhas jovens. As demandas de Ca parecem ser altas nesses tecidos. No entanto, o Ca contido em tecidos mais velhos, tende a se tornar imobilizado. Dessa fora, os pontos de crescimento são danificados ou mortos, especialmente, flores e frutos. Os sintomas são conhecidos como “podridão apical”, no caso do tomateiro. O crescimento das raízes é severamente afetado.

Muniz e Silva (1995) observaram deficiência de Cálcio em mudas de *Aspidosperma polyneuron*, durante o período de 155, em casa de vegetação. Os sintomas manifestaram-se inicialmente, nas folhas mais novas. Apareceram manchas cloróticas espalhadas, de modo

desigual, pela superfície. Houve amarelecimento gradual das folhas afetadas e murchamento da planta toda. Em estágio mais avançado, houve morte da gema apical e queda das folhas. As raízes apresentaram crescimento reduzido com apodrecimento das mesmas.

Em plantas de *Myracrodruon urundeuva* Mendonça et al. (1999) observaram durante o período de 120 dias, a deficiência de Ca, em casa de vegetação. Os autores não constataram sintomas visuais de deficiência deste nutriente nas folhas, sendo apenas verificada uma redução no crescimento das mudas.

Silveira et al. (2002) observaram em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, por um período de 270 dias, a deficiência de Ca, em casa de vegetação. A carência desse nutriente provocou pequenas anormalidades nas plantas em termos de crescimento. As folhas novas apresentaram-se deformadas e retorcidas, terminando com a morte da gema apical.

Em plantas de *Acacia holosericea*, Sarcinelli et al. (2004) verificaram durante o período de 180 dias, a deficiência de Ca, em casa de vegetação. As mudas apresentaram dobras e deformação dos filódios mais novos e gemas, com necrose das bordas.

Os sintomas de deficiência de Ca em mudas de *Tectona grandis*, caracterizaram-se, segundo Barroso et al. (2005), pela redução drástica do crescimento, clorose internerval, encarquilhamento e necrose das folhas, morte da gema apical, paralisação da emissão de raízes novas e apodrecimento das raízes secundárias.

O cálcio desempenha papel fundamental para a ramificação lateral e o crescimento das raízes e pêlos radiculares, atua na divisão e extensão das células, na regulação da absorção de outros íons, (MALAVOLTA, 1980).

### 2.6.5 Magnésio

O magnésio é absorvido pelas plantas na forma de íon bivalente. Por ser o  $Mg^{2+}$  um pequeno íon, porém com grande raio de hidratação, sua absorção pode ser fortemente reduzida pelo  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mn^{2+}$  e pelo  $H^+$  em baixo pH. A deficiência de  $Mg^{2+}$  induzida pelos outros cátions competitivos, é um fenômeno comum. Quanto à sua mobilidade, o  $Mg^{2+}$  é bastante móvel no xilema e no floema, e o transporte e redistribuição se dão na forma iônica (FURLANI, 2004).

Como um dos principais ativadores enzimáticos na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA, o magnésio também é parte da estrutura da molécula de clorofila (TAIZ; ZIEGER, 2004). Além disso, grande parte deste macronutriente está presente na planta realizando a regulação do pH celular e balanço cátion/anion (MARSCHNER, 1995).

Mengel e Kirkby (1987) descreveram que os sintomas de deficiência de magnésio ocorrem, inicialmente, nas folhas mais velhas com amarelecimento internerval ou clorose e, em casos extremos, tornam-se necróticas. As folhas tornam-se rígidas e quebradiças e as nervuras intercostais torcidas. Na região basal das folhas, observaram-se pequenas manchas verdes escuras, devido ao acúmulo de clorofila em contraste com folhas de cor amarelo pálido. Ocorre a necrose do ápice das folhas e nos cloroplastos constata-se deformação de estrutura lamelar afetando a estabilidade dos tilacóides.

De acordo com Epstein e Bloom (2005) a deficiência de magnésio aparece primeiro nas folhas maduras. Clorose marginal é comum, frequentemente acompanhada pelo desenvolvimento de uma variedade de pigmentos. A clorose pode começar em fragmentos ou manchas irregulares que mais tarde fundem-se e se espalham até as margens e pontas das folhas. Os autores ressaltam que a variedade de sintomas em diferentes espécies é tão grande que uma descrição generalizada dos sintomas de Mg é ainda mais difícil do que para deficiências de outros nutrientes.

A deficiência de Mg foi verificada por Muniz e Silva (1995) em mudas de *Aspidosperma polyneuron*, no período de 155 dias, em casa de vegetação. As folhas medianas foram as primeiras a apresentar sintomas visuais de deficiência, com aparecimento de clorose internerval. Com a progressão de deficiência, a clorose transformou-se em manchas brancas, espalhadas por toda folha.

Mendonça et al. (1999) constataram em plantas de *Myracrodruon urundeuva*, a deficiência de Mg durante o período de 120 dias, em casa de vegetação. A ausência do nutriente causou clorose entre as nervuras e posteriormente aparecimento de manchas claras por toda folha.

Em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, Silveira et al. (2002) observaram, por um período de 270 dias, a deficiência de Mg em casa de vegetação. Na carência do nutriente, as folhas mais velhas apresentaram leve clorose internerval, com pontuações necróticas espalhadas pelo limbo.

Sarcinelli et al. (2004) verificaram a deficiência de Mg em plantas de *Acacia holosericea*, durante o período de 180 dias, em casa de vegetação. As plantas apresentaram clorose internerval seguida de necrose.

Os sintomas de deficiência de Mg em mudas de *Tectona grandis*, caracterizam-se, segundo Barroso et al. (2005), pela clorose internerval das folhas mais velhas.

#### 2.6.6 Enxofre

Em condições aeróbicas do solo, a forma de enxofre predominante é o sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), e é essa a forma absorvida, predominantemente, pelas raízes das plantas. As plantas podem absorver via foliar (via estômatos), principalmente o  $\text{SO}_2$  atmosférico. A planta pode absorver aminoácidos contendo enxofre, como o caso da cisteína e da metionina. O  $\text{Cl}^-$  e o  $\text{SiO}_4^{2-}$  competem pelo mesmo sítio de absorção no sistema radicular. O transporte de enxofre no xilema é, predominantemente, na forma de  $\text{SO}_4^{2-}$ , embora dependa da proporção de enxofre reduzido e/ou assimilado no sistema radicular. Plantas como a ervilha, podem reduzir quantidades razoáveis de sulfato no sistema radicular. Desta forma, quantidades significativas de aminoácidos sulfurados e de glutatona podem ser encontrados no xilema. Embora o enxofre pertença à classe dos nutrientes de alta mobilidade na planta, ele é na verdade pouco redistribuído. A sua redistribuição está condicionada ao “status” da nutrição nitrogenada da planta (MARSCHNER, 1995).

O enxofre está entre os elementos mais versáteis na biologia (HELL, 1997). Esta versatilidade deriva em parte da propriedade que ele tem, assim como o nitrogênio, de múltiplos estados estáveis de oxidação. As assimilações de nitrogênio e enxofre são bem coordenadas, com a deficiência de, um reprimindo a via assimilativa de outro (KOPRIVOVA et al, 2000). Certas reações de redução de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  ocorrem nos plastídeos, envolvendo moléculas de ferredoxina, consumindo grande quantidade de energia (BLOOM, 1994).

Como o S é um constituinte essencial das proteínas, a deficiência desse elemento resulta na inibição da síntese de proteínas. As deficiências de S e N são observadas com certas semelhanças, cujas características comuns são os teores reduzidos de clorofila e de proteína, além de um aumento de compostos solúveis de N presentes nas folhas, decorrentes de uma redução na síntese de proteínas. Como o enxofre é pouco móvel na planta, os sintomas de deficiência ocorrem, inicialmente, nas folhas superiores, ao contrário do nitrogênio, cuja

deficiência se caracteriza por uma clorose gradual das folhas mais velhas, cujo tamanho é reduzido (MARSCHNER, 1995).

Epstein e Bloom (2005) descrevem que os sintomas de deficiência de S, geralmente, relembram os de deficiência de N. Plantas são cloróticas e espigadas, e crescem pouco. Essa similaridade não é surpreendente, já que S e N são ambos constituintes de proteínas. A clorose causada pela deficiência de S, entretanto, geralmente surge inicialmente nas folhas jovens, e não nas maduras, como ocorre na deficiência de N, pois diferente do N, o S não é redirecionado para as folhas jovens na maioria das espécies. Entretanto, em muitas espécies, a clorose pode ocorrer simultaneamente em todas as folhas, ou mesmo, inicialmente, nas mais velhas.

Muniz e Silva (1995) observaram a deficiência de S em mudas de *Aspidosperma polyneuron* durante o período de 155 dias, em casa de vegetação. Os sintomas manifestaram-se nas folhas mais novas, que apresentaram clorose generalizada.

Em plantas de *Myracrodruon urundeuva*, Mendonça et al. (1999) observaram durante o período de 120 dias a deficiência de S, em casa de vegetação. Os autores não constataram sintomas visuais de deficiência deste nutriente nas folhas e, nem no desenvolvimento das mudas dessa espécie.

Silveira et al. (2002) observaram a deficiência de S em híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, por um período de 270 dias em casa de vegetação. A carência desse elemento provocou uma leve e uniforme clorose com pontos necróticos na margem da folha, seguida de avermelhamento generalizado do limbo.

Em plantas de *Acacia holosericea*, Sercinelli et al. (2004) verificaram a deficiência de S durante o período de 180 dias, em casa de vegetação. As mudas apresentaram clorose dos filódios mais novos e gemas com diminuição do ângulo de inserção dos filódios ao caule.

Barroso et al. (2005) observaram em mudas de *Tectona grandis* a deficiência de S, em casa de vegetação. As plantas apresentaram leve redução no crescimento com clorose generalizada. As folhas mais novas apresentaram-se pequenas, grossas e leve encarquilhamento.

### 2.6.7 Ferro

A planta absorve ferro na forma reduzida ( $\text{Fe}^{2+}$ ), e a eficiência nesse processo de aquisição varia entre espécies e genótipos. Algumas plantas possuem maior capacidade de extrusão de prótons na rizosfera, baixando o pH e favorecendo a absorção de  $\text{Fe}^{2+}$  pelas raízes, e também a maior capacidade de complexação do Fe absorvido com ácidos orgânicos, principalmente o ácido cítrico formando citrato-Fe, e comumente encontrado no xilema. O Fe é descrito como um elemento de transição caracterizado pela mudança fácil no seu estado de oxidação ( $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ) e pela sua habilidade em formar complexos octaédricos, com vários ligantes. Dependendo do ligante, o potencial de oxirredução do ferro varia significativamente, o que confere a esse nutriente uma especial importância nos sistemas biológicos de oxirredução. Embora o Fe somente seja absorvido através da membrana plasmática na forma reduzida ( $\text{Fe}^{2+}$ ), dentro da planta, o seu principal estado de oxidação nos complexos é a forma oxidada [ $\text{Fe}^{3+}$ ]. Existem dois grupos principais de proteínas que contêm ferro na planta: As hemoproteínas e as proteínas com grupos Fe-S. As hemoproteínas incluem os citocromos que são caracterizados por um complexo hemo-Fe-porfirina como grupo prostético. Outras hemoproteínas são a citocromo-oxidase, catalase, peroxidase e a leg-hemoglobina ( que ocorre nos nódulos das leguminosas). Portanto, o Fe está envolvido na biossíntese dos citocromos, das referidas coenzimas e da clorofila, que é derivada de uma protoporfirina. A cadeia de transporte de elétrons na fotossíntese que ocorre nas membranas tilacóides dos cloroplastos consiste em vários hemogrupos contendo Fe e de aglomerados Fe-S (Furlani, 2004).

O Fe possui pouca mobilidade na planta. Desta forma é comum no caso de deficiência do elemento, o aparecimento de sintomas iniciais nas folhas novas, progredindo para toda planta dependendo da severidade da deficiência. Nas folhas verdes, 80% do Fe está localizado



nos cloroplastos na forma de fitoferretina, servindo como reserva no estroma dos cloroplastos (Marschner, 1995).

Mengel e Kirkby (1987) descreveram que a deficiência de Fe é similar a deficiência de MG, mas sempre iniciando nas folhas mais novas, com clorose internerval e um fino padrão reticulado freqüentemente observado nas folhas novas, as nervuras verdes escuras contrastando com superfície de cor verde brilhante ou amarelada das folhas.

Epstein e Bloom (2005) relataram que o sintoma mais evidente de deficiência de Fe é a clorose geral das folhas jovens. Primeiramente as nervuras podem permanecer verdes, mas na maioria das espécies em que a deficiência foi observada, elas também se tornam cloróticas no final.

#### 2.6.8 Manganês

As plantas absorvem o manganês na forma de cátion bivalente ( $Mn^{2+}$ ). Dentro da célula,  $Mn^{2+}$  forma ligações com ligantes orgânicos e pode ser rapidamente oxidado para  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$  e  $Mn^{6+}$  (FURLANI, 2004).

Por causa dessa relativa facilidade de mudança no estado de oxidação, o Mn apresenta importante função nos processos de oxirredução na planta, como o transporte de elétrons na fotossíntese e desintoxicação dos radicais livres de  $O_2$  ( $O_2^-$ ). Uma das mais importantes funções do manganês está relacionada aos processos de oxidação e redução, especialmente no processo fotossintético (fotossistema II) conforme descrito por Marschner (1995) e Furlani (2004).

Marschner (1995) descreve que a deficiência de Mn afeta a produção da matéria seca, fotossíntese líquida, e o conteúdo de clorofila. E as plantas são mais susceptíveis aos danos por temperaturas mais baixas. Em dicotiledôneas, os sintomas de deficiência de Mn são clorose inter costal das folhas mais novas e manchas verdes cinzentadas na base das folhas.

Mengel e Kirkby (1987) escrevem que os cloroplastos são as organelas mais sensíveis à deficiência de Mn. Foram observadas desorganizações do sistema lamelar dos cloroplastos,

com volume celular pequeno e denominado pela parede celular. O tecido inter epidermais se mostram enrugados, com clorose internerval nas folhas mais novas.

Epstein e Bloom (2005) relatam que os sintomas de deficiência de Mn variam grandemente de uma espécie para outra. As folhas, frequentemente, mostram uma clorose entre as nervuras, com as mesmas produzindo um desenho verde em um fundo amarelo ou verde claro assemelhando-se muito com a deficiência de Fe. Podem ocorrer ainda manchas ou riscas necróticas nas folhas.

Salvador et al. (1999) observaram em plantas de *Psidium guajava* durante o período de 75 dias, a deficiência de Mn, em casa de vegetação. A carência desse nutriente provocou clorose internerval contrastando com o verde das nervuras. No ramo principal, as folhas apresentaram certa torção, com curvatura para baixo.

### 2.6.9 Cobre

O cobre é absorvido pelas raízes na forma de  $\text{Cu}^{2+}$ , sendo de mobilidade variável no floema, dependendo da espécie. É um elemento de transição similar ao ferro, com habilidade para formação de quelatos estáveis e facilidade para o transporte de elétrons ( $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ ), sendo, portanto, relevante nos processos fisiológicos de oxiredução (FURLANI, 2004).

É um elemento capaz de transferir elétrons e assim o faz, captando energia através de proteínas e enzimas oxidativas. A maior parte do cobre em células foliares está associada à plastocianina, o doador imediato de elétrons para o fotossistema I e a dismutase de superóxido que trabalha em conjunto com a catalase para desintoxicar oxidantes (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

Na deficiência de Cu, os sintomas mais comuns são crescimento retardado, distorção e murchamento das folhas mais novas e a lignificação prejudicada da parede celular (MARSCHNER, 1995).

Mengel e Kirkby (1987) descrevem que a deficiência de Cu afeta a viabilidade dos grãos de pólen, a diminuição dos internódios, folhas finas e torcidas, ápices esbranquiçados.

Epstein e Bloom (2005) relatam que a deficiência de Cu varia grandemente, dependendo da espécie. Folhas podem ficar cloróticas ou com um tom azul-esverdeado escuro, com margens enroladas para cima. As cascas das árvores frequentemente ficam ásperas e cobertas de bolhas e uma goma pode exsudar a partir de fissuras da casca.

Em mudas de *Piper nigrum*, Veloso et al. (1998a) observaram a deficiência de Cu em casa de vegetação. Os autores constataram um amarelecimento das folhas novas com coloração verde-pálida entre as nervuras. Com intensificação do sintoma, as folhas apresentaram-se pequenas, estreitas e voltadas para baixo, com manchas necróticas nos bordos.

Salvador et al. (1999) observaram em plantas de *Psidium guajava*, a deficiência de Cu em casa de vegetação. A carência desse nutriente provocou cloroses, com deformação na folha mais novas apresentando-se enrugadas e com saliências das nervuras secundárias. Houve morte precoce das gemas terminais, emissão de gemas vegetativas axilares múltiplas, originando brotações com folhas diminutas e mais arredondadas, retorcidas, estreitas, tamanho reduzido e com clorose internerval.

#### 2.6.10 Zinco

O Zn é absorvido pelas plantas na forma catiônica ( $Zn^{2+}$ ). Ao contrário dos outros micronutrientes metálicos, não está sujeito às mudanças de valência, ocorrendo dentro das plantas somente na forma de  $Zn^{2+}$  (MARSCHNER, 1995).

Este nutriente desempenha diversas funções metabólicas, dentre elas a atividade de uma série de enzimas (KABATA-PENDIAS, 2001) e também como integrante estrutural de uma grande variedade de proteínas (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

As alterações que ocorrem na planta, decorrentes da deficiência de Zn são citadas por Furlani (2004): a) alteração no metabolismo de carboidratos em vários níveis, devido à queda na atividade da anidrase carbônica, enzima localizada no citoplasma e nos cloroplastos; b) inibição da fotossíntese, provavelmente devido à desestruturação dos cloroplastos com subsequente desarranjo no transporte eletrônico; c) redução no teor de proteínas e aumento nos teores de aminoácidos e amidas, devido à baixa atividade de polimerase de RNA (enzima que contém Zn), nesta forma, há redução na integridade dos ribossomos ou indução na degradação de RNA; d) níveis elevados de radicais livres de  $O_2$  que destroem as ligações duplas dos ácidos graxos polinsaturados e fosfolipídios, nas membranas, devido à baixa atividade da dismutase de superóxido que contém Zn (Cobre-Zinco-SOD), o que aumenta os vazamentos de solutos nas membranas ( $K^+$ , açúcares e aminoácidos), podendo até destruir cloroplastos nas folhas, causando necrose e atrofia, particularmente sob intensa luminosidade;

e) perda da integridade das membranas, também, pela desestabilização e desorientação estrutural de proteínas devido à quebra das ligações do Zn com os grupos sulfidrilas (-SH).

