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

DILSON AUGUSTO CAPUCHO FRAZÃO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de
Concentração: Solos e Nutrição de
Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Março - 1985

A meu prezado tio e
amigo Humberto Frazão por tudo que
representou na minha formação, pela
experiência e conselhos transmitidos, e
principalmente pela saudade deixada,
minha

HOMENAGEM (in memoriam)

A meus pais,
com admiração, respeito e orgulho.

A minhas irmãs,
com gratidão e carinho.

A minha esposa e filhos,
pelo amor, dedicação, compreensão
e incentivos constantes.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ronaldo Ivan Silveira, pela orientação, estímulo e amizade, importantes na execução deste trabalho.

Aos Drs. Antonio Paulo Mendes Galvão e Carlos Alberto Ferreira pelo incentivo, apoio e consideração.

Ao Prof. Dr. Walter de Paula Lima pelas facilidades concedidas na análise química de plantas.

Ao Dr. Ubaldino Dantas Machado pela consideração, amizade e ajuda na produção do material fotográfico.

Aos Profs. Drs. José Renato Sarruge, Henrique Paulo Haag e Antonio Augusto Lucchesi pela colaboração e sugestões.

Aos colegas Lourival Ferreira Cavalcante, José Holanda Campelo Júnior, Rui de Amorim Carvalho, Moacyr Bernardino Dias Filho, Noemi Vianna Martins Leão e Jorge Alberto Gazel Yared pela colaboração prestada e aos demais colegas do Curso de Pós - Graduação pelo convívio e amizade.

As Bibliotecárias Rosa Edite Pedreira e Marialice Metzker Poggiani pela valiosa ajuda e atenção dispensada.

Aos funcionários Luiz Carlos Veríssimo, Mário Benedito Ludovico e Izabel Cristina Gava da ESALQ, Magali Aparecida de Oliveira do IPEF, Cleusa Cabral Pereira do CENA, Paulo Cêzar Modesto de Barros, Ruth Rendeiro Palheta e Maria José Rodrigues dos Santos do CPATU/EMBRAPA, pela colaboração prestada.

Aos funcionários do Campo Experimental de Belterra (CPATU/EMBRAPA) pela colaboração na coleta do material vegetal no campo.

À minha esposa Ana Izabel, pelo estímulo espiritual, incentivo e compreensão em todos os momentos.

À família Ignatti pela amizade sincera, acolhida e momentos inesquecíveis vividos durante a realização do Curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e em especial ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU pela oportunidade de aperfeiçoamento.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, pelas facilidades concedidas.

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

o autor reconhecidamente agradece.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	xvii
SUMMARY	xxii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Considerações sobre a espécie	5
2.2. Exigências nutricionais	10
2.2.1. Concentração de nutrientes	11
2.2.2. Extração de nutrientes	33
2.2.3. Sintomas de deficiências nutricionais .	41
3. MATERIAL E MÉTODOS	56
3.1. Experimento em casa de vegetação	56
3.1.1. Formação das mudas	56
3.1.2. Observações, colheita e preparo para análise	60
3.1.3. Análises químicas	61
3.1.4. Planejamento experimental e análi- ses estatísticas	62
3.2. Experimento em campo	62
3.2.1. Localização e caracterização da área	63
3.2.2. Seleção do material e coleta das <u>amo</u> <u>stras</u>	69
3.2.3. Análises químicas	70
3.2.4. Planejamento experimental e análises estatísticas	70
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4.1. Experimento em casa de vegetação	72

	Página
4.1.1. Sintomas de deficiência	72
4.1.2. Desenvolvimento das plantas	85
4.1.3. Concentração de nutrientes	89
4.1.4. Níveis de nutrientes	110
4.2. Experimento em campo	113
4.2.1. Desenvolvimento das plantas	113
4.2.2. Macronutrientes	117
4.2.3. Micronutrientes	144
4.2.4. Concentração e quantidades de nutri- entes acumuladas nas diversas partes e na planta inteira em função das ida des	164
4.2.5. Exportação de nutrientes	174
5. CONCLUSÕES	176
6. LITERATURA CITADA	179

LISTA DE TABELAS

Tabela nº	Página
01. Composição química das soluções nutritivas (ml/l) utilizadas no experimento	59
02. Médias mensais e anuais para precipitação pluvial (PP), temperatura mínima (T _m), temperatura média compensada ($\bar{T}$), temperatura máxima (T _M), umidade relativa do ar (UR) e insolação (INS) para as condições do Campo Experimental de Belterra, município de Santarém - Estado do Pará (Período 1974/83).	65
03. Resultados das análises química e granulométrica de um perfil representativo da área experimental (Laboratório de Solos do CPATU/EMBRAPA).....	66
04. Resultados das análises químicas do solo (20 cm) em amostras coletadas em áreas de populações com diferentes idades	67
05. Resultados da análise da composição textural (%) do solo (20 cm) em amostras coletadas em áreas de populações com diferentes idades	68
06. Peso da matéria seca (g/planta) total e das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).....	87
07. Teor percentual de nitrogênio contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).....	90

08. Teor percentual de fósforo contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições)	93
09. Teor percentual de potássio contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e o resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).....	94
10. Teor percentual de cálcio contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).....	97
11. Teor percentual de magnésio contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).....	99
12. Teor percentual de enxofre contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).....	101
13. Teor em ppm de boro contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).....	103

Tabela nº	Página
14. Teor em ppm de cobre contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições)....	106
15. Teor em ppm de ferro contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições)....	107
16. Teor em ppm de manganês contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições)	109
17. Teor em ppm de zinco contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições)....	111
18. Teores médios de macronutrientes contidos nas diversas partes da planta em função dos tratamentos completo e com omissão de nutrientes	112
19. Teores médios de micronutrientes contidos nas diversas partes da planta relativo ao tratamento completo.....	112
20. Altura das plantas (m) e diâmetro (DAP) do caule (cm), em função das idades (Média de 5 repetições)	114
21. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), para altura média das plantas (m) e diâmetro (DAP) médio do caule (cm), em função das idades (meses).....	114

Tabela nº

Página

22. Peso da matéria seca (g/planta) acumulada nas diversas partes e na planta inteira em função das idades (Média de 5 repetições).....	116
23. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de matéria seca (g/planta), acumuladas nas diversas partes e na planta inteira em função das idades.....	116
24. Teor percentual de nitrogênio (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	118
25. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de nitrogênio ($\% = y$) nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).....	118
26. Quantidades de nitrogênio (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	120
27. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de nitrogênio ($g = y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses=x)....	120
28. Teor percentual de fósforo (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	122
29. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de máximo (PM) do teor percentual de fósforo ($\% = x$) nas diversas partes da planta em função das idades (meses=x).....	122

Tabela nº

Página

30. Quantidades de fósforo (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	125
31. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) da quantidade de fósforo ($g=y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	125
32. Teor percentual de potássio (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	127
33. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de máximo (PM), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de potássio ($\%=y$) nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	127
34. Quantidades de potássio (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	129
35. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo (PM) e pontos de mínimo (Pm) das quantidades de potássio ($g=y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	129
36. Teor percentual de cálcio (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta, em função das idades (Média de 5 repetições).....	131

Tabela nº

Página

37. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de cálcio ($\% = y$) nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	131
38. Quantidade de cálcio (g) acumulada nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	134
39. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de cálcio ($g = y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	134
40. Teor percentual de magnésio ($\%$) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	136
41. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de magnésio ($\% = y$) nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	136
42. Quantidades de magnésio (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	138
43. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de magnésio ($g = y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	138

Tabela nº

Página

44. Teor percentual de enxofre (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	140
45. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de enxofre ($\% = y$) nas diversas partes das plantas em função das idades (meses= x).....	140
46. Quantidades de enxofre (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	143
47. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de enxofre ($g = y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	143
48. Teor em ppm de boro contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	145
49. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor em ppm de boro ($ppm = y$) nas diversas partes da planta, em função das idades (meses= x).....	145
50. Quantidades de boro (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	147
51. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de boro ($mg = y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).....	147

Tabela nº

Página

52. Teor em ppm de cobre contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Médias de 5 repetições).....	149
53. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor em ppm de cobre (ppm=y) nas diversas partes da planta, em função das idades (meses=x).....	149
54. Quantidades de cobre (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	151
55. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de cobre (mg=y) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses=x).....	151
56. Teor em ppm de ferro contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	153
57. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor em ppm de ferro (ppm=y) nas diversas partes da planta em função das idades (meses=x).....	153
58. Quantidades de ferro (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	155
59. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de ferro (mg=y) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses=x).....	155

Tabela nº

Página

60. Teor em ppm de manganês contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	157
61. Quantidades de manganês (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	159
62. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de manganês ($mg=y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x)...	159
63. Teor em ppm de zinco contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	161
64. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor em ppm de zinco ($ppm=y$) contidos nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x)...	161
65. Quantidades de zinco (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).....	163
66. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de zinco ($mg=y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x)...	163
67. Concentração dos macro e micronutrientes nas diversas partes da planta de <i>Cordia goeldiana</i> em função das idades	165

Tabela nº	Página
68. Dados comparativos de nutrientes em folhas e/ou acículas de diversas espécies florestais e <i>Cordia goeldiana</i>	167
69. Distribuição e quantidades de nutrientes acumuladas pelas diversas partes da planta de <i>Cordia goeldiana</i> em função das idades..	170
70. Dados comparativos das quantidades de nutrientes acumuladas pelas diversas espécies em função das idades.....	172
71. Quantidades de nutrientes e percentagem de exportação pelo caule de <i>Cordia goeldiana</i> aos 96 meses de idade.....	175

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

Autor: DILSON AUGUSTO CAPUCHO FRAZÃO

Orientador: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

RESUMO

No presente trabalho, estudou-se alguns aspectos da nutrição mineral do "freijó" (*Cordia goeldiana*, Huber) através de dois experimentos, sendo um em casa de vegetação e outro em campo, com os seguintes objetivos: obtenção de sintomas de deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre; avaliação do desenvolvimento inicial das plantas pela análise da produção de matéria seca; determinar a concentração dos macronutrientes nas folhas superiores, folhas inferiores, ramos, caule e raízes das plantas cultivadas na ausência desses nutrientes; verificar o efeito da omissão do nutriente no aumento ou diminuição da concentração do mesmo ou dos outros nas diversas partes da planta; verificar a distribuição da matéria seca total nas plantas com 24, 36, 48 e 96 meses de idade; determinar a concentração dos macronutrientes nas diferentes partes da planta em função da idade; determinar o acúmulo dos macronutrientes nas plantas em função de idade e verificar a exportação dos macro e micro

nutrientes pelo caule das plantas com 96 meses de idade.