Os sintomas mais comuns da deficiência de Zn em dicotiledôneas seriam o crescimento retardado, com o encurtamento dos internódios e uma redução da área foliar. Combinados com estes sintomas, as folhas mais novas apresentam clorose e necrose. Ocorre a redução de grãos e sementes, devido o papel específico do Zn na fertilização, afetando a germinação dos grãos de pólen (MARSCHNER, 1995).

Mengel e Kirkby (1987) descrevem que na deficiência de Zn ocorre clorose internerval das folhas, com colorações verdes claras, amarelcidas ou esbranquiçadas, distribuição irregular de cachos e/ou rosetas de folhas pequenas dormentes que foram formadas no final das gemas jovens, bem como, a diminuição do número de brotos e internódios mais curtos.

Para Epstein e Bloom (2005), os sintomas de deficiência de Zn são folhas pequenas e formação de rosetas. Ambos os sintomas resultam da dificuldade dos tecidos em crescer normalmente. A dificuldade das folhas em expandir-se as tornam pequenas e, a dificuldade dos internódios em alongar-se, levam as folhas de nós sucessivos a se aproximarem, dando o sintoma de “roseta”. Em algumas espécies, as folhas se tornam cloróticas, mas em outras elas podem torna-se verde-escuras ou azul-esverdeadas, torcidas e necróticas. O florescimento e frutificação são muito reduzidos sob condições de severa deficiência de Zn e a planta toda pode ficar raquítica e disforme.

#### 2.6.11 Diagnose visual

Os resultados obtidos através da diagnose visual são a falta ou excesso de um dado elemento, provocando sempre a mesma manifestação visível de anormalidade qualquer que seja a espécie considerada, visto que as funções exercidas na vida da planta são sempre as mesmas, ou seja, a diagnose visual é um método de avaliação do estado nutricional das plantas (MALAVOLTA, 1980).

Segundo Dechen et al (1980), como regra geral as desordens nutricionais que inibem o desenvolvimento ou a produção não são caracterizadas através de sintomas específicos são visíveis. Os sintomas de deficiência tornam-se claramente visíveis quando ela é aguda e os níveis de desenvolvimento e de produção foram severamente afetados.

Para a realização da diagnose visual em sintomas visíveis, é necessário que se faça um acompanhamento sistemático, através de análises químicas, práticas e conhecimentos da cultura (DECHEN et al., 1988), e ainda é necessário saber fazer a distinção entre sintomas foliares de deficiência de nutrientes daqueles causados por pragas e moléstias.

## 2.7 REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS

As informações sobre exigências nutricionais de espécies florestais, especialmente, essências nativas da Amazônia, são escassas (CARPANEZZI et al., 1976), embora deficiências minerais e distúrbios de crescimento das espécies tropicais e subtropicais usadas em reflorestamentos, sejam observados (DRESCHSEL; ZECH, 1991).

Variação na concentração, absorção e eficiência de uso de nutrientes entre espécies pioneiras, secundárias e clímaxes foi observada, tanto na fase de viveiro como a campo, por Gonçalves et al. (1992), em trabalho sobre capacidade de absorção e eficiência de uso dos nutrientes com novas espécies de diferentes grupos sucessionais. No estágio de viveiro, a exceção do P na matéria seca da parte aérea, as pioneiras apresentaram concentrações médias de N, P, K e Ca superiores às das secundárias, as quais foram superiores as das clímaxes.

As espécies pioneiras têm maior eficiência nutricional para o fósforo do que as espécies clímax, mas com relação ao nitrogênio e ao cálcio, tanto pioneiras como clímaxes têm eficiências nutricionais semelhantes (BROW, 1990 citado por GONÇALVES et al.; 1992).

Uma série de fatores externos (do meio) e internos (a planta) tem sido enumerada como influentes no processo de absorção iônica radicular (FAQUIM, 1994). Dentre eles, a presença de cátions e ânions em diferentes concentrações na solução do solo e as várias interações entre estes íons durante a absorção (MARSCHNER, 1986). Maiores detalhes sobre as interações entre íons, mecanismos de inibição (competitiva e não competitiva) e sinergismo pode ser encontrado em Malavolta (1980 e 1986), Marschner (1986) e Faquim (1994).

O peso da matéria seca da parte aérea é um indicativo do crescimento da haste, das ramificações e das acículas ou folhas (SCMIDT – VOGT, citado por MALINOVSKI, 1977). Contudo, os mesmos fatores que influenciam o comprimento da parte aérea das plantas, disponibilidade de nutrientes no solo, dentre outros, atuam também sobre o seu peso (CARNEIRO, 1985).

Considerando que a raiz e a parte aérea das plantas estão em constante competição por assimilados necessários ao seu crescimento, a relação raiz/parte aérea pode servir como base para identificação dos fatores ambientais e químicos que influenciam o crescimento das plantas (AUNG, 1974 citado por FERREIRA, 1977).

Segundo Clarkson (1985), a relação raiz/parte aérea, independentemente das unidades em que é expressa, varia com as condições do meio. Os sistemas radiculares das plantas são maiores que as partes aéreas quando cultivadas em solos de baixa fertilidade do que quando cultivadas em solos ricos. Entretanto, espécies diferem na extensão com que aumentam seus sistemas radiculares em respostas a um suprimento reduzido de nutrientes em soluções diluídas.

Contudo, grande variação entre espécies florestais nativas, quanto aos requerimentos nutricionais, tem sido observada.

Braga et al. (1994), em experimento com nutriente faltante, em solo de baixa fertilidade, concluíram que a quaresmeira (*Tribouchibna granulosa*) mostrou o mais alto requerimento nutricional, respondendo à adubação com todos os macros e micronutrientes. A *Acacia mangium* respondeu apenas à P, N, e S, e a resposta da pereira (*Platygyamus regnellii*) foi mais evidente para N, P, Ca e S; enquanto que a peroba rosa (*Aspidosperma polyneurom*) respondeu a P, K e S.

Renó et al. (1993), por intermédio da técnica da omissão de nutrientes, concluíram que para o cedro (*Cedrella fissilis*), jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) e para a canafistula (*Senna multijuga*) o P, S e N foram altamente limitantes para o crescimento em altura. Contudo, para o Ca, Mg e micronutrientes, o comportamento foi diferenciado. Os micronutrientes mostraram-se limitantes ao crescimento da canafistula e do pau-ferro, enquanto o K não se mostrou limitante a nenhuma delas, evidenciando um baixo requerimento para este nutriente.

Carniel et al. (1993), observaram em resposta a adubação a campo, que a embaúba (*Cecropia sp.*), o ipê-mirim (*Stenolobium stans*), o fedegoso (*Senna macranthera*), a cássia (*Senna multijuga*) e o angico amarelo (*Peltophorum dubium*), tiveram o crescimento afetado pela omissão de P, com exceção do ipê mirim. O fedegoso e o angico amarelo mostraram as maiores restrições no crescimento, quando da omissão de N. Todas as espécies mostraram um baixo requerimento de K e Mg. Entretanto, mostraram elevado requerimento nutricional para o S. A omissão de Ca não afetou os teores foliares, podendo indicar um baixo requerimento.

Gurgel Filho, Morais e Gurgel Garrido (1982), trabalhando com *Hymenaea stilborcarpa*, dizem que, embora o jatobá ecologicamente se apresente em populações naturais de aérea do cerrado, reage significativamente à fertilidade do solo.

Para algaroba *Prosopis juliflora* D.C, Haag, Medeiros e França (1986), trabalhando com omissão de macronutrientes, concluíram que todos afetaram a produção de matéria seca em especial, o nitrogênio, potássio e o fósforo, seguidos pelo magnésio e pelo cálcio.

Alterações na nutrição mineral são, de certa forma, refletidas nas concentrações de nutrientes nas folhas. Muitos fatores afetam direta e indiretamente a concentração de nutrientes, que é em última análise, resultante da interação desses parâmetros, como: solo, espécie, variedade, idade fisiológica, parte da planta a ser amostrada e interações entre os nutrientes (BATAGLIA; DECHEN, 1986).

As relações entre o teor foliar de um nutriente, sua disponibilidade no solo e produção do vegetal podem variar de acordo com a espécie e o nutriente. Raij (1981) e Faquim (1994) observaram que com o aumento do suprimento do nutriente, o crescimento da planta aumenta, porém inicialmente ocorre um abaixamento da concentração nos tecidos, devido a um efeito de diluição proporcionado pela maior produção de material vegetal. Acima do nível crítico, o aumento, representa um consumo desnecessário ou de luxo do nutriente.

Carpanezzi et al. (1976) trabalhando com teor de macro e micronutrientes em folhas de diferentes idades de algumas essências florestais nativas, estimam que os valores encontrados, enquadram-se dentro de faixas adequadas para cada espécie, uma vez que não foram notados sintomas visuais de deficiência ou toxidez mineral nos indivíduos amostrados.

Frazão (1985) constatou sintomas de carência em plantas de freijó (*Cordia goeldiana*) de 438 dias de idade, quando os níveis dos elementos mostraram valores iguais ou abaixo de: nas folhas superiores 10,3 g kg<sup>-1</sup> de N; 0,8 g kg<sup>-1</sup> de P; 3,3 g kg<sup>-1</sup> de K; 9,5 g kg<sup>-1</sup> Ca; 3,4 g kg<sup>-1</sup> Mg e 0,9 g/kg de S. Nas folhas inferiores: 8,8 g kg<sup>-1</sup> de N; 0,4 g kg<sup>-1</sup> de P; 0,7 g kg<sup>-1</sup> de K; 16,6 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 2,6 V de Mg e 1,0 g kg<sup>-1</sup> de S. Nos ramos: 6,6 g kg<sup>-1</sup> de N; 1,3 g kg<sup>-1</sup> de P; 3,6 g kg<sup>-1</sup> de K; 4,2 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 1,2 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 0,6 g kg<sup>-1</sup> de S. No caule: 5,3 g kg<sup>-1</sup> de N; 0,7 g kg<sup>-1</sup> de P; 4,0 g kg<sup>-1</sup> de K; 3,2 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 0,9 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 0,4 g kg<sup>-1</sup> de S. O autor concluiu que a produção de matéria seca total das plantas de freijó foi afetada em todos os tratamentos com omissão de nutrientes, obedecendo a seguinte ordem decrescente N, P, Ca, K, S e Mg.

Com a finalidade de verificar os efeitos da omissão de nutrientes na nutrição mineral do pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), Simões e Couto (1973) desenvolveram experimentos em solução nutritiva, encontrando em plantas com 15 meses, teores diferenciados dos elementos. Na parte aérea, nos tratamentos sob omissão e no tratamento completo, encontraram teores, respectivamente, de 6,6 e 8,2 g kg<sup>-1</sup> de N; 1,0 e 2,3 g kg<sup>-1</sup> de P; 2,3 e 7,2 g kg<sup>-1</sup> de K; 3,2 e 7,6 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 0,6 a 2,1 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 0,4 e 0,6 g kg<sup>-1</sup> de S, concluindo após a análise dos resultados, que todos os tratamentos afetaram o crescimento das mudas, com exceção da omissão de enxofre. As omissões de N e P causaram as maiores limitações ao crescimento das plantas e ao diâmetro do caule e, semelhantemente ao Mg, reduziram o crescimento das raízes. A omissão de K aumentou o teor de Ca na parte aérea das plantas. A omissão de Ca reduziu o teor de P, K e Ca na parte aérea das plantas.

Gonçalves et al. (1992) em estudo sobre a capacidade de absorção e eficiência do uso de nutrientes por espécies arbóreas tropicais de diferentes grupos sucessionais, encontraram na parte aérea de mudas com porte médio, bom vigor vegetativo e, aparentemente, sem deficiências nutricionais, para o jatobá (*Hymenaea sp.*) em mudas com 237 dias, concentrações de 10,8 g/kg de N; 3,7 g/kg de P; 8,3 g/kg de K e 1,9 g/kg de Ca. Para a canafistula (*Peltophorum dubium*) em mudas com 128 dias, concentrações de 9,0 g/kg de N; 2,5 g/kg de P; 7,8 g/kg de K e 7,4 g/kg de Ca.

Villegas et al. (1976) encontraram em espécimes adultos sem idade determinada, concentrações foliares de nutriente variáveis entre as espécies nativas estudadas, sendo os valores os seguintes: Araribá rosa (*Centrolobium robustum*): N (31,8 g/kg) P (1,8 g/kg), K (10,5 g/kg), Ca (12,7 g/kg), Mg (2,0 g/kg) e Zn (62,3 g/kg); Guarantã (*Esenbeckia letocarpa*): N (24,9 g/kg), P (2,3 g/kg), K (17,3 g/kg), Ca (11,0 g/kg), Mg (2,5 g/kg) e Zn (29,8 g/kg); Ipê roxo (*Tabebuia heptaphylla*): N (16,5 g/kg) P (1,7 g/kg), K (5,6g/kg), Ca (15,1 g/kg), Mg (3,5 g/kg) e Zn (41,2 g/kg); genipapo (*Genipa americana*): N (16,5 g/kg) P (2,0g/kg), K (22,1 g/kg), Ca (6,0g/kg), Mg (3,2 g/kg) e Zn (27,4 g/kg) e para o joazeiro (*Zizyphus joazeiro*) N (23,8 g/kg) P (2,1 g/kg), K (16,1 g/kg), Ca (18,2 g/kg), Mg (2,8 g/kg) e Zn (46,1g/kg).

Dall'Orto et al. (1976) pesquisando concentrações de alguns macro e micronutrientes em folhas de árvores adultas, em diferentes tipos de solo, como *Aspidosperma polyneuron* (peroba) localizada em solo hidromórfico, tendo como material de origem o folhelho; *Cariniana estrellensis* (jequitibá branco), *Aleurites molluceana* (nogurica de Iguape) e *Tabebuia roseo-alba*, (ipê-branco) localizadas em solo do tipo terra roxa estruturada,



*Piptadenia rigida* (angico branco) em solo com material de origem folhelho, concluíram que em todas as árvores estudadas, com exceção da nogueira de Iguape, os nutrientes encontrados em maiores concentrações foram o N e Ca, enquanto que, na nogueira detectou-se maior concentração de N e K. O angico branco apresentou os maiores teores de Zn.

Duboc (1994) estudando os requerimentos nutricionais de espécies nativas, encontrou para o Tratamento completo e omissão de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn) respectivamente os seguintes valores: Completo N (60,4 g/kg) P (4,7 g/kg), K (31,4 g/kg), Ca (22,7 g/kg), Mg (5,7 g/kg), S (1,5 g/kg), B (257,36 µg/kg e Zn (151,9 µg/kg) e na omissão de N; N (10,0 g/kg) P (1,3 g/kg), K (9,5 g/kg), Ca (11,2 g/kg), Mg (2,3 g/kg), S (0,4 g/kg), B (264,7 µg/kg e Zn (48,2 µg/kg), omissão de P; N (21,9g/kg), P (0,5 g/kg), K (16,9 g/kg), Ca (14,7 g/kg), Mg (3,1 g/kg), S (0,9 g/kg), B (198,58 µg/kg e Zn (72,72 µg/kg), omissão de K; N(72,4 g/kg), P (4,8 g/kg), K (16,3 g/kg), Ca (28,2 g/kg), Mg (9,0 g/kg), S (1,3 g/kg), B (453,47 µg/kg e Zn (229,57 µg/kg), omissão de Ca; N (41,8g/kg), P (2,4 g/kg), K (26,2 g/kg), Ca (13,2 g/kg), Mg (4,3 g/kg), S (0,7 g/kg), B (356,13 µg/kg e Zn (145,45 µg/kg), omissão de Mg; N (55,8 g/kg), P (3,0 g/kg), K (30,9 g/kg), Ca (24,7 g/kg), Mg (3,1 g/kg), S (1,6 g/kg), B (389,84 µg/kg e Zn (199,59 µg/kg), omissão de S; N (42,7g/kg), P (3,2 g/kg), K (28,1 g/kg), Ca (24,8 g/kg), Mg (5,0 g/kg), S (0,7 g/kg), B (218,84 µg/kg e Zn (86,11 µg/kg), omissão de B; N (56,5 g/kg), P (4,2 g/kg), K (34,8 g/kg), Ca (26,1 g/kg), Mg (5,8 g/kg), S (1,7 g/kg), B (71,88 µg/kg e Zn (177,78 µg/kg), omissão de Zn; N (63,0 g/kg), P (5,4 g/kg), K (36,4 g/kg), Ca (27,4 g/kg), Mg (6,2 g/kg), S (1,1 g/kg), B (222,88 µg/kg e Zn (80,99 µg/kg).

O teor de K mais elevado nos tratamentos com omissão de Ca e de Mg devem-se, provavelmente, à ausência do mecanismo de inibição competitiva entre estes nutrientes e o K, favorecendo sua absorção. Resultados semelhantes foram encontrados por Martinez, Haag e Bruckner, (1986), em *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, em que as omissões de magnésio e de enxofre resultaram em maiores concentrações de K na matéria seca da parte aérea.

A absorção de cálcio também foi favorecida pela omissão de S, tendo este tratamento apresentado o maior teor de Ca na matéria seca da parte aérea. No tratamento completo, o teor de Ca não diferiu do tratamento sob omissão. Entretanto, observa-se um efeito de concentrações, pois os tratamentos com as menores produções de MSPA, apresentaram os maiores teores de Ca. Deste modo, o tratamento sob omissão extraiu 42 % menos de Ca do que o tratamento completo, o que afetou a produção de matéria seca da parte aérea.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO UTILIZADO.

O substrato utilizado foi um Latossolo Amarelo, textura média, de baixa disponibilidade de nutrientes, coletado na camada de 0-20 cm, de área sob vegetação de capoeirão do Campus da UFRA. Os solos deste grupo são derivados principalmente da evolução diagenética dos sedimentos argilo-arenosos caulíníticos, pertencentes ao Terciário, Formação Barreiras (FALESI et al., 1980). São altamente intemperizados, compostos de sesquióxidos, minerais de argila 1:1 e minerais resistentes ao intemperismo como a caulinita e o quartzo.

As amostras coletadas do solo foram secas ao ar e passadas em peneira de 4 mm de abertura de malha, para utilização no ensaio experimental. Para as análises granulométricas e químicas, o solo foi peneirado em malha de 2 mm. As análises foram feitas nos Laboratórios de Física do Solo e Química do Solo, do Instituto de Ciências Agrárias da UFRA.

A análise granulométrica foi feita pelo método da Pipeta, utilizando-se o NaOH mol L<sup>-1</sup> como dispersante (EMBRAPA, 1979). As análises químicas foram feitas segundo EMBRAPA (1979), sendo: pH em água, carbono orgânico por oxidação pelo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; fósforo disponível (P), extraído com solução de Mehlich 1, determinado colorimetricamente, em presença de ácido ascórbico; potássio trocável (K), extraído com solução de Mehlich 1 e determinado em fotômetro de chama; cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, extraídos com KCl mol L<sup>-1</sup> e determinados por complexometria do EDTA; alumínio trocável (Al), extraído com KCl mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>, e hidrogênio + alumínio (H + Al) extraídos com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> em pH 7,0 e determinados por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos com solução de Mehlich 1 e determinados por espectrometria de absorção atômica. A soma de bases (SB), a saturação por bases (V) e a capacidade de troca de cátions (CTC) foram calculadas a partir dos dados obtidos anteriormente. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1- Análise química e granulométrica do Latossolo Amarelo, textura média de Belém (PA), coletado na profundidade de 0-20 cm.

Características	Resultado analítico
pH (H <sub>2</sub> O)	3,7
C (g kg <sup>-1</sup> )	4,8
MO (g kg <sup>-1</sup> )	8,3
P (mg dm <sup>-3</sup> )	7,6
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,03
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,26
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,20
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,05
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,05
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	1,04
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	187,6
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	21,7
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	1,57
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,49
CTC pH 7 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,54
V (%)	23,6
m (%)	45,2
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	194,0
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	246,4
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	559,6

### 3.2 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO, CARACTERÍSTICAS AVALIADAS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, em Belém – PA, através da técnica do nutriente faltante, com a finalidade de determinar os nutrientes que mais limitam o potencial produtivo do solo, indicado pelo estado nutricional da planta pelo seu desenvolvimento. Com o conhecimento das limitações, é possível corrigi-las através da adição de nutrientes pela prática da adubação e calagem.

Foram utilizadas sementes de copaíba (*Copaifera langsdorffi* Desf.) coletadas na ilha de Mosqueiro, município de Belém (PA), sendo semeadas no dia 10/03/2006 em bandejas contendo areia autoclavada. A germinação das sementes iniciou cerca de 20 dias após a

semeadura e estendeu-se por 15 dias. Após a germinação, as plântulas foram repicadas para sacos plásticos contendo uma mistura de terra preta de jardim + areia (1:2). O plantio ocorreu 35 dias após a germinação, em vasos com capacidade para oito quilogramas de solo.

Por ocasião do transplante para os vasos (1 planta por vaso) e início dos tratamentos, as plantas foram cuidadosamente retiradas dos sacos plásticos e selecionadas de acordo com a homogeneidade quanto à altura e diâmetro do caule; suas raízes foram lavadas com água destilada para eliminação de resíduos do substrato. Os vasos foram irrigados com água destilada, com quantidade equivalente a 17% do peso do substrato seco. Diariamente, a água perdida por evapotranspiração era repostada baseada no peso dos vasos.

As medidas de altura e de diâmetro das plantas foram tomadas no dia da implantação do experimento e no período de coleta das plantas. O experimento durou 117 dias.

Para a determinação do peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular procedeu-se da seguinte forma: a parte aérea foi cortada rente ao solo, separando-se folhas do caule. As raízes foram cuidadosamente separadas do solo por meio de lavagem, sobre peneira, com jatos de água, de modo a retirar todas as partículas de solo aderidas. As diferentes partes da planta foram acondicionadas em sacos de papel furados e etiquetados e levados à estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70 °C até peso constante. Após este período, o material foi pesado em balança de precisão para a determinação da matéria seca.

Foram avaliadas altura da planta, diâmetro do caule, produção de matéria seca do caule, das folhas e das raízes, e teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn na matéria seca das diferentes partes das plantas de copaíba.

Os dados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância, conforme Pimentel Gomes (1978). Obtida a significância pelo teste F, realizou-se o teste de Duncan, a 5% de probabilidade, para comparações das médias obtidas nos tratamentos. As análises foram realizadas no programa estatístico SAEG 8.0.

### 3.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos utilizados, definidos através da técnica do elemento faltante, foram em número de 13, dispostos em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições:

Testemunha (Test): Solo sem adubação; Completo (C) : adubado com N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, S, Mn, Zn; Completo + Calagem (C + Cal); Completo com omissão de cada nutriente por vez ( -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -Cu, -Fe, -S, -Mn, -Zn)

A adubação básica no tratamento completo, por kg de solo, foi constituída de 75 mg N – uréia, 50 mg P – NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 75 mg K – KCl, 80 mg Ca – CaCl<sub>2</sub>, 40 mg Mg – MgSO<sub>4</sub>, 1,5 mg Cu – CuSO<sub>4</sub>, 0,5 mg Fe – FeSO<sub>4</sub>, 30 mg S - KSO<sub>4</sub>, 0,5 mg Mn – MnSO<sub>4</sub>, 1mg Zn – ZnSO<sub>4</sub>.

A quantidade de corretivo aplicado, de 3,8 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT = 100%), foi calculada com base na elevação da saturação por base (V%) do solo (RAIJ, 1991) para 60%.

Após a determinação da umidade do material de solo (estufa a 120°C por 24 horas) e a devida correção para peso de material seco, os nutrientes foram aplicados na forma de reagentes P.A. e misturados totalmente ao volume de solo correspondente a cada tratamento.

### 3.4 ANÁLISE QUÍMICA DA PLANTA

As amostras da matéria seca das diferentes partes da planta foram moídas em moinho, tipo WILLEY, com malha de tamanho igual a 1,0 mm e analisadas no Laboratório de Análise de Plantas do Instituto de Ciências Agrárias da UFRA. As análises químicas do material vegetal foram feitas segundo metodologia proposta por Malavolta; Vitti e Oliveira (1997).

O ataque ao material vegetal foi feito com solução nitro-perclórica (5:1) para a obtenção do extrato, do qual foram feitas as seguintes determinações: fósforo total - determinado por colorimetria, em presença de ácido ascórbico; potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco totais - determinação em espectrofotômetro de absorção atômica; nitrogênio total - determinação após digestão com ácido sulfúrico na presença de catalisador (sulfato de cobre, sulfato de potássio e selênio em pó). A dosagem de N se fez por titulação com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol.L<sup>-1</sup> após retenção de NH<sub>3</sub><sup>+</sup> em ácido bórico.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

Por meio da Figura 2, verifica-se que o tratamento completo só diferiu estatisticamente do tratamento em que se usou calagem (Completo + Calagem), o qual apresentou maior produção de matéria seca na folha (22,84 g/planta). No entanto, não houve diferença estatística entre o tratamento Completo + Calagem e os tratamentos com omissão de enxofre (21,96 g/planta), omissão de manganês (16,57 g/planta) e omissão de fósforo (14,10 g/planta).

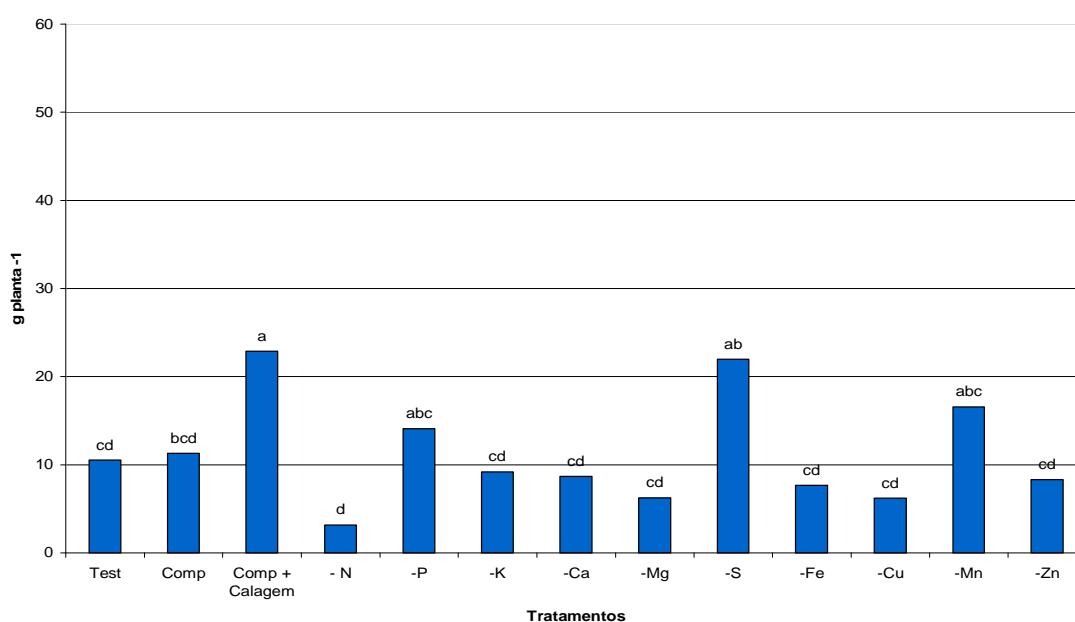


FIGURA 2- Matéria seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>) de plantas jovens de copaíba, cultivada em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes.

Os maiores aumentos, para peso de matéria de folhas em relação ao tratamento completo foram obtidos pelo tratamento completo + calagem, com aumento do peso de 102,21 % e pelas omissões de enxofre, cobre e de fósforo, 94,16%, 46,51 % e 24,66 %, respectivamente. Esses resultados diferem dos encontrados por Duboc (1994), em fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf, em que a omissão de K, B e Zn apresentaram as maiores produções de matéria seca da parte aérea.

Maior peso da matéria seca da folha é interessante para um maior desenvolvimento das mudas, pois representa maior capacidade fotossintética e maior vigor.

Barbosa et al. (1995), trabalhando com resposta de mudas de aroeira em solos sob diferentes saturações por bases, encontraram os melhores resultados com a elevação da saturação por bases para 60%, por meio da calagem. Os resultados de Barbosa et al. (1995) e os obtidos neste trabalho, mostram a importância do calcário para aumentar a produção das culturas, principalmente em solo de alta saturação por alumínio, como o Latossolo Amarelo utilizado como substrato.

O tratamento com omissão de nitrogênio apresentou-se limitante para a produção de matéria seca da folha (3,16 g/planta), com uma redução de 72% em relação ao tratamento completo.

Estudos sobre o efeito da omissão de nutrientes no desenvolvimento de mudas de espécies arbóreas têm indicado ser a omissão de N e, ou Ca as principais responsáveis pela redução do crescimento. Dias et al. (1994) observaram redução do peso seco de parte aérea em mudas de *Acacia mangium*, em virtude da omissão de macronutrientes, sendo que a ausência de N resultou no menor acúmulo de peso seco. Muniz e Silva (1995) observaram em mudas de *Aspidosperma polyneurom*, menor crescimento, mediante a omissão de N, Ca e P.

Para Maffeis et al. (2000) a ausência de N e B foram as que mais comprometeram a produção de folhas de *Corymbia citriodora*, durante os seis primeiros meses após o transplântio das mudas para soluções nutritivas, com a omissão individual dos nutrientes. A diminuição do crescimento em função da omissão de N também foi relatada para mudas de *Senna multijuga* (RENÓ, 1994; LIMA, 1995), *Cedrela fissilis*, *Piptadenia gonoacantha*, *Caesalpinia férrea* (RENÓ, 1994), *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius*, *Platyciamus regnellii*, *Machaerium villosum*, *Tabebuia crhysotricha*, *Anaderanthera peregrina*, *Jacaranda mimosaefolia* (LIMA, 1995) e *Senna macranthera* (LIMA, 1995; PEREIRA, 1994).

Por meio da Figura 3, verifica-se que no caule o tratamento com omissão de nitrogênio (2,29 g/planta), potássio (4,87 g/planta), cálcio (5,07 g/planta), magnésio (3,61 g/planta), ferro (4,71 g/planta) e cobre (3,78 g/planta) foram os que mais limitaram a produção de matéria seca, em comparação ao tratamento completo, reduzindo o teor de matéria seca em 80,25 %, 58,01 %, 56,29 %, 68,87 %, 59,39 %, 67,41 %, respectivamente. Marques et al. (2004), ao estudar o crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva, encontraram as menores produções de matéria seca do caule nos tratamentos sob omissão de N (0,74 g/planta) e Fe (0,57g/planta).

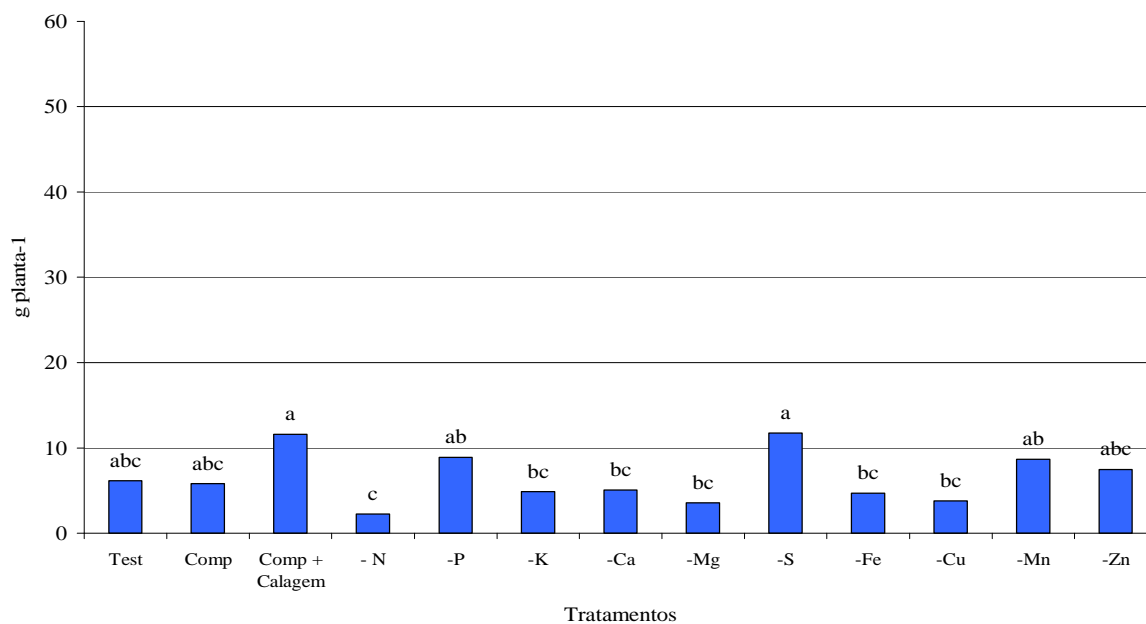


FIGURA 3- Matéria seca de caule (g planta<sup>-1</sup>) de planta jovem de copaíba, cultivada em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes.

Por outro lado, o tratamento com omissão de enxofre (11,75 g/planta) e o completo + calagem (11,60 g/planta) apresentaram as maiores produções de matéria seca do caule, porém, não diferindo estatisticamente dos tratamentos Testemunha, Completo, -P, -Mn, e -Zn.

Observa-se que na raiz da planta (Figura 4), o tratamento com omissão de nitrogênio (4,97 g planta<sup>-1</sup>) foi o que mais limitou a produção de matéria seca nessa parte, reduzindo em relação ao completo em 60,36 %; no entanto, só diferiu dos tratamentos Completo + Calagem, -P, -S e Mn. Duboc (1994) em fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. verificou que as menores produções de matéria seca foram na omissão de N e Ca.



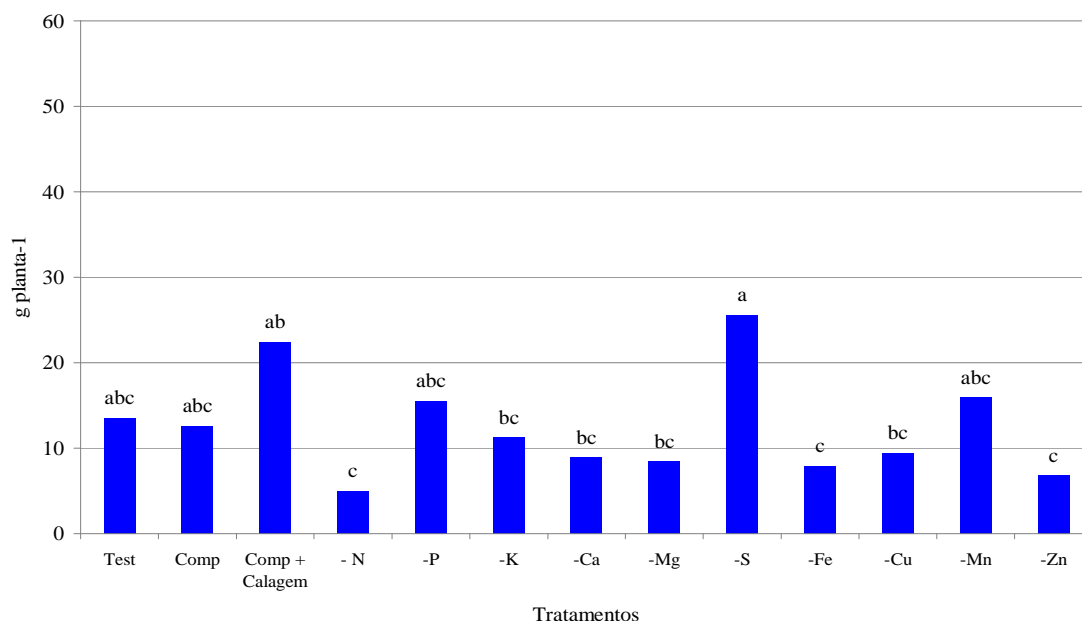


FIGURA 4- Matéria seca de raiz ( $\text{g planta}^{-1}$ ) de planta jovem de copaíba, cultivada em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes.

A omissão de enxofre ( $25,54 \text{ g/planta}$ ) apresentou a maior produção de matéria seca da raiz, em comparação ao tratamento completo, contrário aos resultados encontrados por Duboc (1994) em fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf., em que a maior produção de matéria seca foi verificada na omissão de B, em comparação ao tratamento completo.

A omissão de enxofre apresentou a maior matéria seca total seguido do tratamento Completo + Calagem (Figura 5). Esses resultados diferem dos encontrados por Duboc (1994) em fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf, em que as omissões de K, B e Zn apresentaram as maiores produções de matéria seca total, porém, concordam com os resultados encontrados para a fertilização de plântulas de jatobá *Hymenea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (HAYNE) LEE et LANG, no mesmo trabalho onde a maior produção de matéria seca da parte aérea foi obtida quando o S foi omitido, tendo sido relatado que apesar do teor do elemento ter sido inferior ao do tratamento completo e testemunha, este fato deveu-se ao baixo requerimento nutricional das plantas de jatobá em relação ao S.