No experimento de casa de vegetação, plantas de freijão foram cultivadas em substrato de sílica e irrigadas com soluções nutritivas, sendo os tratamentos: completo, omissão de nitrogênio, omissão de fósforo, omissão de potássio, omissão de cálcio, omissão de magnésio e omissão de enxofre. Acompanhou-se o desenvolvimento dos sintomas e uma vez evidenciados, realizou-se a coleta das plantas e a separação em folhas superiores, folhas inferiores, ramos, caule e raiz e analisou-se as diversas partes para os nutrientes.

No experimento de campo foram coletadas plantas de freijão com 24, 36, 48 e 96 meses de idade em populações instaladas em solo do tipo Latossolo Amarelo distrófico textura muito argilosa no Campo Experimental de Belterra, município de Santarém, Estado do Pará. Após a coleta das plantas, foram retiradas amostras de folhas, ramos e caule (base, meio e ponta) para análise dos nutrientes.

Através da análise estatística e interpretação dos resultados de acordo com a metodologia empregada obteve-se as seguintes conclusões:

- A produção de matéria seca total das plantas foi afetada em todos os tratamentos com omissão de nutrientes, obedecendo a seguinte ordem decrescente: nitrogênio, fósforo, cálcio, potássio, enxofre e magnésio.

- Os sintomas visuais de deficiência de nitro-

gênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre apresentaram-se de uma maneira geral bem definidos e de fácil caracterização.

- As plantas apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos elementos mostraram valores iguais e abaixo de: **Nas folhas superiores** - 1,03% de N; 0,08% de P; 0,33% de K; 0,95% de Ca; 0,34% de Mg e 0,09% de S. **Nas folhas inferiores** - 0,88% de N; 0,04% de P; 0,07% de K; 1,66% de Ca; 0,26% de Mg e 0,10% de S. **Nos ramos** - 0,66% de N; 0,13% de P; 0,36% de K; 0,42% de Ca; 0,12% de Mg e 0,06% de S. **No caule** - 0,53% de N; 0,07% de P; 0,40% de K; 0,32% de Ca; 0,09% de Mg e 0,04% de S. **Nas raízes** - 0,94% de N; 0,10% de P; 0,32% de K; 0,43% de Ca; 0,25% de Mg e 0,08% de S.

- Os efeitos da omissão de um nutriente aumentando ou diminuindo a concentração do mesmo e dos outros nos órgãos foram os seguintes:

Nutr. Def.		Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
N	aumenta diminui	- N,S	P,Fe N,Mg,S	- N,Ca	P,K,B,Mn N,Ca	P,B N,Ca
P	aumenta diminui	- P	- P	K P,N	K P,N	K P,N
K	aumenta diminui	S,Mn K	- K,B	Mg K,B	P,Mg,Mn K,N	P,Ca,Mg,B K
Ca	aumenta diminui	K,S,Fe,Mn Ca	K,Fe Ca	K,Fe,Mn Ca	P,Mg,K,S,Fe,Mn Ca,N,B	P,Mg,K,S,B,Fe,Mn Ca
Mg	aumenta diminui	K,S,Mn Mg	K,Mn Mg,B	K Mg,Ca,B	P,K,Mn Mg,B	P,K,Mn Mg
S	aumenta diminui	K S	K S,B,Cu	K S,B	K S,B,Cu	K S,N,Cu

- A *Cordia goeldiana* é uma espécie exigente em nutrientes.

- A distribuição da matéria seca total, nas quatro idades estudadas (24, 36, 48 e 96 meses), obedece a seguinte ordem decrescente: caule (base, meio e ponta) ramos e folhas.

- Nas plantas as maiores concentrações de nutrientes ocorrem nas folhas, exceto para zinco que mostra teores mais elevados nos ramos.

- A concentração dos nutrientes nas partes da planta difere de modo a evidenciar a translocação dos mesmos no interior do vegetal.

- A ordem relativa das concentrações de nutrientes decresce de acordo com a seqüência N, K, Ca, Mg, S, P, Fe, B, Mn, Cu, Zn nas folhas; N, Ca, K, Mg, P, S, Fe, Zn, B, Cu, Mn nos ramos; N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Mn, Zn, B, Cu na ponta e meio do caule e N, Ca, K, Mg, S, P, Fe, Mn, Zn, Cu na base do caule.

- A quantidade (gramas) dos nutrientes analisados por quilograma de matéria seca decresce em relação à idade das plantas. Esta relação é de 31,7 g de nutrientes aos 24 meses de idade e 19,4 g aos 96 meses de idade.

- Considerando a idade de maior acúmulo (96 meses) o nitrogênio foi o macronutriente mais extraído seguido em ordem decrescente do cálcio, potássio, magnésio, enxofre e fósforo. Quanto aos micronutrientes, o elemento extraído em maior quantidade foi o ferro seguido do zinco, manganês, cobre e boro.

- Aos 96 meses de idade o magnésio é o nutriente que apresenta maior porcentagem de exportação pelo caule, vindo a seguir em ordem decrescente manganês, cálcio, potássio, ferro, cobre, zinco, fósforo, nitrogênio, boro e enxofre.

SINTOMATOLOGY OF MACRONUTRIENTS DEFICIENCY ON GREENHOUSE AND NUTRIENT
ABSORPTION BY FREIJÓ (*Cordia goeldiana*, Huber) ON 2, 3, 4 AND 8 YEARS
OF AGE ESTABLISHED ON DISTROPHIC YELLOW LATOSOL, BELTERRA, PARÁ

Author: DILSON AUGUSTO CAPUCHO FRAZÃO

Adviser: Prof. Dr. RONALDO IVAN SILVEIRA

SUMMARY

Some aspects of mineral nutrition of "freijó" (*Cordia goeldiana*, Huber) were studied in two experiments, one in greenhouse and the other on the field, with the following objectives: to find deficiency symptoms of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulphur; to evaluate the plants initial development by means of dry matter production analysis; to determine macronutrients concentration on upper and lower leaves, branches, stem and roots of plants grown in the absence of these nutrients; to observe the effect of nutrient omission on the concentration increase or decrease of the same or the others on the various plant parts; to observe the total dry matter distribution on plants with 24, 36, 48 and 96 months of age; to determine the macronutrients concentration on different plant parts according to age; to determine the macro and micronutrients accumulation on plants according to age and to examine the macro and micronutrients exportation by the stem of 96-months- old plants.

On the greenhouse experiment freijo plants were cultivated in pots containing pure quartz and irrigated with nutrient solution, with the following treatments: full solution, omission of nitrogen, omission of phosphorus, omission of potassium, omission of calcium, omission of magnesium and omission of sulphur. The development of deficiency symptoms were followed, and once identified, the collection of plants and posterior separation in upper leaves, lower leaves, branches, stem and root were made, the various plant parts were analysed.

On the field experiment, 24, 36, 48 and 96 months old freijo plants were collected from populations settled on very clayey dystrophic Yellow Latosol at Belterra Research Station, county of Santarém, State of Pará. After the plant collection, samples of leaves, branches and stem (base, center and top) were sampled for nutrient analysis.

Though statistical analysis and interpretation of the results, according to the used methodology, the following conclusions were made:

- The total dry matter production of plants was affected in all treatments with nutrient omission according to the following decreasing order: nitrogen, phosphorus, calcium, potassium, sulphur and magnesium.

- The visual deficiency symptoms of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulphur were generally well defined and easily characterized.

- The plants showed deficiency symptoms when the nutrient levels had values equal and lower than: **Upper leaves** - 1.03% of N; 0.08% of P; 0.33% of K; 0.95% of Ca; 0.34% of Mg and 0.09% of S. **Lower leaves** - 0.88% of N; 0.04% of P; 0.07% of K; 1.66% of Ca; 0.26% of Mg and 0.10% of S. **Branches** - 0.66% of N; 0.13% of P; 0.36% of K; 0.42% of Ca; 0.12% of Mg and 0.06% of S. **Stem** - 0.53% of N; 0.07% of P; 0.40% of K; 0.32% of Ca; 0.09% of Mg and 0.04% of S. **Roots** - 0.94% of N; 0.10% of P; 0.32% of K; 0.43% of Ca; 0.25% of Mg and 0.08% of S.

- The omission effects of a nutrient increasing or decreasing its own or the other concentration on the organs were as follows:

Nutr. Def.		Roots	Stem	Branches	Lower leaves	Upper leaves
N	increases	-	P, Fe	-	P, K, B, Mn	P, B
	decreases	N, S	N, Mg, S	N, Ca	N, Ca	N, Ca
P	increases	-	-	K	K	K
	decreases	P	P	P, N	P, N	P, N
K	increases	S, Mn	-	Mg	P, Mg, Mn	P, Ca, Mg, B
	decreases	K	K, B	K, B	K, N	K
Ca	increases	K, S, Fe, Mn	K, Fe	K, Fe, Mn	P, Mg, K, S, Fe, Mn	P, Mg, K, S, B, Fe, Mn
	decreases	Ca	Ca	Ca	Ca, B, N	Ca
Mg	increases	K, S, Mn	K, Mn	K	P, K, Mn	P, K, Mn
	decreases	Mg	Mg, B	Mg, Ca, B	Mg, B	Mg
S	increases	K	K	K	K	K
	decreases	S	S, B, Cu	S, B	S, B, Cu	S, N, Cu

- *Cordia goeldiana* is a species demanding of nutrients.

- The total dry matter distribution, in the four studied ages (24, 36, 48 and 96 months of age) obey the following decreasing order: stem (base, center and top), branches and leaves.

- The highest nutrient concentrations occurred on leaves, except for zinc that showed higher levels on the branches.

- The nutrient concentration on the plant parts differs so as to make evident their flow inside the plant.

- The relative order of the nutrient concentration decreases according to the following sequence: N, K, Ca, Mg, S, P, Fe, B, Mn, Cu, Zn on the leaves; N, Ca, K, Mg, P, S, Fe, Zn, B, Cu, Mn on the branches; N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Mn, Zn, B, Cu on the top and center of the stem and N, Ca, K, Mg, S, P, Fe, Mn, Zn, Cu on the stem base.

- The amount (grams) of analyzed nutrients per kilogram of dry matter decreases according to plant age. This relation is of 31,7 g of nutrients at 24 months of age and 19,4 g at 96 months of age.

- Considering the age of higher accumulation (96 months) nitrogen was the most extracted macronutrient followed in decreasing order by calcium, potassium, magnesium, sulphur and phosphorus. For the micronutrients the most extracted nutrient was the iron followed by zinc, manganese, copper and boron.

- At 96 monthes of age magnesium is the nutrient with the greatest exportation percentage by the stem, followed in a decreasing order, by manganese, calcium, potassium, iron, copper, zinc, phosphorus, nitrogen, borum and sulphur.

1. INTRODUÇÃO

Fazendo-se uma análise da contribuição do setor florestal no desenvolvimento da economia brasileira, pode-se concluir facilmente que ela tem sido da maior importância, uma vez que a participação da madeira e de seus produtos industrializados no total das exportações duplicou em menos de uma década, gerando uma receita em 1983, em torno de 900 milhões de dólares, com a exportação de produtos florestais (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL, 1984a).

Em face do crescimento acelerado das exportações, bem como do parque industrial brasileiro utilizando matéria-prima de origem florestal, fica evidenciado a necessidade de se examinar e aprimorar a metodologia de trabalho que vem sendo empregada na área da Silvicultura Nacional, considerando que possuímos um dos maiores programas de reflorestamento do mundo e que precisa ser ampliado e conduzido de forma que o

aumento da produtividade florestal por unidade de área seja progressivo.

Ao lado das preocupações, de maiores cuidados com o material genético a ser utilizado, preparo de solo, manejo, exploração e proteção florestal observa-se atualmente uma carência muito grande na área de pesquisa em nutrição e fertilização florestal. Entretanto, um dos problemas mais sérios, é a falta de informações básicas sobre a nutrição das espécies encontradas nas diferentes regiões ecológicas do país, uma vez que esses dados são indispensáveis para o estabelecimento de hipótese de trabalho, visando também a interpretações de resultados de difícil explicação.

Pelo exposto, considerando que a grande totalidade das espécies florestais encontram-se em solos de baixa fertilidade, bem como os problemas de ordem nutricional que as espécies vêm apresentando, há necessidade de um maior número de trabalhos de pesquisa em nutrição mineral, pois assim procedendo-se estaremos adquirindo conhecimentos necessários para o uso racional de fertilizantes, aumentando conseqüentemente a produtividade das florestas de maneira a atender as necessidades dos mercados interno e externo.

Na atual conjuntura, a Amazônia Brasileira aparece como uma grande opção como fonte fornecedora de madeira e produtos florestais tropicais com seus 280 milhões de hectares e reservas madeireiras estimadas em 50 bilhões de metros cúbicos, sendo 16 bilhões de metros cúbicos comerciáveis

em virtude dos países tradicionalmente abastecedores do mercado mundial estarem diminuindo a produção, bem como em função da sua potencialidade e diversidade de espécies de grande valor comercial (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL, 1984b). Porém, sua exploração racional terá que ser apoiada na pesquisa, uma vez que os dados existentes são insuficientes para o estabelecimento de sistemas de manejo adequados à região objetivando uma produção sustentada, técnica e economicamente viável.

Entre as diversas espécies madeireiras de grande valor comercial da região amazônica, o "freijão" (*Cordia goeldiana*, Huber) tem merecido destaque especial em vista das suas características silviculturais e alcançado preços altamente competitivos nos mercados interno e externo, como espécie apropriada para a indústria de móveis, laminados, painéis, lambris e construções navais e aeronáuticas.

Pelo exposto, considerando a carência de trabalhos experimentais referentes à nutrição mineral do freijão e a necessidade fundamental de estudos básicos para o estabelecimento de um programa de pesquisa nesta área, desenvolveu-se dois experimentos, em casa de vegetação e no campo, com os seguintes objetivos:

- obtenção de sintomas de deficiências minerais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre;

- avaliação do desenvolvimento inicial das plantas através da análise da produção de matéria seca;
- determinar a concentração dos macronutrientes nas folhas superiores, folhas inferiores, ramos, caule e raízes das plantas cultivadas na ausência desses nutrientes;
- verificar o efeito da omissão do nutriente no aumento ou diminuição da concentração do mesmo e dos outros nas diversas partes da planta;
- verificar a distribuição da matéria seca total nas plantas com 24, 36, 48 e 96 meses de idade;
- determinar a concentração dos macro e micronutrientes nas diferentes partes da planta em função da idade;
- determinar o acúmulo dos macro e micronutrientes nas plantas, em função da idade;
- verificar a exportação dos macro e micronutrientes pelo caule de plantas com 96 meses de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações sobre a espécie

Cordia goeldiana, Huber (freijó) é uma das principais espécies madeiras da região amazônica, tendo sido citada por YARED *et alii* (1980) e CARPANEZZI e YARED (1981) como de grande potencial para plantios comerciais.

Na América as espécies mais importantes do gênero *Cordia* produtoras de madeira comercial são *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. principalmente na região Sul do Brasil e regiões fronteiras da Argentina e Paraguai; *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken explorada nas áreas tropicais a noroeste da Amazônia Brasileira e principalmente na América Central e a *Cordia goeldiana*, Huber na Amazônia Brasileira.

Segundo RODRIGUES (1982), a *Cordia goeldiana* é uma das espécies do gênero que alcança porte arbóreo com cerca de 30 m. de altura, porém CARPANEZZI e KANASHIRO (1982) informam que em cerca de 50 árvores selecionadas para coleta de semen-

tes na Floresta Nacional do Tapajós, foram encontradas plantas com alturas totais de 40 a 45 m e diâmetros (DAP) de 80 a 100 cm e que na maioria das vezes a relação entre maiores alturas e diâmetros maiores não ocorre junto numa mesma árvore.

Considerando o valor de sua madeira, o freijão vem sendo há vários anos uma das espécies mais visadas pela exploração seletiva, entretanto recentemente, trabalhos de pesquisa resultaram na sua indicação como uma das mais importantes espécies para regeneração artificial, face as suas características silviculturais.

Por outro lado, de acordo com CARPANEZZI *et alii* (1983), BRIENZA JUNIOR (1982a) e BRIENZA JUNIOR (1982c) o freijão pode adaptar-se a diversos métodos silviculturais, como "taungya"*, plantios em vegetação matricial (florestas exploradas e capoeiras) e, em caráter comprobatório, em plantios homogêneos a pleno sol, podendo servir a produtores de diferentes níveis econômicos, como pequenos proprietários e empresas reflorestadoras, as quais recentemente passaram a incluir a espécie em seus programas. Outro fato que deve ser

* "taungya" - técnica que busca reduzir o custo de formação de povoamentos florestais de rendimentos, mediante a associação temporária de cultivos de ciclo curto, durante os dois ou três anos iniciais do período de estabelecimento dos povoamentos (KING, 1968).

considerado segundo BRIENZA JUNIOR (1982b) é o grande potencial da espécie para combinações silvoagrícola e silvopastoril, onde a pesquisa já está testando estes sistemas na Amazônia. No caso de combinações silvoagrícolas com algumas espécies perenes, já existe um exemplo pioneiro no município de Tomé-Açu, Estado Pará, onde agricultores de origem japonesa utilizaram o freijó para sombreamento definitivo de cacau (*Theobroma cacao*, L.) que substituiu pimentais (*Piper nigrum* L.) decadentes atacados pelo fungo *Fusarium solani* var. *piperi*. Outros agricultores estabeleceram consorciações em pequena escala de freijó com café (*Coffea* spp.), com guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) e com cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Shum).

Não há informação quanto a longevidade do freijó, uma vez que ainda é especulativa a estimativa de uma idade de corte final em face de todos os plantios existentes serem jovens. Como indicação CARPANEZZI *et alii* (1983) mencionam que as medições de povoamentos de 6,5 anos em Belterra e 5,5 a 6,5 anos em Tomé-Açu, Estado do Pará, revelam incrementos médios anuais de diâmetro de 2 a 2,5 cm. Portanto, a continuar esses resultados espera-se que as árvores atinjam dimensões para serraria numa rotação de aproximadamente 25-30 anos.

Quanto as características silviculturais BRIENZA JUNIOR (1982b) relata que a espécie possui crescimento ini

cial rápido, árvores de boa forma, fuste reto, boa dominância apical e desrama natural.