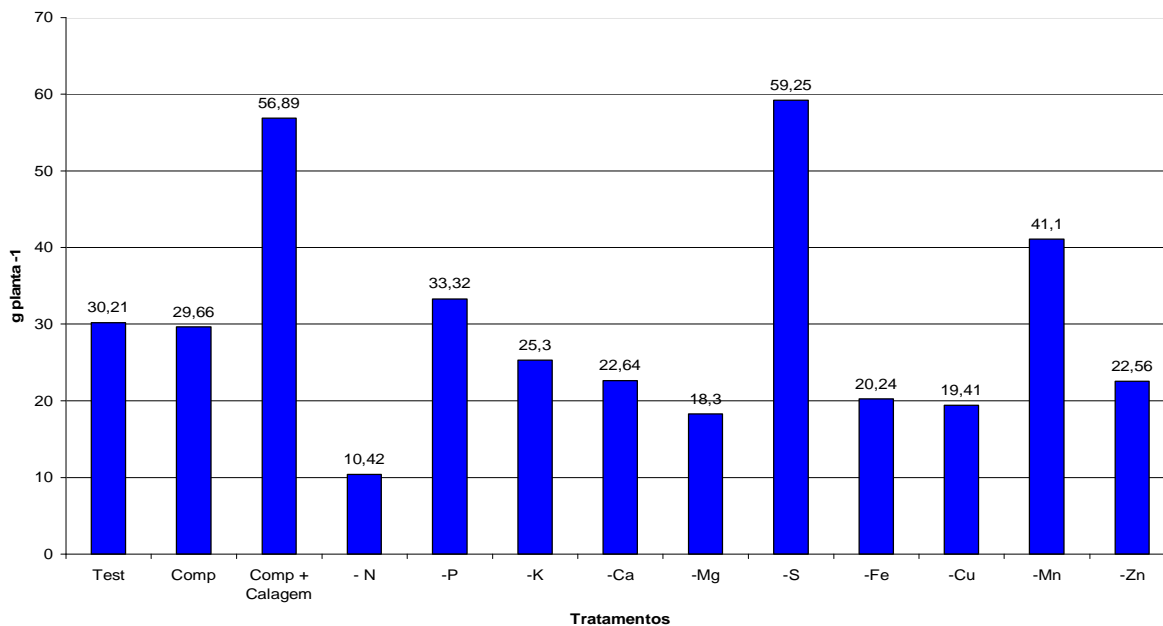


FIGURA 5- Matéria seca total (g planta<sup>-1</sup>) de planta jovem de copaíba, cultivada em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes.

Silva et al. (2007), estudando o efeito de doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), verificaram que as mudas cultivadas no substrato sem calagem apresentaram produção de matéria seca total da ordem de 11,55 g. Quando o corretivo foi incorporado, as plantas tiveram produção relativa nas doses 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0 t.ha<sup>-1</sup>, de 160%, 144%, 101%, 179%, 103% e 130%, respectivamente. Furtini Neto et al. (1999), também verificaram aumento na matéria seca total de várias espécies, em função da calagem. Segundo esses autores, estes resultados são importantes na medida em que se ressaltam diferentes reações das espécies florestais às condições de acidez do solo e à capacidade de resposta dessas espécies à aplicação de corretivos.

Por meio da Figura 5, verifica-se que a seqüência de exigência nutricional observado em relação ao tratamento Completo, no que diz respeito à matéria seca total, foi a seguinte: N > Mg > Cu > Fe > Zn > Ca > K.

A menor produção de matéria seca total de planta de copaíba foi no tratamento com omissão de N, verificada neste estudo e com outras espécies florestais, refletindo a alta exigência das espécies florestais por este nutriente, uma vez que o mesmo desempenha muitas funções estruturais, como formação de cadeias peptídicas para formar proteínas (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

A Figura 6 mostra que a produção de matéria seca da parte aérea foi mais afetada negativamente pela omissão de nutrientes, do que a produção da raiz.

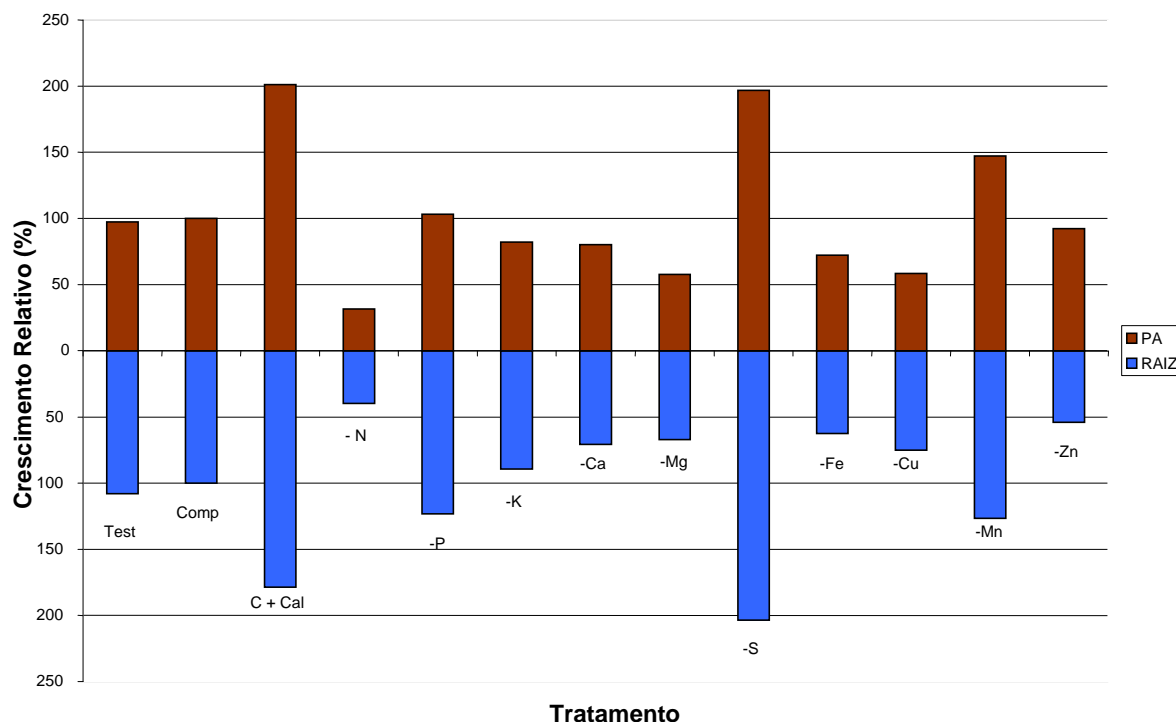


FIGURA 6- Crescimento relativo em produção de matéria seca de plantas de copaíba (Tratamento Completo igual a 100).

O crescimento relativo referente ao tratamento Completo + Calagem, foi o mais favorecido na parte aérea da planta, em relação à raiz.

A simples técnica de adubar o solo em suas condições naturais não apresentou no crescimento relativo resultado satisfatório, havendo a necessidade de elevar a saturação de base a 60%, fato este verificado entre os tratamentos testemunha, completo e completo + calagem.

A omissão de nitrogênio afetou de forma mais drástica o crescimento relativo, tanto na parte aérea quanto na raiz.

A omissão de Zn ocasionou maior mobilização de reservas para a parte aérea do que para as raízes, juntamente com o completo + calagem, -Ca, -Fe, -Mn, enquanto as omissões de

N, P, K, Mg, S e Cu ocasionaram as maiores mobilizações de reservas para as raízes (Figura 7).

Liu et al. (1998) assinalam que, quando a planta encontra-se sob estresse, a distribuição, a direção e a energia de assimilação dos produtos da fotossíntese são direcionados para a formação e o desenvolvimento do sistema radicular, visando aumentar a área de absorção do nutriente. Segundo Clarkson (1985), as raízes tornam-se os drenos preferenciais de fotoassimilados, quando alguns nutrientes encontram-se limitando o crescimento das plantas, especialmente, o nitrogênio.

No presente trabalho, os resultados mostram que as plantas, estão direcionando os fotoassimilados da fotossíntese, para as raízes, favorecendo o aumento da área de absorção dos nutrientes.

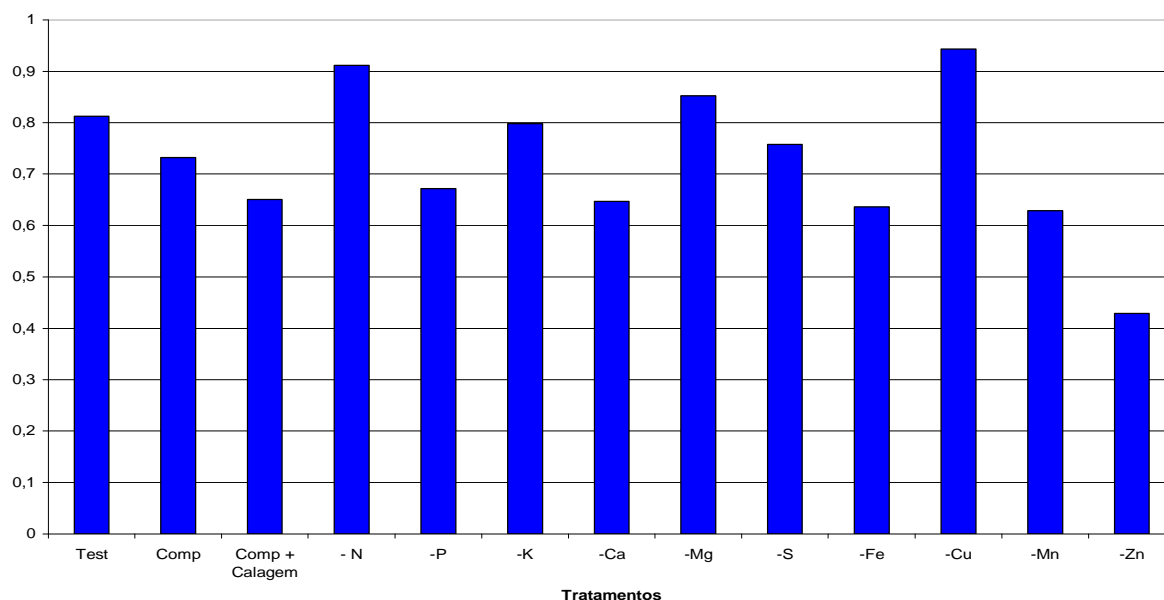


FIGURA 7- Relação raiz/parte aérea (R/PA), com base no peso de matéria seca de plantas de óleo copaíba submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes.

Duboc (1994), trabalhando com mudas de copaíba verificou que as omissões de N, de P e o tratamento Testemunha afetaram o particionamento da matéria seca entre a parte aérea e o sistema radicular, com maior mobilização de reservas para as raízes do que para a parte aérea. O mesmo aconteceu com os tratamentos com a omissão de S e de Ca, porém em menor grau.

## 4.2 TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES EM MUDAS DE COPAÍBA.

## 4.2.1 Nitrogênio

A Tabela 2 mostra que a omissão de nitrogênio não afetou drasticamente o teor deste elemento nas diferentes partes da planta, mantendo-se dentro de uma equivalência em relação aos demais tratamentos, o que pode ser explicado pela concentração deste elemento nas reservas da planta. Fato semelhante foi encontrado por Barroso et al. (2005) em diagnóstico de deficiência de macronutrientes em mudas de teca (*Tectona grandis*). O alto teor de N na parte aérea das plantas sob omissão de N, Ca, Mg, Fe e Cu resulta da concentração de reservas durante o período de condução do experimento, uma vez que essas omissões causaram drástica redução na produção de matéria seca de parte aérea (Figura 2).

TABELA 2- Teor de nitrogênio (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	13,70def	10,64abc	10,09bcd
Completo	15,04de	10,85abc	13,38abc
Completo + Calagem	8,27f	4,44c	6,05d
- N	16,55bcde	16,09ab	16,40abc
-P	10,55ef	11,56abc	12,25bcd
-K	16,08cde	15,11ab	13,75abc
-Ca	16,88bcd	11,92abc	15,99abc
-Mg	18,51abcd	11,85abc	13,25abc
-S	15,35de	7,64bc	9,71cd
-Fe	24,16 a	19,38 a	20,10 a
-Cu	22,46ab	16,36ab	17,43 ab
-Mn	21,68abc	15,42ab	13,29abc
-Zn	16,34cde	14,67ab	16,34abc
C.V(%)	32,81	41,84	36,42
Média	16,58	12,76	13,69

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Os tratamentos Completo + Calagem e com omissão de S, apresentaram os menores teores de N nas diversas partes da planta, ocorrendo um efeito de diluição, pois este tratamento apresentou uma das maiores produções de matéria seca (Figura 5).

Os maiores teores de nitrogênio em todas as partes da planta foram observados nos tratamentos com omissão de Fe, Cu, Mn e Ca (Figura 8).

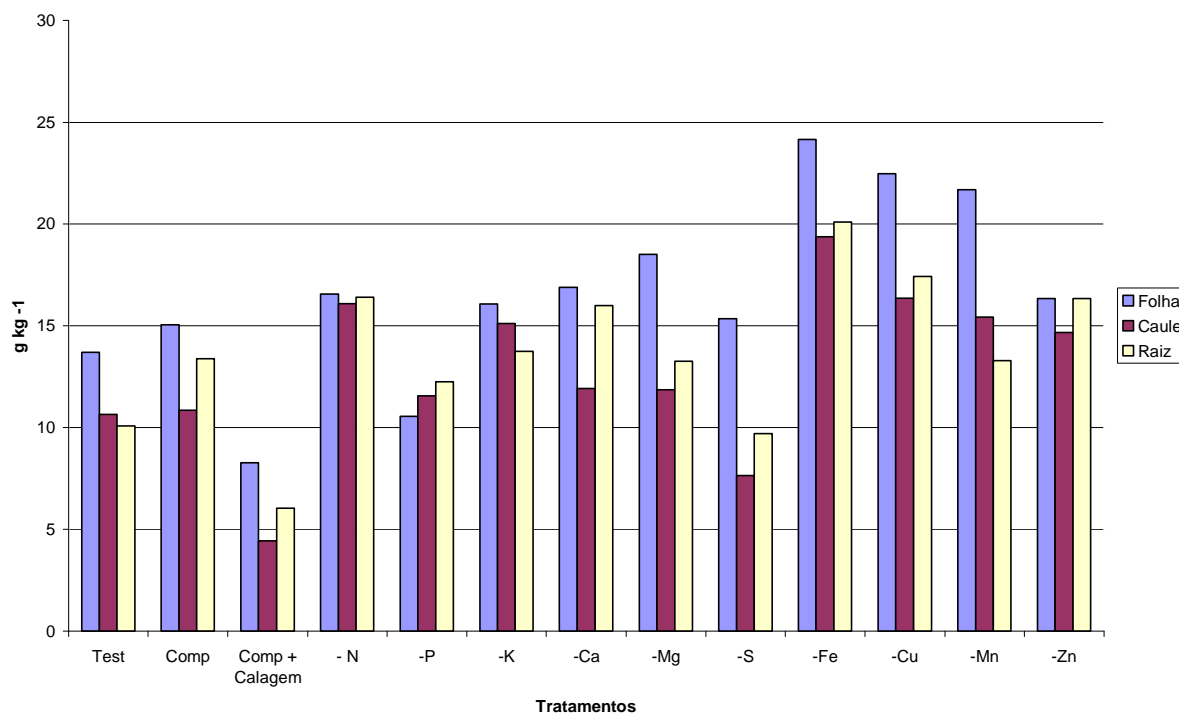


FIGURA 8- Teor de nitrogênio (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Nas folhas, em que a concentração do N sob omissão foi  $16,55 \text{ g.kg}^{-1}$ , contra  $15,04 \text{ g.kg}^{-1}$  no tratamento completo, possivelmente, houve efeito de concentração, devido à baixa produção de biomassa da espécie na ausência do N (LANZA et al., 1996a).

A omissão de Fe ocasionou maiores teores de nitrogênio em todas as partes analisadas da planta, principalmente, nas folhas e raízes, onde o tratamento diferenciou significativamente da testemunha. Resultado semelhante foi encontrado por Marques et al. (2004), trabalhando com paricá, em que o efeito de concentração foi também verificado no tratamento com omissão de Fe, nas folhas, caule e raízes e no tratamento com omissão de B, nas folhas e raízes.

Os teores de N do tratamento completo, foram semelhantes aos encontrados por Dias et al. (1992), para a formação de mudas de taxi-branco (*Esclerolobium paniculatum*), cujo valor crítico foliar para atingir 90 % da produção máxima de MSPA, era de 22,0 g/kg, associado à dose de 79 g/dm<sup>3</sup> de N no solo.

A omissão de P, também, apresentou baixos teores de N na parte aérea, resultado semelhante ao encontrado por Duboc et al. (1996b) para *Copaifera langsdorffii* em que a omissão de P diminuiu a absorção de N pelas plantas.

O nível crítico de N proposto por Dias et al. (1991) é de 1,52 g. dag<sup>-1</sup> de matéria seca. para as espécies florestais.

#### 4.2.2 Fósforo

Os teores de P tiveram maiores concentrações nas folhas, indicando a alta mobilidade do fósforo na planta (Tabela 3, Figura 9). Segundo Raij (1969), o fósforo em quantidade adequada estimula o desenvolvimento radicular e apresenta alta mobilidade na planta, transferindo-se rapidamente de tecidos velhos para regiões de meristema ativo. A deficiência de fósforo reflete no menor crescimento da planta, por ter sua rápida redistribuição dos órgãos mais velhos para os mais novos (MALAVOLTA, 1980).

O tratamento Completo + Calagem apresentou aumento nos teores de fósforo principalmente na raiz e caule que diferiram significativamente de todos os demais. Na folha ocorreu aumento no teor de P, apesar de não diferenciar significativamente dos demais tratamentos. Segundo Raij e Quaggio (1984), a calagem favorece o aproveitamento do fósforo do solo. Na medida em que o pH diminui, isto é, abaixo de 5,5, a disponibilidade do P também diminui, devido a fixação dos radicais fosfatos pelos íons Al<sup>3+</sup> e Fe<sup>3+</sup>, que se encontram em grandes quantidades no solo quando o pH é baixo (OSAKI, 1991). Com a prática da calagem o pH tende a aumentar e, conseqüentemente, a disponibilidade do fósforo também aumenta.

TABELA 3- Teor de fósforo (g/kg) das folhas, caule e raízes de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	0,73cde	0,32d	0,41cd
Completo	1,14abc	0,81abc	0,71b
Completo + Calagem	0,89abcde	1,08 a	0,99 a
- N	1,25ab	0,56bcd	0,46cd
-P	0,61e	0,45cd	0,34d
-K	0,64de	0,42cd	0,37cd
-Ca	1,29 a	0,90ab	0,72b
-Mg	0,85abcde	0,76abc	0,59bcd
-S	0,89abcde	0,72ab	0,60bc
-Fe	0,92abcde	0,51bcd	0,41cd
-Cu	0,73cde	0,46cd	0,40cd
-Mn	0,85bcde	0,76abc	0,48bcd
-Zn	1,06abcd	0,71abcd	0,51bcd
C.V(%)	24,14	41,84	32,69
Média	0,91	0,67	0,53

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Os maiores teores foliares de fósforo foram obtidos com a omissão de Ca, e N apesar de não diferirem significativamente do -Mg, -S, - Fe, - Zn, completo e completo + calagem e completo, havendo um efeito de concentração, no caso do tratamento sob omissão de N , uma vez que o mesmo apresentou a menor produção de matéria seca (Figura 5).

Os tratamentos com omissão de P e K apresentaram os menores teores de fósforo em todas as partes da planta 1,4 g/kg e 1,43 g/kg, respectivamente. O tratamento Completo + Calagem, no caule, aumentou em 33 % o teor de fósforo em relação ao tratamento Completo, apesar de não existir diferença estatística significativa entre eles.



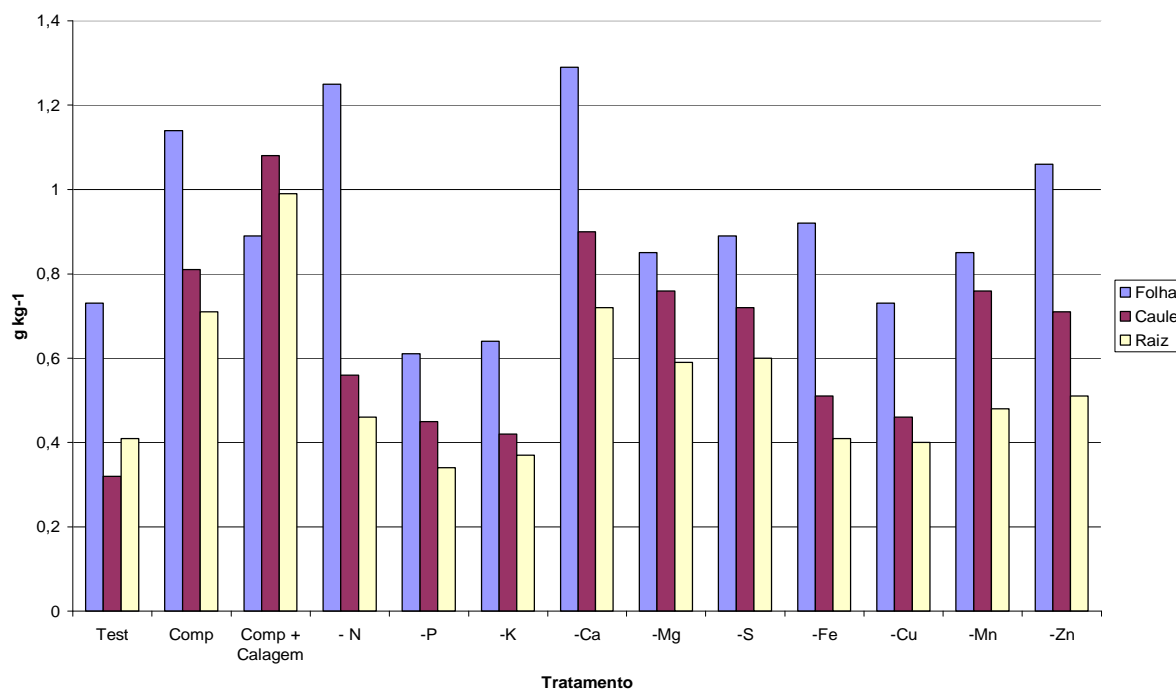


FIGURA 9- Teor de fósforo (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Apesar de ser o macronutriente menos exigido em quantidade pelas plantas, o fósforo é o nutriente aplicado em maiores quantidades em adubação no Brasil. Furtini Neto et al. (2001) explicaram que esse fato se relacionava com a baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros e, também, com a forte tendência do fósforo aplicado ao solo de reagir com componentes deste para formar compostos de baixa solubilidade (fixação de fósforo).

Segundo Marschner (1995), o requerimento de fósforo para otimizar o crescimento da maioria das culturas está na faixa de 3 a 6 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca de plantas durante o estágio vegetativo de crescimento. Malavolta et al. (1997) apresentaram valores na faixa de 1,2 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>, na maioria das culturas tropicais.

Para o fósforo as concentrações em todos os tratamentos foram maiores que o nível crítico de 0,45 g dag<sup>-1</sup> de matéria seca, preconizado por Dias et al. (1990).

### 4.2.3 Potássio

Os altos teores de potássio nos tecidos da planta inteira, nos tratamentos com omissão de N e Ca ( $14,9 \text{ g kg}^{-1}$  e  $13,99 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente), são equivalentes ao tratamento Completo e superam a testemunha. Esse resultado deve-se, provavelmente à ausência do mecanismo de inibição competitiva entre o cálcio e o potássio, favorecendo a absorção deste último (CASTRO; MENEGUELI, 1989).

TABELA 4- Teor de potássio (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	4,08cd	3,50ab	2,80 ab
Completo	5,96abc	3,74ab	2,67 ab
Completo + Calagem	3,52d	3,28abc	2,87 a
- N	7,88 a	4,64 a	2,38 abc
-P	5,99abc	2,94bc	2,38 abc
-K	4,39cd	1,84c	1,71 c
-Ca	6,55ab	4,39ab	2,96 a
-Mg	6,06abc	4,13ab	2,80 ab
-S	5,09bcd	3,73ab	2,63 ab
-Fe	7,79 a	3,40ab	1,95 bc
-Cu	6,93ab	3,82ab	2,80 ab
-Mn	5,36bcd	2,96bc	2,26 abc
-Zn	6,70ab	3,24abc	2,20 abc
C.V(%)	30,17	29,47	24,25
Média	5,87	4,28	2,49

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

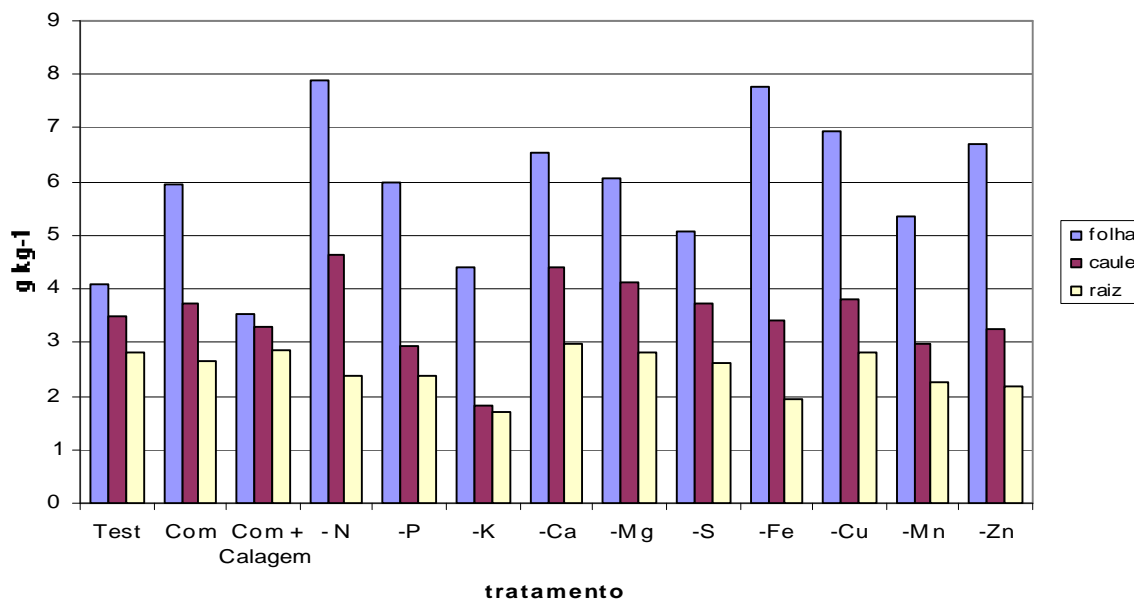


FIGURA 10 - Teor de Potássio (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Outros trabalhos mostram resultados diferentes, quanto ao maior teor de K na matéria seca da parte aérea : para a *Copaifera langsdorffii*, ocorre no tratamento com a omissão de S (DUBOC et al., 1996b); para o *Peltophorum dubium*, nas omissões de Ca, S e P (VENTURIN et al., 1999); para o *Myracrodruon urundeuva*, na omissão de calagem, Ca, Mg, Zn e Cu, Fe e Mn (MENDONÇA et al., 1999).

O tratamento completo + calagem apresentou o menor teor foliar de K, apesar de não diferenciar significativamente da testemunha. Segundo Raij (1991), solos com maiores teores de Ca e Mg e com CTC mais elevada podem diminuir a disponibilidade de K para as plantas.

Na folha, a omissão de N e Fe aumentaram significativamente o teor de K, resultado semelhante ao encontrado por Marques et al. (2004), trabalhando com paricá, em que as omissões de Fe e de N promoveram aumento nos teores de K nas folhas, devido ao efeito de concentração. Mendonça et al. (1999) também verificaram maiores teores de K no tratamento com a omissão de Fe nas folhas de angico-amarelo.

#### 4.2.4 Cálcio

O teor de cálcio sob omissão do nutriente, não diferiu do tratamento completo em nenhuma parte das plantas de copaíba (Tabela 5, Figura 11), Duboc (1996), sugerindo que essas plantas possuem uma elevada capacidade de extração de cálcio do substrato, mesmo sob pequena disponibilidade, ou ainda um baixo requerimento fisiológico para este nutriente. Duboc (1996), trabalhando com mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* l. var *stilborcarpa* (Hayne) Lee et Lang), encontrou resultados semelhantes.

TABELA 5- Teor de cálcio (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	3,33b	2,88bc	2,88 a
Completo	3,17bc	2,78bc	2,78 a
Completo + Calagem	5,13 a	3,40ab	3,41 a
- N	3,07bc	3,44ab	3,44 a
-P	3,04bc	2,78bc	2,78 a
-K	2,66bc	2,45bc	2,46 a
-Ca	2,81bc	2,24c	2,24 a
-Mg	2,59bc	2,78bc	2,78 a
-S	3,17bc	3,18abc	3,18 a
-Fe	1,95c	2,73bc	2,73 a
-Cu	1,92c	2,26c	2,26 a
-Mn	2,59bc	4,03 a	3,22 a
-Zn	2,46bc	3,10abc	1,46 a
C.V(%)	19,86	25,55	48,81
Média	2,91	2,93	2,74

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Em ordem decrescente as omissões de Mn, N, Completo + Calagem, S e Zn mostraram tendência de superioridade, apresentando os maiores teores de Ca, no caule das

plantas, apesar de não diferenciar significativamente da testemunha. Venturin et al. (2005) observaram em caule de mudas de *Eremanthus erythropappus*, concentrações elevadas de cálcio no tratamento com omissão de Zn.

Na folha, o tratamento completo + calagem aumentou significativamente o teor de Ca em comparação ao tratamento completo e aos demais sob omissão, ou seja houve um efeito positivo da calagem para a absorção do Ca pela planta. A correção do solo feita com calcário dolomítico, além de corrigir a acidez, forneceu também dois nutrientes importantíssimos para as plantas, o cálcio e o magnésio.

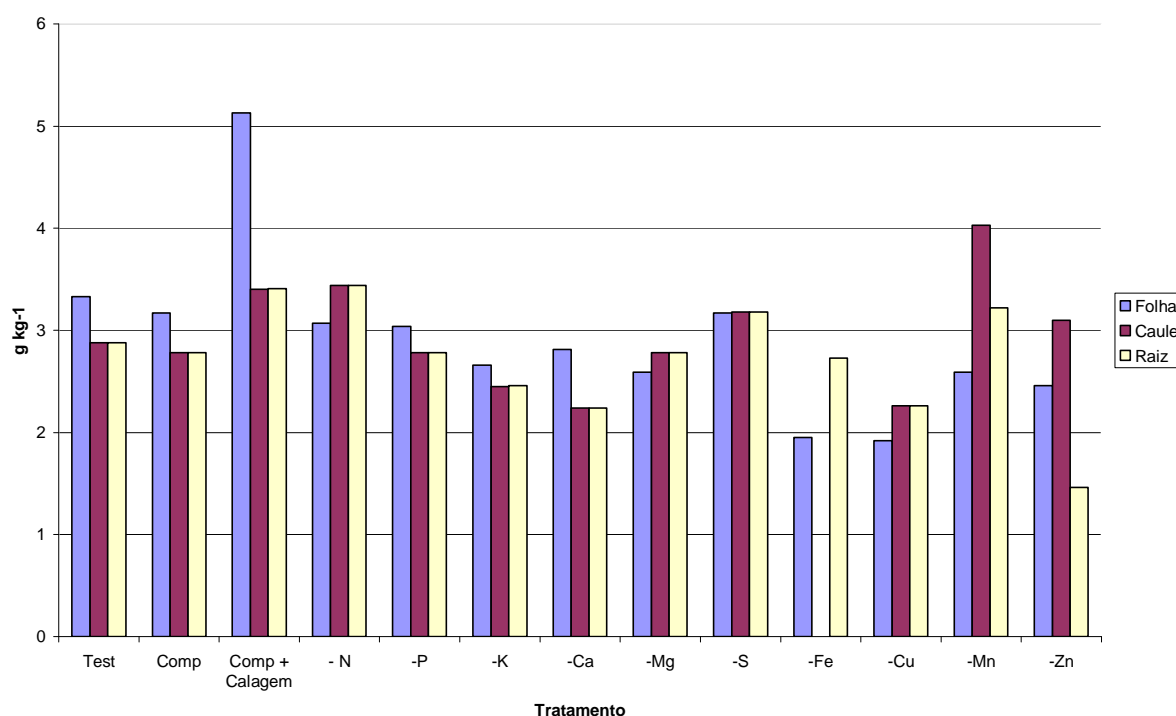


FIGURA 11- Teor de cálcio (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Os teores de cálcio na raiz não mostraram diferença significativa entre os tratamentos. Os valores obtidos com a omissão de N e o Completo + Calagem mostraram tendência de superioridade sobre os outros tratamentos.

O nível crítico de Ca proposto por Dias *et al.* (1990) é de  $0,69 \text{ g. dag}^{-1}$  de matéria seca, foi superado por todos os tratamentos (Figura 11).

#### 4.2.5 Magnésio

O tratamento Completo + Calagem apresentou o maior aumento significativo do teor de Mg em todas as partes da planta correspondendo a 8,12 g/kg (Tabela 6). O maior teor de magnésio disponibilizado no solo, pela aplicação do calcário dolomítico, pode ter influenciado na maior absorção do nutriente pelas plantas.

TABELA 6- Teor de magnésio (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	1,91bc	1,32c	0,78c
Completo	1,87bc	1,79b	0,92bc
Completo + Calagem	3,47 a	2,68 a	1,97 a
-N	1,99bc	1,78b	0,72c
-P	1,36def	1,26c	0,83c
-K	2,10b	1,36bc	0,80c
-Ca	1,73bcd	1,41bc	0,82c
-Mg	1,57cde	1,46bc	0,88bc
-S	1,50cde	1,53bc	1,17b
-Fe	1,67bcd	1,51bc	0,88bc
-Cu	1,72bcd	1,60bc	0,99bc
-Mn	1,17ef	1,53bc	0,88bc
-Zn	0,95f	1,55bc	0,95bc
C.V(%)	19,86	18,22	10,22
Média	1,77	1,60	0,97

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Por meio da Tabela 6, verifica-se que, depois do tratamento Completo + Calagem, a omissão de N, K, Cu, apresentaram os maiores teores de magnésio na planta, respectivamente 4,49 g/kg, 4,26 g/kg e 4,31 g/kg, semelhantes aos obtidos com o Completo, de 4,58 g/ha. Tais

resultados são semelhantes aos encontrados por Souza et al, (2006) em adubação mineral do ipê roxo, onde o teor de Mg foi maior no tratamento com a omissão de K e N, possivelmente, pela redução da inibição competitiva entre estes e o Mg (MALAVOLTA; VIOLANTE NETTO, 1989). Para o *Peltophorum dubium*, as omissões de K, Ca e S (VENTURIN et al, 1999); para o *Myracrodruon urundeuva*, os maiores teores de Mg foram encontrados nos tratamentos completo, com a omissão de calagem, Ca, K, Zn e Cu, Fe e Mn (MENDONÇA et al., 1999). Para a candeia (*Eremanthus erythropappus*), o maior teor de Mg foi favorecido pela ausência dos nutrientes K e Ca (VENTURIN et al., 2005).

Na folha, a omissão de Zn e Mn apresentaram os menores teores de Mg (Figura 12). Marques et al. (2004), trabalhando com paricá verificaram a redução dos teores de Mg nas folhas sob a omissão de Mn.

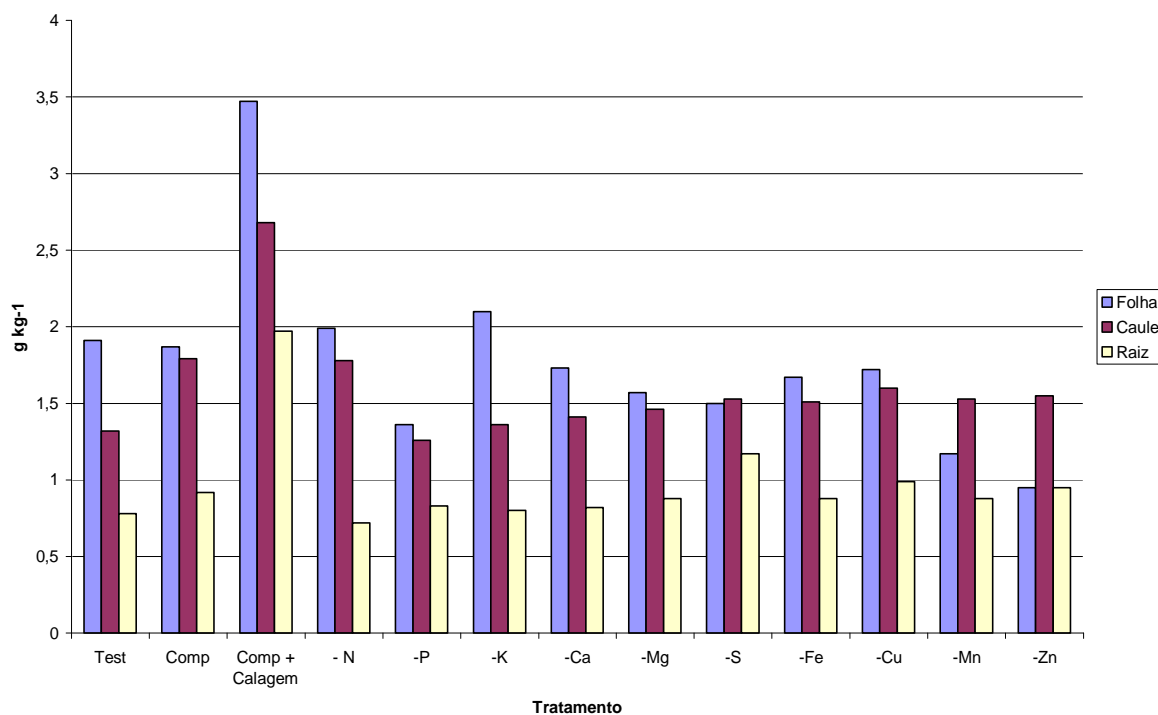


FIGURA 12- Teor de magnésio (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

O nível crítico de Mg, proposto por Dias et al. (1990), é de  $0,34 \text{ g. dag}^{-1}$  de matéria seca, sendo superado em todos tratamentos adotados neste trabalho.