A *Cordia goeldiana* é uma espécie que pertence a família Boraginaceae, cujo gênero possui cerca de 250 espécies tropicais e subtropicais. É conhecida vulgar e comercialmente como: "freijão", "freijão-cinza", "frei-Jorge", "frejão", "freijão verdadeiro" no Brasil (PIO CORREA, 1952; BRASIL/SUDAM, 1979; SILVA, 1977 e RIZZINI, 1971) e "brazilian walnut", "cordia wood" e "jenny wood" em outros países (PIO CORREA, 1952).

Atualmente a distribuição natural conhecida da espécie é limitada à Amazônia Brasileira, porém é provável que ocorra em outros países como Bolívia e Peru, em virtude de constatações no Acre e Rondônia, e Venezuela e Guiana em face da sua presença em regiões fronteiriças de acordo com levantamentos do Projeto RADAMBRASIL (CARPANEZZI e KANASHIRO, 1982). Em função dos conhecimentos atuais, os mesmos autores afirmam que o freijão ocorre em todos os Estados e Territórios da Amazônia Clássica, porém ainda não foi possível delimitar precisamente sua área de distribuição e conseqüentemente suas exigências edafo-climáticas em virtude da escassez de registros detalhados.

Na Amazônia Brasileira, o freijão já foi encontrado segundo a classificação de Köppen nas condições climáticas do tipo Afi que se caracteriza por chuvas relativamente abundantes durante todo o ano, e por uma precipitação plu-

viométrica superior a 60 mm nos meses mais secos; do tipo Amicujo regime de chuvas anual determina uma estação relativamente seca, entretanto, com total pluviométrico capaz de manter este período e finalmente o tipo Awi que se caracteriza por índice pluviométrico anual relativamente elevado, com estação seca bem definida.

Segundo CARPANEZZI (1980), no tocante a déficit hídrico, considerando o balanço de Thornthwaite & Mather (capacidade de retenção de água pelo solo = 300 mm), a espécie já foi vista em áreas com pequenos déficit hídricos como no caso de Belém-Pará (15 mm), moderados déficit como em Belterra-Pará (110 mm) e elevados déficit como se verifica em Altamira-Pará (241 mm). Os limites de precipitação em sua área de ocorrência estão entre 1.500 mm em Altamira-Pará e 2.500 mm em Belém-Pará, e em temperaturas médias anuais situam-se na faixa de 24°C a 28°C (CARPANEZZI e KANASHIRO, 1982). Com relação à altitude DOI *et alii* (1975) informam ter detectado a ocorrência do freijão entre 5 m em Belém-Pará e 600 a 1.000 m no complexo Guianense.

Quanto às condições edáficas CARPANEZZI *et alii* (1983) e CARPANEZZI e KANASHIRO (1982) mencionam que a espécie já foi encontrada em diversos tipos de solo como Latossolo Amarelo textura leve, Latossolo Amarelo textura muito argilosa e Terra Roxa Estruturada, porém pode ocorrer em outros solos face a sua ampla distribuição geográfica.

A *Cordia goeldiana* possui características que

lhe colocam em evidência entre as boas madeiras do Brasil e do mundo, substituindo nas construções até a madeira de teca (*Tectona grandis* L.) e segundo PIO CORREA (1952) e MAINIERI (1958) em certos casos, como na marcenaria de luxo, substitui perfeitamente o carvalho (*Quercus rubor* L.).

PIO CORREA (1952) e SLOOTEN *et alii* (1976) relatam que a madeira de freijão tem seu uso na construção de barcos e navios (para convês, acabamentos e ornamentação, assoalhamento), carpintaria e construção em geral, assoalhos (inclusive para serviço pesado), marcenaria (para painéis, lambris, móveis, caixilhos, persianas, escadas, remos, etc) e mobiliário fino. Possui boa aceitação na indústria tanoeira e na construção aeronáutica, nas envergadura dos aviões e nas hélices.

2.2. Exigências nutricionais

Uma das principais alternativas segundo BAULE (1975) para se obter um aumento de recursos florestais é sem dúvida o emprego de fertilizantes minerais, os quais poderão alterar os níveis de fertilidade do solo, de acordo com as exigências nutricionais da espécie arbórea a ser cultivada, adequando o solo à planta, entretanto para isso devem ser tam bém observadas outras técnicas de implantação e manejo.

A nutrição mineral é considerada por KRAMER e

KOSLOWSKI (1960) como um fator muito importante da fisiologia da árvore, porque o suprimento adequado de certos elementos minerais é essencial para o sucesso do seu crescimento. Por outro lado, segundo BALLONI (1984) a integração entre a experimentação, análise do solo e análise foliar, podem fornecer os subsídios para uma orientação segura das necessidades nutricionais das espécies florestais.

No Brasil, o conhecimento das exigências nutricionais das diversas espécies florestais é relativamente pequeno e na maioria das vezes limitado a algumas espécies em condições específicas de solo, uma vez que os primeiros experimentos sobre nutrição em florestas iniciaram por volta de 1960, através de trabalhos de BRASIL SOBRINHO *et alii* (1961), HAAG *et alii* (1961 a e b) MELLO *et alii* (1960) e MELLO *et alii* (1961). Atualmente, a pesquisa na área de nutrição florestal particularmente a análise de tecido para fins de diagnóstico de avaliação do estado nutricional, tem recebido um incentivo muito grande em face do uso de fertilizantes na área florestal.

2.2.1. Concentração de nutrientes

A concentração dos nutrientes nas diferentes partes da planta, segundo CURLIN (1970), obedece a seguinte ordem decrescente: folhas, ramos, lenho e raízes. Contu-

do, o autor considera que, em geral, a distribuição da fitomassa se processa em maior quantidade no lenho, seguido de raízes, ramos, casca e folhas.

Diversas são as causas que podem influenciar a concentração de nutrientes, entre elas a espécie, diferenças entre procedências, progênies e clones (FORREST e OVINGTON, 1971; BARTOS e JOHNSTON, 1978), idade (SWITZER e NELSON, 1972), fertilidade do solo (PRITCHETT, 1979), estação do ano (WHITACKER, 1975), umidade do solo (SHOULDERS, 1981) e densidade de plantio (SWITZER *et alii*, 1968) daí as diferenças verificadas nos trabalhos mencionados na presente revisão a seguir.

2.2.1.1. Experimentos em condições de casa de vegetação

Utilizando mudas de um ano de idade de *Pinus taeda* L. e *Pinus virginiana* Mill para estudos de nutrição mineral em substrato de areia com irrigação automática e diversas doses de nitrogênio e fósforo FOWELLS e KRAUSS (1959) verificaram após cinquenta semanas, que ambas as espécies apresentavam melhor crescimento quando o N era suprido de forma constante a doses de 25 e 100 ppm. As diferenças entre as respostas às doses de 25 ppm e entre 25 e 100 ppm, sendo muito pequenas permitiam levar à afirmação de que valores entre 25 e 100 ppm representavam bom nível de N. Um suprimento constante de 1 ppm de P_2O_5 revelou ser um nível adequado ao crescimento das duas espécies. A análise foliar mostrou que as concen-

trações de 1,7 a 2,3% de N e 0,14 a 0,16% de P nas folhas destas espécies, indica uma nutrição satisfatória para estes elementos.

SUCOFF (1961) trabalhou com *Pinus taeda* e *Pinus virginiana* em condições de vasos, com o objetivo de verificar sintomas de deficiência de K, Ca e Mg. Determinou que os sintomas de carência de K estavam associados a teores de 0,16 a 0,26% do elemento nas acículas. A concentração do Mg nas acículas das plantas deficientes variou de 0,006 a 0,08%, enquanto que para o Ca as concentrações eram menores de 0,033%.

Uma série de experimentos foram desenvolvidos no Instituto de Pesquisa Florestal de Rotorua em Nova Zelândia, visando o estabelecimento de métodos para a cultura de Eucalipto naquele país. Entre eles foi realizado um ensaio por WILL (1961a) o qual utilizou as espécies *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus botryoides* e *Eucalyptus saligna* em condições de viveiro e em solução nutritiva com a finalidade de verificar a concentração de N, P e K nas folhas dessas espécies na ausência e presença dos respectivos elementos, obtendo os seguintes resultados: *Eucalyptus pilularis* - 1,24 e 1,66% de N; 0,08 a 0,24% de P e 0,35 e 1,90% de K. *Eucalyptus botryoides* - 1,40 e 1,81% de N; 0,08 e 0,16% de P e 0,36 e 1,60% de K. *Eucalyptus saligna* - 1,70 e 1,90% de N; 0,09 e 0,22% de P e 0,37 e 1,90% de K. Concluiu que o *Eucalyptus saligna* apresentou uma maior concentração de N quando comparado com as outras

espécies estudadas, enquanto que para P e K as concentrações se equivaleram.

WILL (1961b), cultivando *Pinus radiata* D. Don em vaso observou que as quantidades de 100 ppm de N, 1 ppm de P, 10 ppm de K e 10 ppm de Mg na solução nutritiva, foram suficientes para manter bom crescimento das plantas. Concluiu através da análise química que os teores foliares de 1,6% de N, 0,1% de P, 1,1% de K e 0,11% de Mg indicaram suprimentos adequados de cada nutriente.