#### 4.2.6 Ferro

A calagem não proporcionou aumento na absorção de ferro pelas plantas (Tabela 7). Silva et al (2007) ao estudar o efeito de doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla King*), verificaram que a calagem afetou negativamente a absorção de Ferro.

TABELA 7- Teor de ferro (g/kg) das raízes, caule e folhas de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	0,09 a	0,440d	2,186 a
Completo	0,08 a	1,035bcd	1,365ab
Completo + Calagem	0,07 a	1,562abcd	1,029b
-N	0,17 a	1,981abc	1,071b
-P	0,09 a	2,279ab	0,879b
-K	0,10 a	2,979 a	0,875b
-Ca	0,09 a	2,457ab	1,149b
-Mg	0,08 a	0,708cd	0,920b
-S	0,39 a	0,241d	1,387b
-Fe	0,14 a	0,240d	0,822b
-Cu	0,12 a	0,006e	0,907b
-Mn	0,10 a	0,097d	0,530b
-Zn	0,03 a	0,328d	1,31b
C.V(%)	17,8	32,5	55,48
Média	0,12	1,10	1,11

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.



Mengel (1994) explicou que altos teores de  $\text{HCO}_3^-$  proveniente do cálcario, bem como de  $\text{NO}_3^-$  no apoplasto neutralizam  $\text{H}^+$  bombeado de dentro da célula, conseqüentemente sobe o pH da superfície externa do plasmalema, havendo bloqueio na atividade da redutase de  $\text{Fe}^{+3}$ .

No caule os tratamentos sob omissão de potássio e cálcio proporcionaram os maiores teores de ferro sem, entretanto, diferirem da Calagem, - N e - P (Figura 13, Tabela 7). Segundo Malavolta (1980), a absorção de ferro é influenciada pela competição de cátions bivalentes como o Ca, no meio, onde a ausência deste elemento pode auxiliar a absorção de ferro. O  $\text{K}^+$  também influencia a absorção de Fe, que dependendo da concentração pode provocar sinergismo ou inibição. Resultado semelhante foi encontrado por Marques et al. (2004) em mudas de *Schizolobium amazonicum* (paricá), em que o tratamento sob omissão de Ca apresentou maior teor de ferro.

Sob a omissão do ferro, os teores do nutriente no caule foram drasticamente reduzidos.

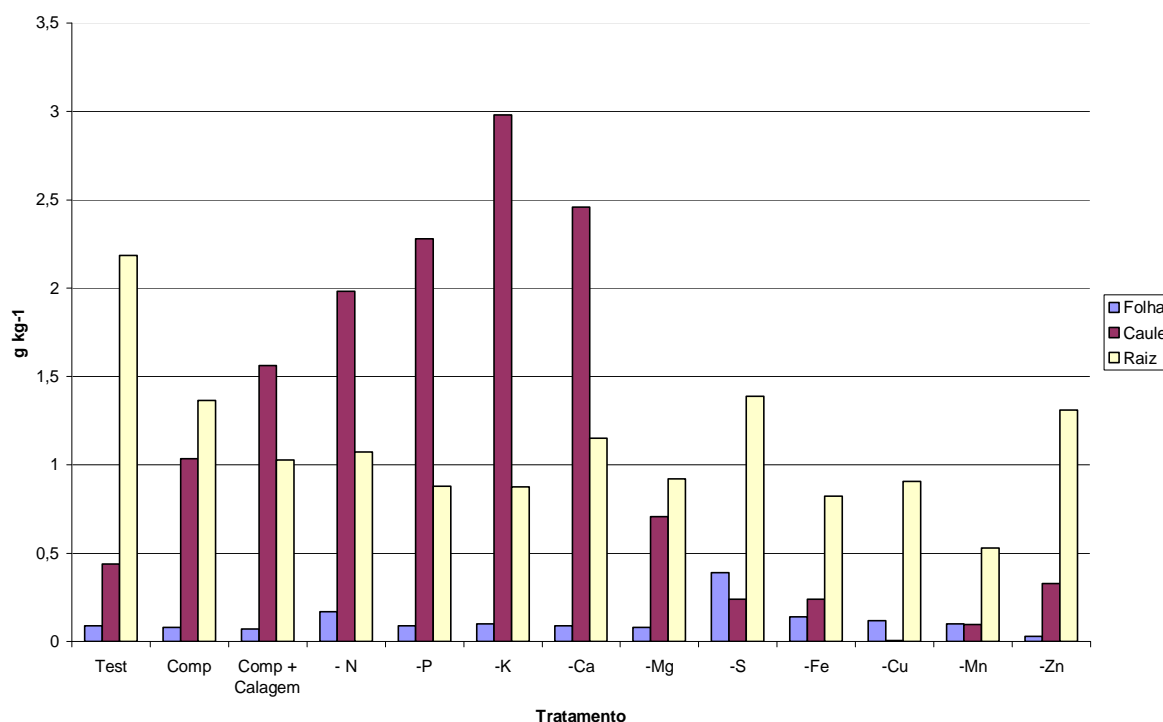


FIGURA 13- Teor de ferro (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para os teores de Fe na folha, que variaram de 0,03 mg/kg a 0,39 mg/kg.

Os menores teores verificados nas folhas, em comparação com o caule e raízes, pode ser explicado pela baixa mobilidade do Fe na planta.

Nas raízes, o maior teor de ferro ocorreu no tratamento Testemunha, o qual diferiu significativamente dos demais, exceto o Completo. Esses resultados evidenciam a alta disponibilidade do Fe no Latossolo Amarelo estudado, que favorece a absorção de elevadas quantidades do nutriente, principalmente, em solo que não recebeu Calagem.

#### 4.2.7 Cobre

Na raiz, a omissão de Zn aumentou significativamente o teor de cobre (Tabela 8), superando os demais tratamentos. Isto se explica devido o Zn ser considerado como antagônico ao Cu (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1984). Por outro lado, as omissões de Mg, S, Fe, apresentaram as maiores reduções dos teores de cobre na raiz e caule, em torno de 93,72 %, em relação ao tratamento completo.

Os teores de cobre nas diferentes partes da planta de copaíba sob omissão desse nutriente, não diferiram dos tratamentos testemunha e Completo.

Em relação ao tratamento Completo, os teores de cobre nas raízes e caule foram reduzidos em torno de 94 %, com a omissão do enxofre, enquanto que a exclusão do ferro proporcionou redução de 93,15 % nas raízes e 92,85 % no caule.

No caule os teores de cobre obtidos com os tratamentos, Completo, Completo + Calagem, -N superaram significativamente todos os demais, sem diferirem entre si (Tabela 8, Figura 14).

Na folha, os tratamentos Completo + Calagem, -N, -P apresentaram os maiores teores de cobre sem diferenças significativas, sendo tais resultados semelhantes ao encontrado por Mendonça et al (1999), trabalhando com aroeira do sertão em que o tratamento com omissão de P apresentou maiores teores de cobre nas folhas.

Na planta em si, a omissão de N foi o que incrementou o maior teor de cobre (0,172 g/kg), havendo um efeito de concentração, pois o tratamento sob omissão de N apresentou a menor produção de matéria seca (Figura 5).

TABELA 8- Teor de cobre (g/kg) das raízes, caule e folhas de plantas de copaíba cultivadas em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	0,046cd	0,031cd	0,031bcd
Completo	0,043d	0,035ab	0,035bc
Completo + Calagem	0,078ab	0,036 a	0,036b
- N	0,096a	0,038 a	0,038b
-P	0,091a	0,028ef	0,028de
-K	0,076abc	0,029def	0,029cde
-Ca	0,049bcd	0,028f	0,028de
-Mg	0,040d	0,022h	0,022f
-S	0,032d	0,021h	0,021f
-Fe	0,031d	0,025g	0,024ef
-Cu	0,037d	0,034bc	0,034bcd
-Mn	0,037d	0,031cde	0,029bcde
-Zn	0,035d	0,030def	0,217 a
C.V(%)	42,80	3,36	10,22
Média	0,05	0,03	0,05

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

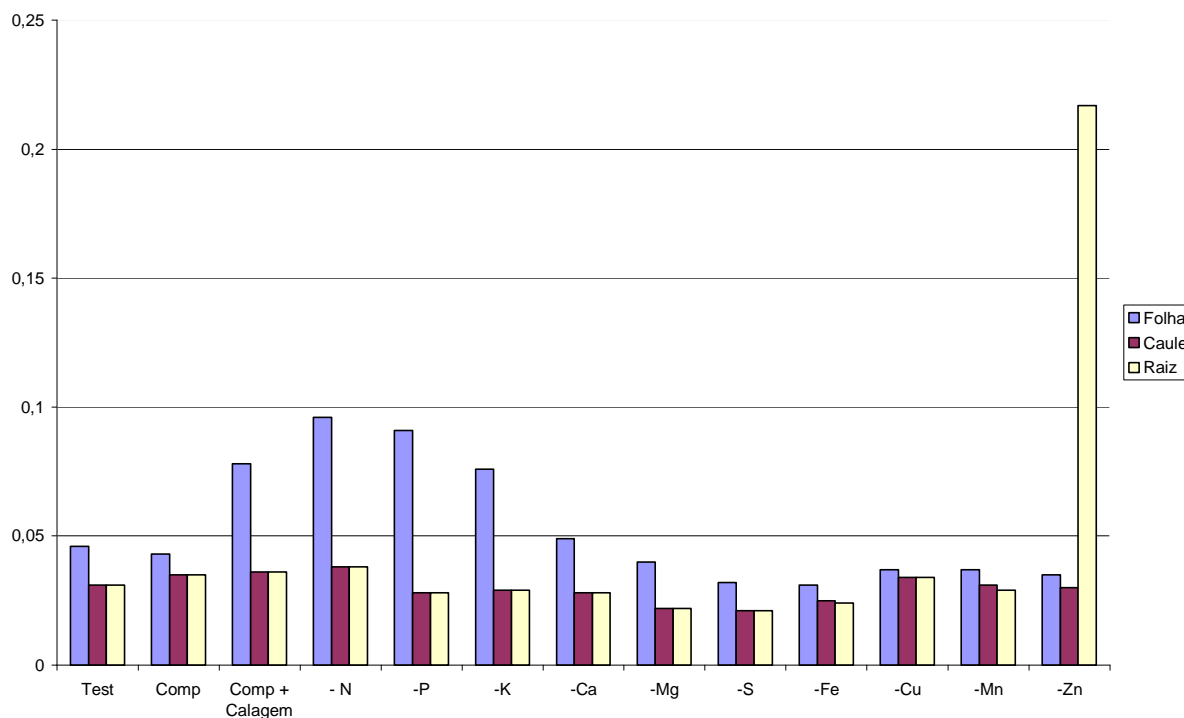


FIGURA 14- Teor de Cobre (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Segundo Malavolta (1980), Malavolta et al. (1989), Pais, Jones Júnior (1996) e Furlani (2004), os teores foliares de cobre nas plantas variaram, de modo geral, de 2 a 75 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca, sendo considerados adequados para o crescimento normal, teores entre 5 a 20 mg kg<sup>-1</sup>, os mesmos autores concordam que as plantas deficientes apresentam teores foliares de cobre menores do que 4 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto que acima de 20 mg kg<sup>-1</sup>, podem ser observados sintomas de toxidez.

Os teores foliares de cobre obtidos neste trabalho, de 21 a 217 mg kg<sup>-1</sup> indicam que as plantas de copaíba toleram teores mais elevados deste micronutriente, sem exibir sintomas definidos de toxidez.

#### 4.2.8 Manganês

O tratamento Completo + Calagem foi o que menos incrementou o teor Mn em todas as partes da planta, provavelmente, devido ao efeito da calagem na redução da disponibilidade do elemento, à medida que o pH do solo aumenta (Tabela 9).

Provavelmente, o aumento das bases do solo, proporcionada pela calagem, contribuiu para a redução drástica dos teores de manganês na planta. É possível, também, que tenha ocorrido um efeito de diluição nos teores foliares de manganês nas plantas de copaíba, no tratamento com calagem, em razão da alta produção de matéria seca alcançada com este tratamento (Figura 5).

TABELA 9- Teor de manganês (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	0,409d	0,212d	0,102bc
Completo	0,759abc	0,280cd	0,110abc
Completo + Calagem	0,271d	0,079e	0,027d
- N	0,784abc	0,349abc	0,163 a
-P	0,882ab	0,376abc	0,124 abc
-K	0,699bc	0,306bcd	0,131 abc
-Ca	0,723abc	0,288cd	0,117 abc
-Mg	0,665c	0,345abc	0,126 abc
-S	0,916a	0,327abcd	0,098bc
-Fe	0,641c	0,361abc	0,131 abc
-Cu	0,911a	0,442 a	0,155 ab
-Mn	0,810abc	0,426 ab	0,098bc
-Zn	0,638c	0,311bcd	0,096c
C.V(%)	19,77	26,73	34,25
Média	0,70	0,32	0,12

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Na prática, a toxidez de manganês é corrigida pela calagem que, por elevar o pH, precipita o excesso de Mn disponível, reduzindo sua absorção pela planta (KUPPER et al.,

1968). Em geral, condições de pH ácido favorecem o acúmulo de concentrações tóxicas de manganês em virtude do aumento da solubilidade em pH 5,0 (FOY, 1973).

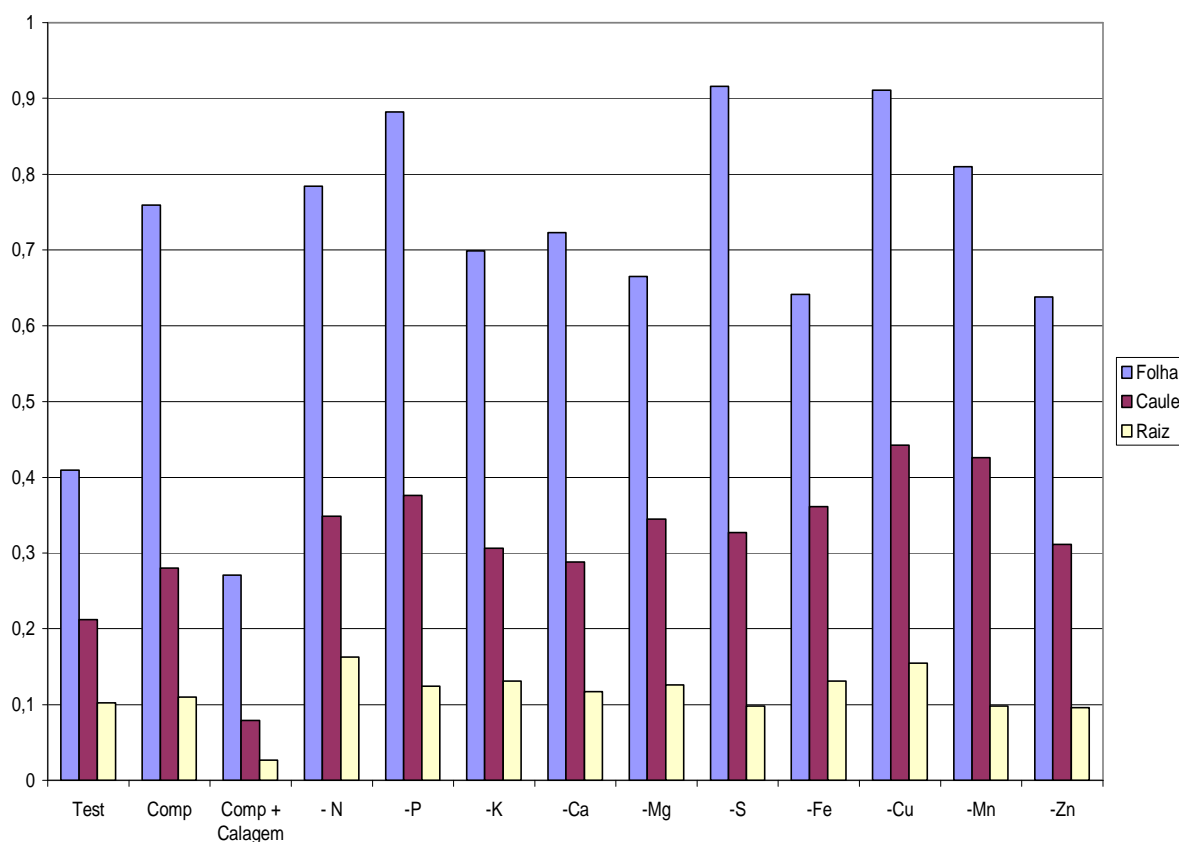


FIGURA 15- Teor de Manganês (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Mendonça et al. (1999) encontraram em folhas de aroeira do sertão maior concentração de Mn no tratamento com a omissão de Calagem. Braga et al, (1995), trabalhando com duas espécies de crescimento lento (peroba e pereira) e duas espécies de crescimento rápido (*Acacia mangium* e quaresmeira), verificaram que os menores teores de Mn ocorreram nos tratamentos que receberam Calagem.

Pela Figura 15 verifica-se que a omissão de Cu em todas as partes da planta foi a que apresentou os maiores teores de Mn. A explicação para tal fato, segundo Malavolta (1980) é que altas concentrações de Cu reduzem a disponibilidade de Mn para as plantas, através do antagonismo iônico entre esses dois micronutrientes.

#### 4.2.9 Zinco

Na raiz, os tratamentos com omissão de Fe, Cu, Ca, Mg, Zn, apresentaram maiores teores de Zn, quando comparados com a testemunha, Completo e Completo + Calagem (Tabela 10). A omissão de Cu facilita a absorção de Zn, possivelmente porque cobre e zinco entram em competição pelo mesmo carregador ou canal protético (EPSTEIN; BLOOM, 2005). Malavolta (2006) relata que o  $Ca^{+2}$ , em baixas e altas concentrações, apresenta efeito sinérgico e inibitório respectivamente; o magnésio apresenta efeito inibidor mais acentuado, quando em interação com o Zn.