HAAG *et alii* (1961a) realizaram estudos sobre a alimentação mineral do *Eucalyptus alba* desenvolvendo ensaio em vasos com areia lavada e solução nutritiva com o objetivo de estudar os efeitos das deficiências de macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S no aspecto crescimento e composição química do *Eucalyptus alba* Reinw. Os resultados mostraram diferentes níveis do elemento nos tratamentos com omissão e completo nas diversas partes da planta: Folhas superiores - 0,84 e 1,73% de N; 0,09 e 0,12% de P; 0,70 e 1,13% de K; 0,16 e 0,30% de Ca; 0,21 e 0,52% de Mg e 0,16 e 0,26% de S. Folhas inferiores - 0,89 e 1,23% de N; 0,05 e 0,10% de P; 0,55 e 0,95% de K; 0,32 e 0,34% de Ca; 0,21 e 0,51% de Mg e 0,09 e 0,26% de S. Ramos - 0,61 e 0,67% de N; 0,05 e 0,22% de P; 0,40 e 0,84% de K; 0,38 e 0,62% de Ca; 0,11 e 0,36% de Mg e 0,16 e 0,19% de S. Caule - 0,50 e 0,56% de N; 0,04 e 0,13% de P; 0,20 e 0,75% de K; 0,14 e 0,24% de Ca; 0,14 e 0,27% de Mg, traços e 0,15% de S. Raiz - 0,56 e 0,61% de N; 0,05

e 0,18% de P; 0,25 e 0,55% de K; 0,08 e 0,22% de Ca; 0,13 e 0,28% de Mg e 0,04 e 0,18% de S. Os autores concluíram que comparando com os resultados analíticos obtidos no presente experimento com os provenientes de material cultivado em condições de campo (HAAG *et alii*, 1961b) os primeiros podem ser de utilidade para o reconhecimento de deficiências minerais nas plantações de Eucalipto.

Conduzindo trabalho experimental em vaso com solos deficientes em N, GONZALES ESPARCIA e GARCIA NUÑO (1964) estabeleceram correlação entre crescimento medido através do peso seco e concentração do elemento nas folhas e verificaram que a concentração crítica de N em *Eucalyptus globulus* é da ordem de 1,65% enquanto que em *Eucalyptus rostrata* é de 1,5%.

MALAVOLTA *et alii* (1964) estudaram o efeito do nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição química do *Pinus elliottii* Engelmenn cultivado em solução nutritiva, em vasos contendo substrato de sílica. Foram empregadas mudas de 1 ano de idade que se achavam repicadas em laminados com solo, provenientes do Horto Florestal de Tupi em Piracicaba-S.P.. O ensaio consistiu num fatorial com 3 níveis de N (25, 50 e 100 ppm), P (5, 10 e 20 ppm) e K (25, 50 e 100 ppm), sendo os outros nutrientes fornecidos em níveis constantes. Com base nos resultados obtidos os autores concluíram que os sintomas de deficiência do N, P e K apareceram primeiramente nas acículas velhas e são concordantes com os obtidos em outras espécies de *Pinus* L.; a análise química dos di

versos órgãos avalia o estado nutricional do Pinus e serve de confirmação ao diagnóstico visual; os resultados sugerem que o melhor tratamento no substrato consistiu em 100 ppm de N, 10 ppm de P e 50 ppm de K mais os outros macro e micronutrientes nos níveis estabelecidos; nas condições de ensaio o N proporcionou maior aumento no crescimento, traduzido pelo aumento em altura e peso da matéria seca, enquanto que o P e K tiveram efeito menor.

Com a finalidade de avaliar a composição química do Eucalipto (híbrido) na fase inicial de desenvolvimento e cultivado em solução nutritiva submetido a tratamentos com omissão de N, P, K, Ca, Mg e S e na presença de todos os nutrientes, KAUL *et alii* (1966) encontraram os seguintes resultados, respectivamente: 1,20 e 1,97% de N; 0,20 e 0,34% de P; 1,18% e 2,29% de K; 0,66 e 1,48% de Ca; 0,13 e 0,26% de Mg e 1,40 e 1,48% de S. Em 1968, KAUL *et alii* desenvolveram o mesmo tipo de ensaio, entretanto, utilizaram a espécie *Eucalyptus grandis* e obtiveram os seguintes teores: 1,15 e 2,38% de N; 0,08 e 0,21% de P; 0,40 e 0,80% de K; 0,56 e 0,84% de Ca; 0,12 e 0,29% de Mg e 0,17 e 0,33% de S, respectivamente.

Para verificar os efeitos da omissão de nutrientes na nutrição mineral do "pinheiro do Paraná", *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze., SIMÕES (1973) desenvolveu um experimento em condições de vasos, com substrato de sílica e em solução nutritiva por um período de dois anos. Os resultados mostraram níveis diferentes do elemento nos tratamentos

com ausência e completo nas partes das plantas estudadas: Parte aérea - 0,66 e 0,87% de N; 0,10 e 0,23% de P; 0,23 e 0,72% de K; 0,32 e 0,76% de Ca; 0,06 a 0,21% de Mg e 0,04 e 0,06% de S. Sistema radicular - 0,48 e 0,63% de N; 0,11 e 0,18% de P; 0,19 e 0,41% de K; 0,21 e 0,33% de Ca; 0,04 e 0,12 de Mg e 0,04 e 0,07% de S.

Após a análise dos resultados o autor concluiu que todos os tratamentos afetaram o crescimento das mudas exceção feita apenas ao tratamento com omissão de S; a omissão de N, além de limitar o crescimento das plantas e diâmetro do caule, provocou forte clorose nas folhas; a omissão de P, limitou também o crescimento e diâmetro do caule e provocou crescimento e morte das folhas e ramos; a omissão de N, P e Mg reduziram o crescimento das raízes; a omissão de K aumentou o teor de Ca nas partes aéreas da planta; a omissão de Ca resultou em absorção muito baixa de N (0,65%); a omissão de N induziu a um aumento relativo do nível de P (0,30%), K(1,18%) e Ca(0,85%); a omissão de Ca e de K aumentou sensivelmente o teor de Mg na parte aérea das plantas.

ROCHA FILHO *et alii* (1978b) cultivaram mudas de *Eucalyptus urophylla* em soluções nutritivas carente nos macro e micronutrientes com o objetivo de observar a influência da omissão e presença dos nutrientes sobre o crescimento e composição química das folhas superiores, medianas e inferiores, assim como do caule e raízes. Os resultados alcançados evidenciaram diferentes níveis do elemento nos tratamentos com omissão e presença nas diversas partes da planta, respectivamente:

Folhas superiores - 0,72 e 2,67% de N; 0,04 e 0,22% de P; 0,09 e 1,78% de K; 0,04 e 0,64% de Ca; 0,04 e 0,17% de Mg e 0,05 e 0,11% de S; 8,25 e 30,5 ppm de B e 50 e 139 ppm de Fe. Folhas medianas - 0,60 e 3,16% de N; 0,03 e 0,19% de P; 0,13 e 1,88% de K; 0,10 e 0,80% de Ca; 0,04 e 0,13% de Mg e 0,06 e 0,10% de S; 10 e 26 ppm de B e 169 e 231 ppm de Fe. Folhas inferiores - 0,69 e 2,10% de N; 0,04 e 0,22% de P; 0,14 e 2,10% de K; 0,22 e 1,30% de Ca; 0,05 e 0,19% de Mg; 0,07 e 0,08% de S, 20 e 55 ppm de B e 214 e 422 ppm de Fe. Caule - 0,32 e 1,23% de N; 0,04 e 0,17% de P; 0,08 e 1,28% de K; 0,08 e 0,94% de Ca; 0,01 e 0,11% de Mg; 0,02 e 0,04% de S, 8 e 22 ppm de B e 56 e 145 ppm de Fe. Raiz - 0,65 e 2,50 de N; 0,04 e 0,68% de P; 0,08 e 1,10% de K; 0,01 e 1,64% de Ca; 0,01 e 0,15% de Mg; 0,09 e 0,18% de S, 22 e 59 ppm de B e 805 e 1306 ppm de Fe.

Verificaram que a omissão de nutrientes afetou sensivelmente o crescimento das plantas, exceção feita para o enxofre que apresentou uma produção de matéria seca maior que a produzida pela plantas cultivadas no tratamento completo. O tratamento com omissão de N foi o que mostrou maior efeito depressivo no crescimento. As plantas apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos elementos nas folhas acusam os seguintes valores: N - 0,69%; P - 0,04%; K - 0,14%; Ca - 0,04%; Mg - 0,05%; S < 0,05%.

Haag (1965) citado por BELLOTTE (1979), estudando micronutrientes em mudas de *Eucalyptus tereticornis* e após analisar a composição química das folhas superiores e

inferiores, encontrou teores, respectivamente para os seguintes elementos: 83 e 176 ppm de B; traços e 17,2 ppm de Cu; 164 e 310 ppm de Fe; traços e 113 ppm de Mn; 0,47 e 2,20 ppm de Mo e 15,70 e 15,50 ppm de Zn.

Com o objetivo de estudar o crescimento inicial e composição química da *Gmelina arborea* Roxb. HAAG *et alii* (1981) cultivaram mudas dessa espécie em solução nutritiva tendo como substrato sílica moída e submetidas aos tratamentos com omissão de N, P, K, Ca, Mg, S, B e presença de todos os nutrientes. Quando as plantas apresentaram sintomas evidentes de carência, foram coletadas, divididas em folhas novas, folhas maduras, caule, raiz e pesadas e analisadas para os elementos em questão, obtendo os seguintes teores: Folhas novas - 0,88 e 3,00% de N; 0,14 e 0,20% de P; 0,53 e 1,85% de K; 0,31 e 1,10% de Ca; 0,20 e 0,52% de Mg; 0,03 e 0,16% de S e 13 e 128 ppm de B. Folhas maduras - 0,87 e 2,70% de N; 0,10 e 0,15% de P; 0,33 e 2,00% de K; 0,64 e 1,30% de Ca; 0,07 e 0,52% de Mg; 0,07 e 0,18% de S e 28 e 71 ppm de B. Caule - 0,37 e 2,00% de N; 0,08 e 0,15% de P; 0,15 e 1,60% de K; 0,12 e 0,40% de Ca; 0,07 e 0,22% de Mg; 0,08 e 0,12% de S e 5 e 20 ppm de B. Raiz - 0,61 e 1,40% de N; 0,09 e 0,15% de P; 0,16 e 1,70% de K; 0,08 e 0,28% de Ca; 0,05 e 0,17% de Mg; 0,04 e 0,14% de S e 4 e 13 ppm de B. Os autores observaram que a omissão dos nutrientes afetou o crescimento da planta, sendo que o S foi o elemento mais limitante.