No caule, os teores de zinco nos diferentes tratamentos não diferiram entre si.

TABELA 10- Teor de zinco (g/kg) das folhas, caule e raízes, de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Tratamentos	Partes da Planta		
	Folha	Caule	Raiz
Testemunha	0,114a	0,05 a	0,024c
Completo	0,047b	0,03 a	0,019c
Completo + Calagem	0,039b	0,01 a	0,009c
- N	0,037b	0,03 a	0,043c
-P	0,070b	0,03 a	0,018c
-K	0,056b	0,03 a	0,107c
-Ca	0,036b	0,02 a	0,454a
-Mg	0,032b	0,06 a	0,433ab
-S	0,043b	0,02 a	0,317b
-Fe	0,054b	0,04 a	0,466 a
-Cu	0,065b	0,03 a	0,468 a
-Mn	0,055b	0,04 a	0,312 b
-Zn	0,049b	0,03 a	0,375 ab
C.V(%)	60,27	61,79	39,53
Média	0,05	0,03	0,23

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

Nas folhas o teor de Zn encontrado no tratamento Testemunha superou significativamente os demais. Resultados diferentes foram obtidos por Mascarenhas et al. (1988), que observaram decréscimo de Zn nos teores foliares, em consequência da correção da acidez do solo, o que não foi suficiente para acarretar deficiência do elemento, mesmo na dose mais elevada de calcário (pH em  $\text{CaCl}_2$  6,1 e 78% de saturação por bases). O nível elevado do pH do solo pode induzir deficiências de Zn (MALAVOLTA, 1980; MENGEL; KIRKBY, 1987; RAIJ, 1991; MARSCHNER, 1995).

Os resultados obtidos mostraram que a Calagem apesar de não diferir do tratamento Completo teve uma tendência depreciativa para o teor de zinco em todas as partes da planta (Tabela 10 e Figura 16).

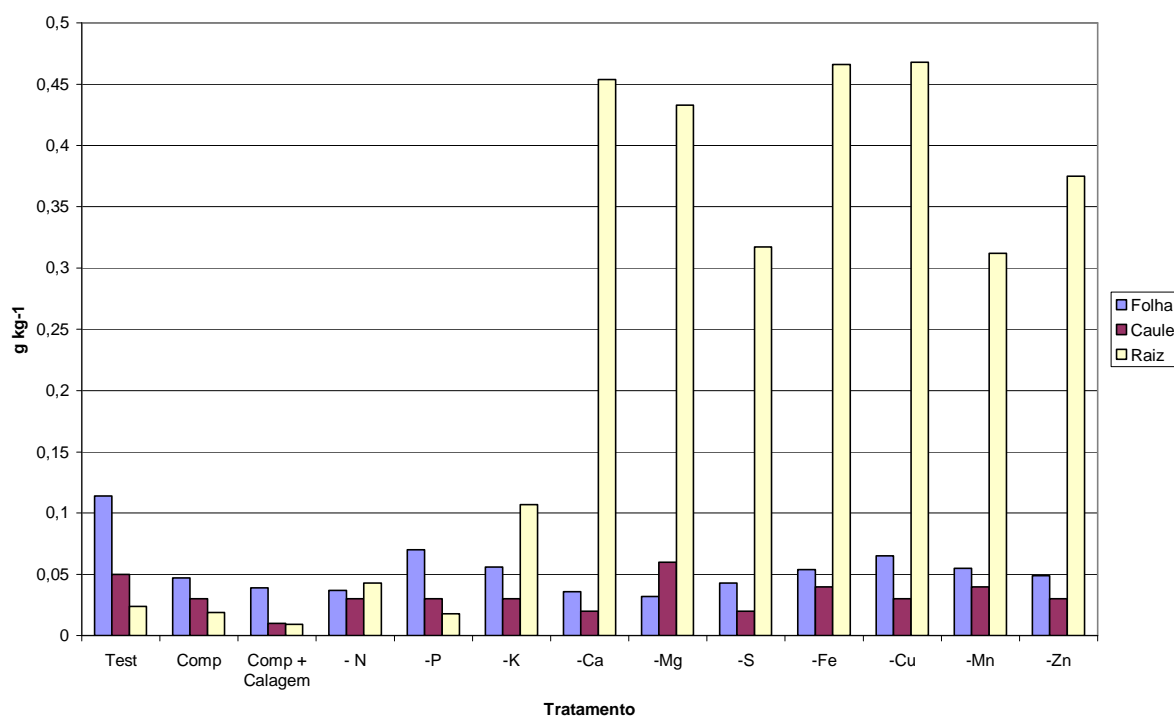


FIGURA 16 - Teor de zinco (g/kg) das raízes, caule, folhas de plantas de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes. UFRA, Belém (PA), 2008.

Resultados de diferentes trabalhos mostraram que para a *Copaifera langsdorffii*, o teor de Zn foi maior nos tratamentos com a omissão de Mg, Ca, K, B e P (DUBOC et al., 1996);



enquanto que para o *Myracrodruon urundeuva*, foi com a omissão de Calagem, P, Ca e Mg (MENDONÇA *et al.*, 1999).

### 4.3 CRESCIMENTO DE PLANTAS DE COPAÍBA

Por meio da Figura 17, verifica-se que a calagem proporcionou o maior crescimento em diâmetro de mudas de copaíba, superando significativamente o tratamento completo e testemunha. A omissão de S também apresentou maior crescimento em diâmetro apesar de não diferenciar do completo. Já omissão de N e Zn afetaram drasticamente o crescimento em diâmetro de mudas de copaíba.

Duboc (1994), em fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf., verificou que plantas de óleo copaíba sob omissão de Zn apresentaram um maior crescimento em diâmetro do caule.

Os dados da Figura 17 mostram, ainda, que não houve diferença significativa entre os tratamentos no que diz respeito à altura, porém, observa-se que mudas que cresceram sob a omissão de N e Zn, apresentaram tendência de menor crescimento.

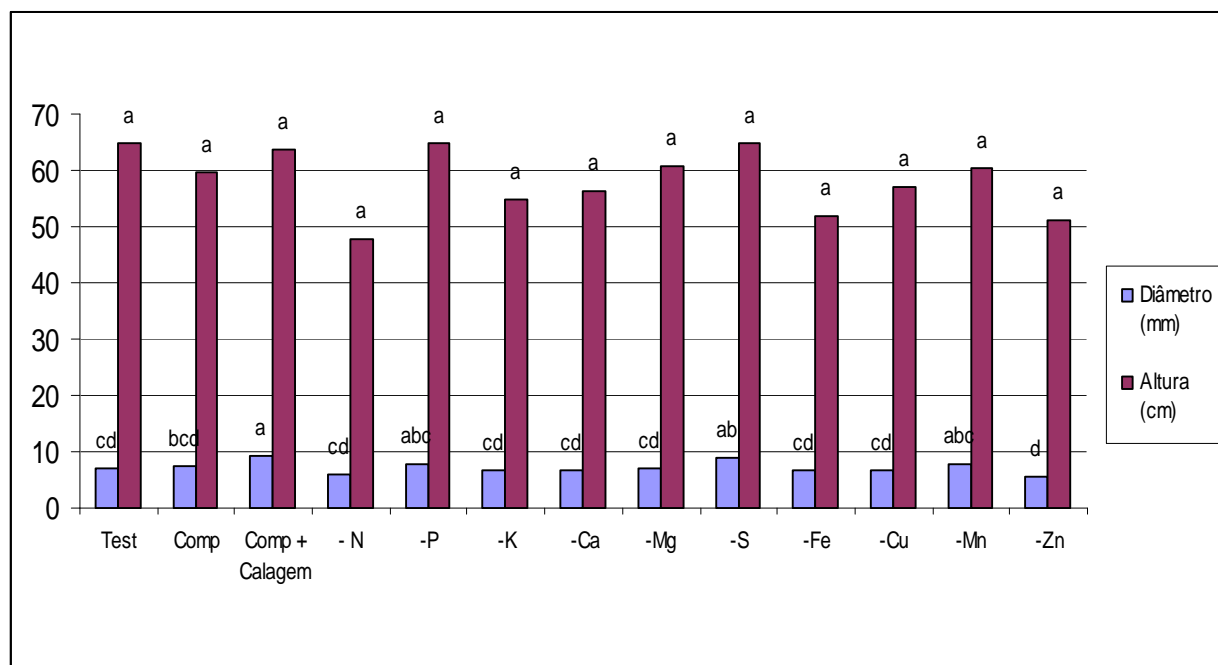


FIGURA 17- Médias da altura (cm) e diâmetro (mm) de mudas de copaíba em Latossolo Amarelo, sob omissão de nutrientes.

A calagem, sem diferir do tratamento com omissão de Mn, proporcionou o maior aumento em diâmetro nas plantas de copaíba. O cálcio adicionado na calagem tem grande importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois se encontra envolvido em processos como fotossíntese, divisão celular, movimentos citoplasmáticos e aumento do volume celular (MALAVOLTA et al., 1997).

Segundo Silva et al. (2006), a calagem influenciou positivamente no aumento da altura, diâmetro de caule e produção de matéria seca em experimento conduzido com plantas de mogno.

A copaíba é uma espécie-clímax, que apresenta crescimento lento, o que significa que suas exigências nutricionais são baixas, bem como sua capacidade de absorção de nutrientes e resposta à fertilização (GONÇALVES et al. (2006 b).

Duboc (1994) em fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. relata que a produção de matéria seca da parte aérea mostrou ser característica mais importante para a avaliação das plantas de óleo copaíba, do que a altura ou o diâmetro, em função da existência de brotações laterais. A mesma pesquisa verificou que as omissões de N, P e o tratamento Testemunha mostraram-se limitantes, afetando o crescimento em altura das plantas. As demais omissões de nutrientes mostraram resultados não significativos em relação ao tratamento Completo. Vários trabalhos referentes à espécies florestais demonstram que a omissão do nitrogênio apresenta considerável redução no crescimento. Resultados encontrados por Simões e Couto (1973) para o pinheiro do paraná (*Araucaria angustifolia*), constataram que a omissão de N e de P trouxe um forte desequilíbrio nutricional, inibindo o crescimento em altura, diâmetro e peso da parte aérea. Braga et al. (1995) também relatam que os nutrientes mais limitantes para *Acacia mangium* foram o P, seguidos pelo N e pelo S.

A demanda por nutrientes difere entre as espécies e varia com a estação do ano e com o estágio de crescimento da planta (SIQUEIRA, 1995). Entretanto, de maneira geral, grandes quantidades de N são requeridas pelas plantas, principalmente na fase inicial de desenvolvimento. Assim, a restrição de N leva a uma redução de crescimento, pois esse nutriente, além de fazer parte da estrutura de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucléicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, pigmentos e produtos secundários, participa de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação

celular (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al, 1997), que interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento da planta.

#### 4.4 SINTOMATOLOGIA

Para alguns nutrientes não houve manifestação de deficiência característica da omissão dos mesmos; por outro lado, as mudas sobre o stress dos macronutrientes e zinco apresentaram, visivelmente, características de deficiência descritas a seguir.

##### 4.4.1 Nitrogênio

As mudas de copaíba apresentaram clorose generalizada das folhas mais velhas, já que o N é um elemento móvel quanto à redistribuição nas plantas, podendo ser retranslocado na forma de  $\text{NO}_3^-$  ou de aminoácidos e aminas (FURLANI, 2004). As folhas novas permaneceram com cor mais verde por período mais longo, por receberem o N solúvel das folhas mais velhas, redução do perfilhamento devido à inibição de gemas axilares, resultando em caules menos ramificados e senescência precoce das folhas. A relação da matéria seca da parte aérea/raiz foi baixa, já que na deficiência de nitrogênio predomina o crescimento radicular sobre o foliar (DECHEN et al., 2007)

O crescimento retardado e lento das espécies florestais com deficiência de nitrogênio pode ser explicado pelo papel desempenhado por esse elemento no metabolismo da planta, constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e ácidos nucléicos (TAIZ; ZEIGER, 2004)



FIGURA 18- Folhas de mudas de copaíba com deficiência de nitrogênio.

#### 4.4.2 Fósforo

A deficiência de fósforo nas plantas teve início nas folhas mais velhas, devido o nutriente se mover rapidamente dos tecidos mais velhos para os mais novos, apresentando coloração verde – azulada com pouco brilho e ângulo foliar mais estreito. Foi observado o desenvolvimento de manchas arroxeadas em todo o limbo, devido ao acúmulo de antocianina, o que é típico de falta de P.



FIGURA 19- Folhas de mudas de copaíba com deficiência de fósforo.

#### 4.4.3 Potássio

A deficiência de K ocasionou clorose e necrose das margens e pontas das folhas, inicialmente das mais velhas e diminuição da dominância apical.

Sendo o potássio ativador de numerosas enzimas, sua deficiência acarreta distúrbios em eventos metabólicos, como por exemplo, acumulação de compostos nitrogenados livres e solúveis. Estes compostos podem ser aminoácidos, como putrescina, N-carbamilputrescina e agmatina. Esta última, provavelmente, foi a responsável pelas manchas necróticas que apareceram nas folhas deficientes (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, CROCOMO,1982).

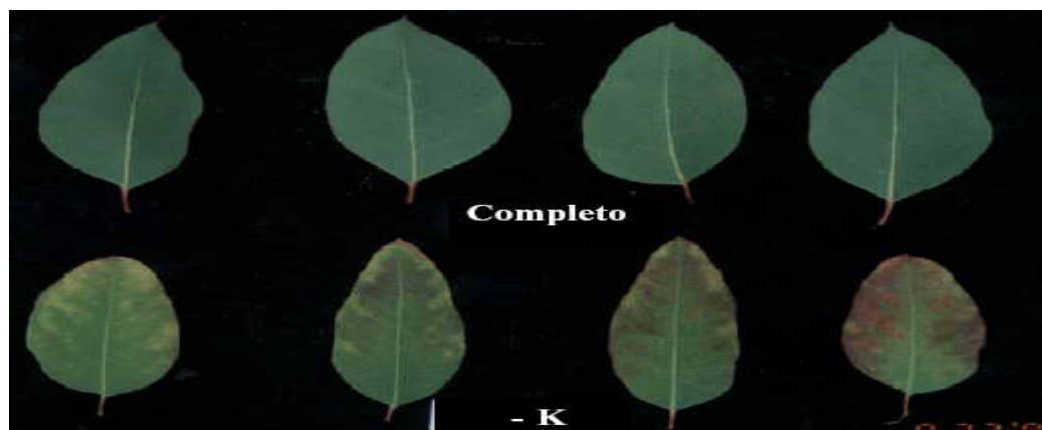


FIGURA 20- Folhas de mudas de copaíba com deficiência de potássio.

#### 4.4.4 Cálcio

As plantas deficientes de Ca apresentaram clorose internerval, seguida de necrose das folhas mais novas, com crescimento não uniforme e murchamento das mesmas e colapso do pecíolo. Foi constatada, ainda, morte das gemas terminais e gemas laterais dormentes, devido o cálcio não se retranslocar na planta

As plantas com deficiência de Ca apresentaram pequeno crescimento das raízes, seguido de coloração escura e em alguns casos, até a morte.



FIGURA 21- Folhas de mudas de copaíba com deficiência de cálcio.

#### 4.4.5 Magnésio

A deficiência de Mg ocasionou uma clorose internerval, seguida de necrose das folhas mais velhas, uma vez que este elemento é bastante móvel no xilema e no floema, e seu transporte e redistribuição ocorrem na forma iônica (FURLANI, 2004) Essa clorose é característica determinante dos efeitos da deficiência de Mg, pois esse elemento é parte da estrutura da clorofila, sua deficiência acarreta diminuição no pigmento, provocando clorose (TAIZ; ZEIGER, 2004)



FIGURA 22- Folhas de mudas de copaíba com deficiência de magnésio.

#### 4.4.6 Zinco

Na deficiência de Zn as folhas mais novas mostraram-se pequenas, estreitas e lanceoladas, com clorose internerval.

Possivelmente, a clorose que ocorreu nas folhas mais novas foi devido a distúrbios na formação de cloroplastos e degradação de clorofila em alta intensidade de luz, como consequência de grande formação e da inibição de radicais tóxicos de oxigênio (CAKMAK, MARSCHNER, 1988). Já a causa da redução do crescimento em expansão das folhas pode ser o envolvimento do zinco na síntese de proteínas e ácido indolacético (TAIZ; ZEIGER, 2004).

## 5 - CONCLUSÕES

1. O nitrogênio foi o nutriente mais limitante, seguido pelo ferro e zinco, para a produção de matéria seca de plantas jovens de copaíba cultivada em Latossolo Amarelo, textura média.
2. A seqüência de exigência nutricional da copaíba foi à seguinte:  $N > Mg > Cu > Fe > Zn > Ca > K$ .
3. A omissão de nutrientes não provocou efeito significativo no crescimento em altura das mudas de copaíba.
4. A calagem promoveu o maior crescimento em diâmetro do caule de mudas de copaíba.
5. O desenvolvimento das mudas de copaíba é satisfatório, quando aplicado ao solo adubação seguida de calagem para elevar a saturação de base a 60 %.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALENCAR, J. da C.; Estudos silviculturais de uma população natural de copaifeira multijulga HAYNE – LEGUMINOSAE , na Amazônia Central. 2 – Produção de óleo –resina. **Acta Amazonica**, v. 12, n. 1, p. 79-82. 1982

ANDRADE JR., M. A.; FERRAZ, I. D. K.; VEIGA JR., V. F.; Distribuição Geográfica de Copaifeira officinalis. IN: LI CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA DA SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL, 51.; 2000, Brasília. **Anais** ... Brasília: do LI Congresso Nacional de Botânica da Sociedade Botânica do Brasil, 2000. 152p..

ARRUDA, F. F. A.; **O Brasil Colonial**, São Paulo, 1980.

BAIMA, A.M.V. et al.de **Produção de óleo de copaíba na região de Tapajós**. Belém: Embrapa - CPATU, 1999, 3p. (Embrapa - CPATU. Comunicado Técnico, 103).

BARATA, L.E.S.; MENDONÇA, C. **Copaíba**: propriedades farmacológicas, etnofarmacologia, usos. Rio de Janeiro. GEF/Instituto Pró-Natura. 1997 (Relatório, 1)

BARBOSA, Z. et al. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracuodon urundeuva* Fr. All. Eng.) sob diferentes saturações por bases. I. Crescimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG, SBCS, UVF, 1995.v.2, p.806-808.