2.1.1.2. Experimentos em condições de campo

Estudando o teor de K em folhas coletadas de povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus gomphocephala* METRO e BEAUCORPS (1958) encontraram valores oscilando na matéria seca em torno de 0,60% e 0,62%, respectivamente.

Para conhecer a composição química do *Pinus elliottii*, Engelmann, MELLO *et alii* (1960) coletaram plantas de uma população com 4 anos de idade no Horto Florestal de Tupi em Piracicaba - Estado de São Paulo, instalada em um solo da formação Corumbatai. As plantas depois de cuidadosamente coletadas foram divididas em folhas, galhos ou ramos, caule e raízes e pesadas separadamente para obtenção do peso seco e posteriormente analisadas para determinação da concentração de N, P, K, Ca e Mg contido nas diversas partes. Os resultados obtidos indicaram os seguintes teores: - Folhas - 1,23% de N; 0,08% de P; 0,35% de K; 0,21% de Ca e 0,12% de Mg. Galhos ou ramos - 0,56% de N; 0,08% de P; 0,20% de K; 0,01% de Ca e 0,10% de Mg. Caule - 0,42% de N; 0,06% de P; 0,19% de K; 0,13% de Ca e 0,12% de Mg. Raízes - 0,70% de N; 0,07% de P; 0,25% de K; 0,17% de Ca e 0,10% de Mg. Os autores concluíram que o *Pinus elliottii* apresenta baixas concentrações com relação aos macronutrientes analisados.

HAAG *et alii* (1961b) tomaram plantas de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus grandis* (Mill.) Maiden, provenientes de povoamento de 2 anos de idade situados num solo de cerrado. No laboratório as plantas foram divididas em folhas, galhos ou

ramos, caule e raízes e posteriormente pesadas e submetidas à secagem até atingir peso constante para depois de moídas, serem analisadas para obtenção dos teores de N, P, K, Ca e Mg. Os resultados alcançados mostraram as seguintes concentrações nas diferentes partes da planta para *Eucalyptus alba*: Folhas - 2,07% de N; 0,19% de P; 1,04% de K; 1,28% de Ca e 0,43% de Mg. Galhos ou ramos - 0,67% de N; 0,13% de P; 0,83% de K; 1,14% de Ca e 0,24% de Mg. Caule - 0,41% de N; 0,06% de P; 0,35% de K; 0,91% de Ca e 0,19% de Mg. Raiz - 0,54% de N; 0,07% de P; 0,43% de K; 0,92% de Ca e 0,21% de Mg. Os teores encontrados para *Eucalyptus grandis* foram: Folhas - 2,22% de N; 0,17% de P; 1,14% de K; 1,15% de Ca e 0,44% de Mg. Galhos ou ramos - 0,55% de N; 0,09% de P; 0,57% de K; 1,06% de Ca e 0,21% de Mg. Caule - 0,39% de N; 0,06% de P; 0,48% de K; 0,92% de Ca e 0,20% de Mg. Raiz - 0,60% de N; 0,10% de P; 0,42% de K; 1,01% de Ca e 0,23% de Mg. Os autores observaram através dos resultados obtidos que o *Eucalyptus alba* e o *Eucalyptus grandis* são mais exigentes em Ca, N e K e menos em Mg e P.

Através da análise foliar HAAG *et alii* (1976) estudaram cinco espécies de Eucaliptos estabelecidos em dois povoamentos com 7 anos de idade em solos do município de Mogi-Guaçu (Latossolo Vermelho-amarelo-barro argilo arenoso), e Areia Branca (Latossolo Vermelho-amarelo - barro arenoso) no Estado de São Paulo. Após as análises químicas observaram os seguintes teores de macronutrientes, respectivamente em função do tipo de solo: *Eucalyptus grandis* - 2,26 e 1,97% de N;

0,12 e 0,11% de P; 0,58 e 0,38% de K; 0,38 e 0,41% de Ca; 0,15 e 0,15% de Mg e 0,24 e 0,26% de S. *Eucalyptus microcorys* - 1,70 e 1,21% de N; 0,08 e 0,08% de P; 0,37 e 0,17% de K; 0,24 e 0,30% de Ca; 0,09 e 0,12% de Mg e 0,28 e 0,12% de S. *Eucalyptus resinífera* - 1,54 e 1,28% de N; 0,09 e 0,06% de P; 0,49 e 0,31% de K; 0,33 e 0,28% de Ca; 0,12 e 0,11% de Mg e 0,22 e 0,15% de S. *Eucalyptus robusta* - 1,62 e 1,40% de N; 0,09 e 0,08% de P; 0,55 e 0,38% de K; 0,46 e 0,54% de Ca; 0,16 e 0,17% de Mg e 0,21 e 0,12% de S. *Eucalyptus saligna* - 1,91 e 1,62% de N; 0,11 e 0,09% de P; 0,52 e 0,33% de K; 0,22 e 0,36% de Ca; 0,14 e 0,16% de Mg e 0,20 e 0,16% de S. Concluíram que as concentrações mais elevadas de N, P, K, e S são encontradas no *Eucalyptus grandis* e que as mais baixas com exceção do S, são encontradas no *Eucalyptus microcorys*. Por outro lado, os Eucaliptos da região de Mogi-Guaçu apresentam concentrações mais elevadas nos macronutrientes N, P, K e S.

Os mesmos autores, determinaram também a concentração dos micronutrientes nas folhas, expressa em ppm na matéria seca e obtiveram os seguintes resultados considerando os solos que ocorrem em Mogi-Guaçu e Areia Branca, respectivamente: *Eucalyptus grandis* - 18 e 27 ppm de B; 6 e 6 ppm de Cu; 98 e 90 ppm de Fe; 452 e 466 ppm de Mn e 39 e 34 ppm de Zn. *Eucalyptus microcorys* - 18 e 19 ppm de B; 7 e 6 ppm de Cu; 78 e 65 ppm de Fe; 373 e 352 ppm de Mn e 32 e 26 ppm de Zn. *Eucalyptus resinífera* - 22 e 19 ppm de B; 6 e 5 ppm de Cu; 95 e 72 ppm de Fe; 315 e 374 ppm de Mn e 37 e 36 ppm de Zn.

Eucalyptus robusta - 28 e 29 ppm de B; 8 e 7 ppm de Cu; 78 e 87 ppm de Fe; 348 e 542 ppm de Mn e 33 e 38 ppm de Zn. *Eucalyptus saligna* - 18 e 34 ppm de B; 6 e 6 ppm de Cu; 80 e 69 ppm de Fe; 296 e 500 ppm de Mn e 36 e 38 ppm de Zn. Concluíram que as espécies de Eucaliptos não mostram diferença nos teores dos micronutrientes nas folhas.

Objetivando determinar as concentrações de macronutrientes e micronutrientes em algumas espécies florestais do Parque da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba - S.P., DALL'ORTO *et alii* (1976) coletaram folhas de árvores adultas de *Aleurites moluccana* (Linneu) Willd. conhecida como "nogueira de iguape", *Cariniana estrellensis* (Raddi) O. Ktze. conhecida como "jequitibá branco", *Tabebuia roseo-alba* sin. *Paratecoma peroba* Record conhecida como "ipê branco" (localizadas em solo do tipo Terra Roxa Estruturada), *Piptadenia rigida* conhecida como "angico branco" (desconhece-se a caracterização química do solo onde se achava implantada, porém segundo os autores possui como material de origem o folhelho) e *Aspidosperma polyneuron* Muell conhecida como "peroba" (localizada em solo Hidromórfico, desconhecendo-se a caracterização química, entretanto, possui como material de origem o folhelho). Após a análise química do material os resultados mostraram as seguintes concentrações na matéria seca: "Angico branco" - 2,08% de N; 0,05% de P; 0,55% de K; 0,87% de Ca; 0,22% de Mg; 6 ppm de Cu; 565 ppm de Fe; 262 ppm de Mn e 76 ppm de Zn. "Nogueira-de-iguape" - 2,51% de

N; 0,16% de P; 1,81% de K; 1,39% de Ca; 0,51% de Mg; 6 ppm de Cu; 95 ppm de Fe; 193 ppm de Mn e 24 ppm de Zn. "Jequetibá branco" - 2,02% de N; 0,08% de P; 0,86% de K; 1,31% de Ca; 0,49% de Mg; 7 ppm de Cu; 211 ppm de Fe; 379 ppm de Mn e 24 ppm de Zn. "Ipê branco" - 1,55% de N; 0,14% de P; 1,17% de K; 2,14% de Ca; 0,31% Mg; 5 ppm de Cu; 124 ppm de Fe; 57 ppm de Mn e 28 ppm de Zn. "peroba" - 1,63% de N; 0,23% de P; 1,44% de K; 1,62% de Ca; 0,39% Mg; 12 ppm de Cu; 139 ppm de Fe; 60 ppm de Mn e 25 ppm de Zn. Os autores concluíram que em todas as espécies estudadas, com exceção da *Aleurites moluccana* ou "nogueira-de-iguape", os nutrientes constatados em concentrações mais elevadas foram o N e o Ca, enquanto que nesta espécie observou-se uma concentração maior para N e K. As árvores pertencentes às espécies *Piptadenia rígida* "angico branco" e *Cariniana estrellensis* "jequetibá branco" mostraram concentrações particularmente elevadas de Fe.

Analizando folhas saudáveis de plantas adultas de *Eucalyptus obliqua* coletadas em três diferentes áreas da Tasmânia NIELSEN e PALZER (1977), observaram concentrações de nutrientes oscilando entre 1,27 - 1,66% para N; 0,75 - 0,82% para P; 0,33 - 0,56% para K; 0,62 - 0,78% para Ca e 0,28 - 0,31% para Mg.

Estudando a concentração de nutrientes em folhas de *Eucalyptus citriodora* provenientes de um povoamento de aproximadamente 4 anos de idade, localizado em solo do tipo Regossolo, situado no município de Santa Maria da Serra,

no Estado de São Paulo, HAAG *et alii* (1977) encontraram em folhas sadias os seguintes teores para macro e micronutrientes: N - 1,38%; P - 0,07%; K - 1,38%; Ca - 0,17%; Mg - 0,18%; S - 0,06%; B - 18 ppm; Cu - 7 ppm; Fe - 127 ppm; Mn - 390 ppm; Zn - 18 ppm. Em virtude de na mesma área existir certo número de plantas de cedro (*Cedrela fissilis*, Vell) no povoamento, os autores aproveitaram para analisar folhas novas e maduras encontrando os seguintes resultados, respectivamente: N - 2,48 e 2,35%; P - 0,13 e 0,13%; K - 0,74 e 0,81%; Ca - 0,63 e 0,68%; Mg - 0,27 e 0,27%; S - 0,25 e 0,27%; B - 18 e 16 ppm; Cu - 8 e 8 ppm; Fe - 216 e 177; Mn - 52 e 54 ppm; Zn - 21 e 23 ppm. Observaram através dos dados analíticos valores elevados em N e Mg e inferiores em B, Mn e Zn quando confrontados com os encontrados em *Eucalyptus citriodora*.

ROCHA FILHO *et alii* (1978a) verificaram o teor de nutrientes nas folhas de *Eucalyptus citriodora* com 24 anos de idade em dois povoamentos situados em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. Para um melhor conhecimento da mobilidade dos nutrientes, as amostras foram divididas em folhas novas, maduras e velhas, sendo observadas as seguintes concentrações, respectivamente: *Eucalyptus citriodora* - 1,71, 1,38 e 0,86% de N; 0,09, 0,10 e 0,08% de P; 1,53, 1,23 e 0,86% de K; 0,46, 0,74 e 0,81% de Ca; 0,23, 0,16 e 0,11% de Mg; 0,12, 0,12 e 0,10% de S; 37, 52 e 49 ppm de B; 11, 7 e 6 ppm de Cu; 77, 167 e 131 ppm de Fe; 412, 725 e 830 ppm de Mn e 27, 23 e

32 ppm de Zn. *Pinus taeda* - 1,16, 1,06 e 0,81% de N; 0,09, 0,07 e 0,05% de P; 0,45, 0,32 e 0,42% de K; 0,29, 0,50 e 0,57% Ca; 0,14, 0,19 e 0,13% de Mg; 0,13, 0,12 e 0,11% de S; 37, 30 e 25 ppm de B; 5, 3 e 5 ppm de Cu; 100, 149 e 250 ppm de Fe; 476, 700 e 426 ppm de Mn e 23, 23 e 20 ppm de Zn. Os autores concluíram que o *Eucalyptus citriodora* apresenta-se mais exigente que o *Pinus taeda* em relação aos nutrientes. O *Eucalyptus citriodora* contribuiu em maior proporção para enriquecer o solo em K e em Mg.

Em diferentes localidades da Índia, BHIMAYA e KAUL (1966), observaram sintomas de deficiência de alguns micronutrientes em populações de *Eucalyptus camaldulensis* e após coletar folhas com e sem sintomatologia dos diversos elementos e analisá-las quimicamente obtiveram, respectivamente: 8,0 e 10,3 ppm de Cu; 141 e 146 ppm de Fe; 77 e 105 ppm de Mn e 12,6 e 20,3 ppm de Zn.

CASTRO *et alii* (1980) estudaram a distribuição de nutrientes em *Pinus oocarpa* com 8 anos de idade, localizado na Companhia Agro-Florestal Monte Alegre, no município de Agudos, Estado de São Paulo e instalado em Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa. Após a derrubada das árvores foram separadas nos seguintes componentes: acículas, ramos, casca e madeira do tronco. Os resultados alcançados mostraram concentrações diferentes nas diversas partes da planta: Acículas - 1,59% de N; 0,08% de P; 0,54% de K; 0,18% de Ca; 0,08% de Mg; 232 ppm de Fe; 217 ppm de Mn e 16 ppm de Zn. Ramos - 0,37%

de N; 0,02% de P; 0,20% de K; 0,12% de Ca; 0,04% de Mg; 66 ppm de Fe; 104 ppm de Mn e 13 ppm de Zn. Casca - 0,30% de N; 0,02% de P; 0,12% de K; 0,12% de Ca; 0,02% de Mg; 68 ppm de Fe; 32 ppm de Mn e 7 ppm de Zn. Madeira do tronco - 0,13% de N; 0,01% de P; 0,09% de K; 0,05% de Ca; 0,02% de Mg; 23 ppm de Fe; 56 ppm de Mn e 7 ppm de Zn. Com base nos resultados verificaram que as acículas contêm maior concentração em todos os nutrientes enquanto que a madeira do tronco apresenta as menores concentrações. Observaram que a ordem relativa dos teores de nutrientes obedece a seguinte seqüência: $N > K > Ca > P = Mg > Fe = Mn > Zn$, no componente acícula. A casca apresenta a seguinte ordem: $N > K = Ca > Mg = P > Fe > Mn > Zn$. Para ramos e madeira do tronco, a seqüência é: $N > K = Ca > Mg > P > Mn > Fe > Zn$.

Os autores compararam os resultados com os obtidos por EGUNJOBI e BADA (1979) trabalhando com *Pinus caribaea*, Morelet de 10 anos de idade na Nigéria os quais obtiveram as seguintes concentrações nas acículas: 0,87% de N; 0,03% de P; 0,75% de K; 0,35% de Ca e 0,18% de Mg. Observaram que o *Pinus oocarpa* mostra uma concentração de N e P distintamente superior porém com concentrações de K, Ca e Mg inferiores.

Procedendo a um estudo de análise foliar em *Gmelina arborea* com 6,5 anos de idade, EVANS (1979) coletou folhas maduras de várias posições da árvore e expostas ao sol e encontrou os seguintes valores: 2,15% para N, 0,14%

para P, 1,20% para K, 1,40% para Ca, 0,30% para Mg, 22 ppm para B, 7 ppm para Cu, 45 ppm para Fe, 20 ppm para Mn e 38 ppm para Zn.

Dechen e Haag (1981) citados por HAAG *et alii* (1981) realizaram um trabalho com a finalidade de estudar a composição química de algumas espécies arbóreas nativas da Amazônia e coletaram amostras de folhas de plantas vegetando em condições de solo sem apresentarem sintomas visuais de desnutrição.

Os resultados alcançados mostraram os seguintes teores foliares para as espécies: "Cumaru" (*Dipteryx odorata*) - 1,49% de N; 0,04% de P; 0,50% de K; 0,16% de Ca; 0,22% de Mg; 0,11% de S; 30 ppm de B; 5 ppm de Cu; 23 ppm de Fe; 77 ppm de Mn e 24 ppm de Zn. "Andiroba" (*Carapa guianensis*) - 1,65% de N; 0,05% de P; 0,41% de K; 0,39% de Ca; 0,25% de Mg; 0,13% de S; 52 ppm de B; 7 ppm de Cu; 38 ppm de Fe; 11 ppm de Mn e 18 ppm de Zn; "Angelim rajado" (*Pithecolobium racemosum*) - 2,53% de N; 0,05 de P; 0,48% de K; 0,20% de Ca; 0,16% de Mg; 0,13% de S; 27 ppm de B; 4 ppm de Cu; 25 ppm de Fe; 24 ppm de Mn e 11 ppm de Zn. "Cardeiro" (*Scleronema micranthum*) - 2,59% de N; 0,08% de P; 0,56% de K; 0,27% de Ca; 0,28% de Mg; 0,09% de S; 21 ppm de B; 5 ppm de Cu; 45 ppm de Fe; 44 ppm de Mn e 17 ppm de Zn. Os autores observaram que as espécies nativas apresentam concentrações de macronutrientes bem inferiores aos observados em *Gmelina arborea* cultivada em presença de solução nutritiva completa (HAAG *et alii*, 1981).

Para mostrar as variações de nutrientes ao longo do caule, ZEN *et alii* (1981) coletaram três árvores pertencentes a um talhão homogêneo de *Eucalyptus saligna* com 11 anos de idade, plantado em Piracicaba - Estado de São Paulo. O método de amostragem constituiu-se em seccionar o caule de 2 em 2 metros a partir da base até o ápice, retirando um disco de cada secção, os quais foram postos para secar, e posteriormente moídos e analisados quanto ao teor de macronutrientes na casca e no lenho. Os resultados mostraram que as principais diferenças entre a concentração de nutrientes nos caules das árvores, foram observadas na casca, sendo que no lenho, apenas o P mostrou variação significativa, sugerindo a necessidade de se ampliar a amostragem quando se trata de estimar a concentração média de elementos químicos na biomassa dos caules de um povoamento florestal. Outro fato observado, foi que a concentração de nutrientes tende a ser mais elevada na parte superior do caule, sendo que este fenômeno foi mais evidente no lenho do que na casca.