BARROSSO, D.G. et al. Diagnostico de deficiência de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, n.5 v.29, p. 671 - 679, 2005.

BASILE, A.C. Anti-inflammatory activity of Oleoresin from Brazilian Copaifeira. **Journal of Ethnopharmacology**.v.22,p 101 - 109, 1988.

BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R. Critérios alternativos para diagnose foliar. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1., 1986, Piracicaba-SP. **Anais...** Piracicaba-SP: Fundação Cargill, 1986. p.115-136.



BLOOM, A.J. Crop acquisition of ammonium and nitrate. In: BOOTE, K.J.; BENNETT, J.M.; SINCLAIR, T.R.; PAULSEN, G.M. (Ed.) **Physiology and determination of crop yield**. Madison: Crop Science Society of America, p. 303-309, 1994.

BRAGA, F. de A.; VALE, F.R. do; VENTURIN, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. de A. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, V.19, n.1, p.18-31, jan/mar. 1995.

CAKMAK, I.; MARSCH, H. Enhanced superoxid radical production in roots of zinc deficient plants. **Journarl of Experimental Botany**, Ottawa, v. 39, p. 1449- 1460, 1988.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de fertilidade de mudas florestais**, Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451 p.

CARNIEL, T.; LIMA, H.N., VALE, F.R. do; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; GOMES, R.J. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 24, Goiânia, 1993. **Resumos**, Goiânia: SBCS, p.209-210.

CARPANEZZI, A.A.; BRITO, J.O.; FERNANDES, P.; JARK FILHO, W. Teor de macro e micronutrientes em folhas de diferentes idades de algumas essências florestais nativas. IN: **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**. Piracicaba, 1976. v. 23, p. 225 - 232.

CARRARA JR., E.; MEIRELLES, H.; **A Indústria Química e o Desenvolvimento do Brasil - 1500-1889**; Metalivros: São Paulo, 1996, 115 p.

CARVALHO, J. B. M.; **O Norte e a indústria de óleos vegetais sob o aspecto técnico-econômico**; Ministério da Agricultura; Rio de Janeiro, 1942, p. 135.

CASTRO, A. F., MENEGHELLI, N. A. "As relações  $K^{+}/(Ca^{++} + Mg^{++})^{1/2}$  e  $K^{+}/(Ca^{++} + Mg^{++})$  no Solo e as Respostas à Adubação Potássica". **Pesq. Agrop. Bras.** v. 24, n. 6, p. 751 – 760, 1989.

CHAPIN III, F.S. The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology Systematics**, Palo Alto, v.11, p.233-260, 1980.

CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.

CURI, N.; FERREIRA, M.M.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.do. **Aspectos de solos aplicados a regeneração de matas ciliares e recuperação de áreas degradadas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 61p.

DALL'ORTO, F.A.C.; GARLIPP, R.C. D.; BRAUNER, J.L.; MIRANDA, M.T. de. Concentrações de alguns macro e micronutrientes em essências florestais do parque da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". IN: **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"** Piracicaba, 1976. v. 23, p. 233 - 242.

DECHEN, A. R; HAAG, H.P; CARMELLO, Q.A. C. de. Funções dos micronutrientes nas plantas In: SIMPOSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA; 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS/CNPQ, 1991. p. 65 – 78.

DECHEN, A.R. **Cálcio no desenvolvimento do tomateiro** (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) Piracicaba, 1980. 91p. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo. 1980

DELL, B.; MALAJCZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalyptus**. Canberra City: ACIAR, 1995. 100 p.

DESMARCHERLIER, C.; REPETTO, M.; COUSSIO, J.; LLESUY, S.; CICCIA, G. Total reactive antioxidant potencial (TRAP) and total antioxidant reactivity (TAR) of medicinal plants used in douthwest amazônia (Bolivia e Peru). **International Journal of Pharmacognosy**. v. 35, n. 4, p. 288 - 296, 1997.

DIAS, L.E.; ALVAREZ V.V.H.; BRIENZA JUNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium*: 1. Resposta a Calcário e Fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL

- BRASILEIRO, G., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. v. 3, p. 449-453.
- DIAS, L.E.; ALVAREZ-VENEGAS, V.H.; JUCKSCH, I.; BARROS, N.F. de; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel). I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.69-76, jan. 1991.
- DIAS, L.E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.de; BRIENZA JUNIOR, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.2, p.135-143, mai/ago. 1992.
- DRESCHER, P.; ZECH, W. Foliar nutrient levels of broad leaved tropical trees: a tabular review. **Plant and Soil**, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, v.131, p.29-46, 1991.
- DUBOC, E. **Enriquecimentos nutricionais de espécies florestais nativas: *Hymenaea courbaril*, *Copaifera langsdorffii* e *Peltophorum dubium***. 1994. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.
- DUBOC, E. et al. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf (Óleo copaíba). **Cerne**, v.2, n.2, p.31-47, 1996a.
- DUBOC, E. et al. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var *stilborcarpa* (Hayne) Lee et Lang). **Cerne**, v.2, n.1, p. 138-152, 1996b.
- DUBOC, E.; VENTORIN, N.; VALE, F.R. do; DAVIDE, A.C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var *stilborcarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **CERNE**, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 01-12, 1996.
- DWYER, J. D. The Central American, West Indian and South American species of *Copaifera* (Caesalpiniaceae). **Brittonia**, v. 7, n. 3, p. 143-172, 1951.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. 1979. 247p

EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral das Plantas: princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975, 341p.

FALESI, Í.C.; BAENA, A.R.C.; DUTRA, S. **Conseqüências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do Nordeste paraense**. Belém, EMBRAPA/CPATU. 1980. 49p. (EMBRAPA/CPATU. Boletim de Pesquisa, 14).

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL-FAEP, 1994. 227p.

FERNANDEZ, R.M.; PEREIRA, N.A.; PAULO, L.G. Anti-inflammatory activity of copaiba balsam (*Copaifera cearensis*, Huber). **Revista Brasileira de Farmácia**. v.73, n.3. 1992.

FERREIRA, J.E.F.. In: BRASIL, Herbicidas em Florestas. Piracicaba, IPEF/ESALQ/USP, 1977, p. 262-341 (Boletim Informativo nº 05).

FERREIRA, L.; BRAZ, E.M. **Avaliação do potencial de extração e comercialização do óleo resina de copaíba (*Copaifera spp.*)**. The New York Botanical Garden/Universidade Federal do Acre, 2001. 23 – 31.

FONSECA, E. T.; **Óleos vegetais brasileiros**; 2. ed., Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura:, 1927, 152p.

FOY, C.D. Manganese and plants. In: FOY, C.D. **Manganese**. Washington: National Academy of Sciences, 1973. p.51-76.

FRAZÃO, D. A. C. **Sintomatologia das carências de macronutrientes em casa de vegetação e recrutamento de nutrientes pelo freijó (*Cordia goeldiana* HUBER) aos 2, 3, 4 e 8 anos de idade implantado em Latossolo Amarelo distrófico, Belterra, Pará**. 1985. 194f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1985.

FURLANI, A.M.C. Nutrição Mineral. In: KERBAU, G.B(Ed.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan, 2004. 452p.

FURTINI NETO, A.E.; CAVACCHIOLI, F.; FERNANDES, L. A.; VALE, F.R. Crescimento, níveis críticos e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1191 - 1198, 2000.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.S.; CURTI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, cap.12, p.351-383.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F.R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas na fase de muda. **Cerne**, v.5, n. 2, p. 1-12, 1999.

GONÇALVES, J.L.de M.; KAGEYAMA, P.Y.; FREIXÊDAS, V.M.; GONÇALVES, J.C.; GERES, W.L.de A. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS 2, São Paulo, 1992. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.463-468.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. cap. 11, p.309-350.

GURGEL FILHO, O.da A.; MORAIS, J.L.; GURGEL GARRIDO, L.M.A. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais IV - Jatobá (*Hymenaea stilborcarpa* Hayne). **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.2, n.16A. p.957- 861, 1982.

HAAG, H.P.; MARTINEZ, H.E.P.; MORAES, M.L.T Micronutrientes em *Pinus caribaea* Morrelet. II. Níveis internos de cobre e boro sob suficiência e sob omissão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, p.419-430, 1991.

HAAG, H.P.; MEDEIROS, A.A. de; FRANÇA, A.F. de S. **Desnutrição de macronutrientes em plantas de algaroba**. IPEF, Piracicaba, n.32, p.53-55,1986.

HELL, R. Molecular physiology of plant sulfur metabolism. **Plant Physiology**, Rockville, v.202, p.138-148, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Comércio Exterior do Brasil: 1962 – 1996. Rio de Janeiro,

JANSEN, D.H, A terrestrial invertebrate community structure as an indicator of success of a tropical rainforest. **Restoration Ecology**, v.5, n.2,p.115-124, 1997.

KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**. Boca Raton: CRC Press. Inc., 1984.

KABATA-PENDIAS, A., **Trace elements in soils and plants**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press. 2001. 413p.

KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F. de A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, n.41/42, p.83-93, 1989.

KELLY, J.R., HARWELL, M.A. Indicators of ecosystem recovery. **Environ. Manage.** n.14, p. 527-545., 1990.

KOPRIVOVA, A.; SUTER, M.; OP DEN CAMP, R.; BRUNOLD, C.; KOPRIVA, S. Regulation of sulfate assimilation by nitrogen in Arabidopsis. **Plant Physiology**. Rockville, v.122, p.737-746, 2000

KRAY, C. H. **Seca x plantio direto com calagem**. SINDICALC, 2004.

KUPPER, A.; SACCHETTO, M.T.D.; RAIJ, B. van. Formas e níveis de manganês em alguns solos com e sem calagem. **Bragantia**, Campinas, v.27, n. 15, p. 15-17, 1968.

LANZA, T.C.L.; MOTA, P.E.F.da; LACERDA, M.P.C.; CARVALHO, J.G.de. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) afetado pela omissão de macronutrientes, em solução nutritiva. IN: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos**. Manaus: universidade do amazonas, 1996. p. 363-364.

LAUCHILI, A.; BIELESKI, R.L. Inorganic Plant Nutrition. Encyclopedia of **Plant Physiology**. Berlim: Springer-Verlag. 1983. v. 15a-15b, 870p. (New Series) .

LEITE, A. et al. **Recomenda Áyes para o manejo sustentável do Óleo de copaíba**. Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 2001. 38 p.

LEITE, A.M.C.; SALOMÃO, A.N. Estrutura populacional de regenerantes de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) em mata ciliar do Distrito Federal. **Acta Botanica Brasílica**, n. 6. p. 123-134. 1992.

LIMA, M.N. **Crescimento inicial de sete espécies arbóreas nativas em resposta à adubação com NPK a campo**. 1995. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

LIU, G.; LI, J.; LI, Z. Effect from horizontally diving the root system of wheat plants having different phosphorus efficiencies. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 12, p. 2535-2544, 1998.

LOUREIRO, A.A.; **Essências madeireiras da Amazônia**, Manaus, INPA/CNPq: 1979, v.1, 125 p.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n.57, p. 87-98, 2000.

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

- MALAVOLTA, E.; VIOLANTI NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Piracicaba: POTAFOS-Associação Brasileira para a Pesquisa da Avaliação da Potassa e do Fosfato, 1989. 153p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O.J. O potássio e a planta. In: SIMPOSIO SOBRE POTASSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina,. **Anais...**Piracicaba: Fundação IAPAR, 1982. p.95-162.
- MALINOVSKI, J. R. Método de poda radicular em *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. e seus efeitos sobre a qualidade de mudas em raiz nua. **Revista Floresta**, v.8, n.1, p.85-88, 1977.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M; CARVALHO, J. G; LACERDA, M. P. C; MOTA, P. E. F. Exigências Nutricionais do Paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 167-183, jul./dez. 2004.
- MARSCHNER, H. General Introduction to the Mineral Nutrition of Plants. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L (Ed.). **Encyclopedia of Plant Physiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. p 5-60. (New Series: Inorganic Plant Nutrition, 12).
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 647p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.
- MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P.; BRUCKNER, C.H. Macronutrientes em *Pinus caribaea* Morelet II. níveis internos sob suficiência e sob omissão. Piracicaba, **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, v.43, 1986. p.97-146.



MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; GALLO, P.B. Zinco nas folhas de soja em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v.47, n.1, p.137-142, 1988.

MATOH, T.; KOBAYASHI, M. Boro and Calcium, essential inorganic constituents of pectic polysaccharides in higher plant cell walls. **Journal of Plant Research**, Tokyo. V.111, p.179-190, 1998.

MENDONÇA, A.V.R.; NOGUEIRA, F.D.; VENTURINI, N.; SOUZA, J.S. Exigências nutricionais de *Myracrodium urundeuva* Fr. ALL. (aroeira do sertão). **Cerne**, Lavras, v.5, n.2, p.65-75, 1999.

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

MICHENER, W.K. Quantitatively evaluating restoration experiments: research design, statistical analysis, and data management considerations. **Restoration Ecology**, v.5, n.4, p.234-337, 1997.

MING, L.C. **Levantamento de plantas medicinais na Reserva Extrativista "Chico Mendes"**, Acre. 1995. Botucatu: UNESP. Tese (Doutorado em Ciência Biológicas – Botânica) *Ethnopharmacology*. v. 62, p. 1, p. 73-78, 1998.

MUNIZ, A.S.; SILVA, M.A.G. Exigências nutricionais de mudas de Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneurom*) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v.19, p.263-271, 1995.

OHSAKI, A.; YAN, L.T.; ITO, S.; EDATSAGI, H.; IWATA, D.; KOMODA, Y. The isolation and in vivo potent antitumor activity of clerodane diterpenoid from the oleoresin of the Brazilian medicinal plant, *Copaifera langsdorffii* Desf. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 4, n. 24, p. 2889-2892, 1994.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: 2. ed. Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola., 503p. 1991

PAIS, I. e JONES JUNIOR, J.B. **The handbook of trace elements**. Boca Raton, St. Luice Press, 1996. 223p.

PALMER, M. A. ; AMBROSE, R. F. & POFF, N. L. Ecological Theory and Community Restoration.: **Restoration Ecology**, v. 5, n. 4, p. 291-300, 1997.

PAIVA, L.A.; RAO, V.S.; GRANOSA, N.V.; SILVEIRA, E.R Gastroprotective effesct of *Copaifera langsdorffii* óleo-resin on experimental gastric ulcer models in rats. **Journal of ethnopharmacology**, v. 62, n.1, p. 73-78, 1998.

PEREIRA, E.G. **Micorrização e fósforo no solo na resposta de espécies arbóreas a nitrogênio mineral**. 1994. 65f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

PERROT, E.; **Matieres premieres usuelles de rezime végétal**; Paris : Masson & Cia, vol. 2, p. 1458. 1943.

PIMENTEL-GOMES, F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba : Potafos, 1984. 160p.

PIO CORRÊA, M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF,1931.p.370 - 375.

PLOWDEN, C. Production ecology of copaiba (*Copaifera* spp) Oleoresin in the Eastern brazilian Amazon. **Economic Botany**, v. 57, n. 4, p. 491-501, 2003.

RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e mineral dos solos. **BRAGANTINA**, Campinas, v. 28, n. 8, p. 85 – 112, 1969.

RAIJ, B. VAN. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Potafós, 1981. 142p.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato/Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B. VAN.; QUAGGIO, J.A. 1984. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. *In.*: Espinoza, W.; Oliveira, A.J. de (Eds). **Anais do Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira**. Brasília, EMBRAPA - DEP. 641p.

RENÓ, N. B. **Requerimentos nutricionais e resposta ao fósforo e fungo micorrízico de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro**. 1994. 62 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1994.

RENÓ, N.B.; VALE, F.R.do; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais nativas. *In.*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 24, Goiânia, 1993. **Resumos**, Goiânia: SBCS, p.211-212.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C. **Copaíba: estrutura populacional, produção e qualidade do óleo-resina em populações nativas do sudoeste da Amazônia**. 2004. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Acre. Rio Branco, AC, 2004.

SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, I. Sintomas visuais de deficiência de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.9, p. 1655-1662, 1999.

SARCINELLI, T.S.;RIBEIRO, Junior. E.S.; DIAS. L.E.; LYNCH, L.S. Sintomas de deficiência nutricional em mudas de *Acacia holosericea* em resposta à omissão de macronutrientes. **Revista Árvore**. Viçosa. Mg. v.28. n.2. p. 173-181. 2004.

SHANLEY, P.;CYMERIS,M.;GALVÃO,J. **Frutíferas da mata na vida amazônica**. Belém:[s. n], 1998. p , 91-98.

SILVA, G.R.; LIMA JÚNIOR, E.C.; VIÉGAS, I.J.M.; SILVA JÚNIOR,M.L. Crescimento do mogno (*Swietenia macrophylla* King). Em função da calagem. *In.*: FERTBIO 2006, bonito (MS), 2006 **Anais...** Bonito (MS): SBCS, 206.CD ROM.

SILVA, Sérgio Brazão e. **Análise química de solos**. Belém: FCAP, 1991. 41p. (FCAP, Informe Didático, 11).

SILVA, A. R. M. da; TUCCI, C. A. F.; LIMA, A. F. F.; FIGUEIREDO, A. F. Doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, Manaus, v.3, n. 2, p.195-200, 2007.

SILVEIRA, R.L.V.A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Ceres**, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SIMÕES, J.W.; COUTO, H.T.Z.do. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze cultivado em vaso. Piracicaba, **IPEF**, n.7, p. 1-123, 1973.

SIQUEIRA, J.O. et al. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de mata ciliar**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA, 1995. 28 p.

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G. Adubação Mineral do Ipê – Roxo (*Tabebuia impetiginosa*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 261- 270, 2006.

TAIZ, L.; ZIEGER. E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre. Artmed. 2004. 719p.

VEIGA JUNIOR, F.; PINTO, A.C.O. O Gênero *Copaifera* L. **Química Nova**. v. 25, n. 2, p. 273 - 286. 2002.

VELOSO, C.A.A.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J.G. de . Deficiência de micronutrientes em pimenta-do-reino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.11, p. 1883-1888, 1998.

VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F.R.do; DAVIDE, A.C. Adubação mineral do angico amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.441-448, mar. 1999.

VENTURIN, N.; SOUZA, P. A. de; MACEDO, R.L.G de; NOGUEIRA, F.D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* ( DC) McLeish). **Floresta**, Curitiba, v.35, n.2, p. 211-219, 2005.

WELCH, R.M. Importance of seed mineral nutrient reserves in crop growth and development. In: RENGEL, Z. (Ed.). **Mineral nutrition of crops: Fundamental mechanisms and implications**. New York: Food Products Press, 1999. p.205-226.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)