Em face da ampla variação no tamanho das árvores da mesma idade plantadas em povoamentos puros ZAKIA *et alii* (1983) desenvolveram um trabalho com o objetivo de estudar a variação na concentração dos nutrientes nas copas das árvores de um talhão de *Eucalyptus saligna*, com 8 anos de idade, no espaçamento de 3 x 2 m, comparando-o com a concentração de nutrientes nas folhas das árvores de um povoamento energético de *Eucalyptus grandis* no espaçamento de 1,0 x 1,5 m e cortado

com 2,5 anos de idade. Os resultados mostraram as seguintes concentrações de nutrientes nos componentes da copa, em função das diferentes classes de altura para *Eucalyptus saligna*: 7,5 a 12,5 m de altura - 0,29% de N; 0,04% de P; 0,22% de K; 0,23% de Ca e 0,05% de Mg. 12,6 a 17,5 m de altura - 0,49% de N; 0,06% de P; 0,26% de K; 0,26% de Ca e 0,07% de Mg. 17,6 a 22,5 m de altura - 0,58% de N; 0,07% de P; 0,35% de K; 0,35% de Ca e 0,10% de Mg. 22,6 a 27,5 m de altura - 0,67% de N; 0,08% de P; 0,42% de K; 0,43% de Ca e 0,14% de Mg. A concentração de nutrientes nas folhas de *Eucalyptus grandis* em função das classes de altura foram: 6,0 a 8,5 m de altura - 1,84% de N; 0,11% de P; 0,86% de K; 0,87% de Ca e 0,25% de Mg. 8,6 a 11,0 m de altura - 1,93% de N; 0,10% de P; 0,79% de K; 0,59% de Ca e 0,21% de Mg. 11,1 a 13,5 m de altura - 1,81% de N; 0,10% de P; 0,58% de K; 0,45% de Ca e 0,17% de Mg. 13,6 a 16,0 m de altura - 1,87% de N; 0,11% de P; 0,53% de K; 0,46% de Ca e 0,16% de Mg. Os autores observaram que no talhão convencional de *Eucalyptus saligna* a concentração de nutrientes na copa cresce com a altura das árvores, enquanto que a concentração de nutrientes nas folhas do talhão de *Eucalyptus grandis* apresenta um comportamento inverso e que este efeito pode ser explicado pela intensa competição entre as árvores de *Eucalyptus grandis*, principalmente em relação ao consumo de água.

Estudando a exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna* com 8 anos de idade instalado em um

solo arenoso e de baixa fertilidade POGGIANI *et alii* (1983) coletaram 50 árvores de diferentes classes de diâmetro para avaliação da concentração de nutrientes. Os resultados mostraram as seguintes concentrações de nutrientes nos resíduos (folhas + ramos) por classes de diâmetro (DAP); 2 - 6,9 cm - 0,25% de N; 0,04% de P; 0,19% de K; 0,19% de Ca; 0,04% de Mg; 76 ppm de Fe; 5 ppm de Cu; 128 ppm de Mn e 5 ppm de Zn. 7 - 11,9 cm - 0,47% de N; 0,06% de P; 0,27% de K; 0,28% de Ca; 0,07% de Mg; 50 ppm de Fe; 5 ppm de Cu; 194 ppm de Mn e 9 ppm de Zn. 12-16,9 cm - 0,67% de N; 0,07% de P; 0,37% de K; 0,39% de Ca; 0,11% de Mg; 70 ppm de Fe; 5 ppm de Cu; 298 ppm de Mn e 9 ppm de Zn. 17-24,0 cm - 0,66% de N; 0,09% de P; 0,42% de K; 0,40% de Ca; 0,15% de Mg; 69 ppm de Fe; 5 ppm de Cu; 320 ppm de Mn e 14 ppm de Zn. Através dos resultados obtidos observaram um aumento da concentração dos elementos nos resíduos em função dos diâmetros das árvores. De uma maneira geral verificaram que quanto maior o diâmetro, maior é a concentração dos elementos. Entretanto relatam que este fato poderia ser explicado pela existência de manchas mais férteis de solo devido, provavelmente, ao efeito da deposição de cinzas sobre o solo por ocasião da queimada das leiras formadas antes do preparo do solo. Parece haver uma estreita correlação entre DAP, a biomassa de resíduos e a concentração de nutrientes.

Estudando a concentração de nutrientes contidos nos diferentes órgãos da planta em função da biomassa pro

duzida SILVA (1983) desenvolveu um experimento envolvendo *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus propinqua*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus robusta* todos com 10 anos de idade, plantados em solos arenosos e de baixa fertilidade, em Itirapina, Estado de São Paulo. Em função dos resultados obtidos verificou que os nutrientes concentraram-se de forma de crescente nas folhas do ápice da copa, folhas da parte intermediária da copa, ramos, casca e lenho. Nas folhas de um modo geral, o *Eucalyptus dunnii* apresentou as maiores concentrações de N e P. Os *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus robusta* destacaram-se pelas altas concentrações de Mn nas folhas. Nos ramos, o *Eucalyptus dunnii* apresentou a maior concentração de N e o *Eucalyptus propinqua* as mais altas concentrações de P, K, Ca e Mg. Na casca, o *Eucalyptus saligna* mostrou a maior concentração de Ca e no lenho o *Eucalyptus grandis* apresentou as menores concentrações de P e K. Observou também que as correlações entre as concentrações dos diferentes elementos e o tamanho das árvores acusaram várias tendências de acordo com as espécies. Entretanto, relata que de uma maneira geral, ocorreu um efeito de diluição dos elementos N, Mg e K em função do aumento do tamanho das árvores. O *Eucalyptus grandis* evidenciou uma capacidade maior de translocação de P do lenho para as folhas. O *Eucalyptus saligna* mostrou-se como uma espécie acumuladora de Ca na casca.

2.2.2. Extração de nutrientes

Os valores apresentados pela literatura sobre extração de nutrientes em espécies florestais são variáveis. Estas variações devem-se fundamentalmente às condições experimentais sob as quais foi realizado o trabalho. Porém, a distribuição das quantidades de nutrientes na planta depende de diversos fatores, entre eles a espécie (OVINGTON e MADGWICK, 1959; CROW e BLANK, 1978; TARAS, 1978), idade da planta (FOREST e OVINGTON, 1970; POGGIANI *et alii*, 1979; SINGH, 1982), altitude e práticas de manejos silviculturais (MADGWICK, 1976). Daí portanto as diferenças encontradas nos trabalhos citados dos diversos autores, a seguir:

Estudando a composição do *Pinus elliottii*, MELO *et alii* (1960) obtiveram as seguintes quantidades de macronutrientes extraídos e distribuídos nas diversas partes das plantas de um povoamento com 4 anos de idade instalado em um solo da formação Corumbatai em Piracicaba: Folhas - 7,23 g de N; 0,47 g de P; 2,05 g de K; 1,23 g de Ca e 0,70 g de Mg. Ramos - 0,48 g de N; 0,07 g de P; 0,17 g de K; 0,01 g de Ca e 0,08 g de Mg. Tronco - 2,73 g de N; 0,39 g de P; 1,23 g de K; 0,84 g de Ca e 0,78 g de Mg. Raízes - 1,80 g de N; 0,18 g de P; 0,64 g de K; 0,43 g de Ca e 0,25 g de Mg. Esses valores perfazem um total de 12,24 g/planta de N; 1,11 g/planta de P; 4,09 g/planta K; 2,51 g/planta de Ca e 1,81 g/planta de Mg. Os autores observaram que as quantidades de P, Ca e Mg extraídas

foram muito pequenas, entretanto, consideraram que talvez fosse devido a pobreza do solo onde as plantas estavam instaladas.

HAAG *et alii* (1961a) analisaram plantas de *Eucalyptus alba* e *Eucalyptus grandis* provenientes de uma população de 2 anos instalada em solo de cerrado e observaram seguintes quantidades de nutrientes extraídas em g /planta: *Eucalyptus alba* - 22,21 g de N; 2,33 g de P; 22,28 g de K; 32,44 g de Ca e 7,82 g de Mg. *Eucalyptus grandis* - 22,80 g de N; 2,55 g de P; 19,06 g de K; 33,71 g de Ca e 8,10 g de Mg. Pelos dados obtidos verificaram que as espécies estudadas requerem grande quantidade de N, P e Ca.

Com o objetivo de avaliar a contribuição do *Pinus taeda* e *Eucalyptus citriodora* na formação da quantidade de nutrientes na manta orgânica do solo HAAG *et alii* (1978) coletaram amostras de dois povoamentos com 20 e 24 anos respectivamente, instalados em um solo classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. Em cada povoamento foram colhidas amostras de acículas e folhas para a determinação dos teores e quantidade de nutrientes, amostras da manta orgânica e de solo. Os resultados mostraram que o *Pinus taeda* contribuiu com 13,95 t/ha e o *Eucalyptus citriodora* com 19,98 t/ha na quantidade da manta orgânica do solo. Por outro lado, os autores observaram que a quantidade de nutrientes existentes em 100 acículas de *Pinus taeda* foram: 91,71 mg de N; 6,24 mg de P;

35,30 mg de K; 43,24 mg de Ca; 14,40 mg de Mg; 10,78 mg de S; 0,27 mg de B; 0,03 mg de Cu; 1,57 mg de Fe; 4,96 mg de Mn e 0,22 mg de Zn enquanto que as quantidades contidas em 100 folhas de *Eucalyptus citriodora* foram: 1.038,94 mg de N; 73,04 mg de P; 926,44 mg de K; 577,72 mg de Ca; 99,02 mg de Mg; 90,92 mg de S; 3,85 mg de B; 0,58 mg de Cu; 10,88 mg de Fe; 57,26 mg de Mn 2,54 mg de Zn. Concluíram que o *Eucalyptus citriodora* contribuiu em maior quantidade de nutrientes para a formação da manta orgânica, em face do seu maior volume de nutriente contido nas folhas.

BALLONI (1979) fez uma estimativa da quantidade de nutrientes contidos no caule e nos resíduos de uma floresta de *Eucalyptus grandis* com 4 anos de idade obtendo os seguintes resultados: caule - 60 kg/ha de N; 6 kg/ha de P e 16 kg/ha de K. Resíduos - 90 kg/ha de N; 10 kg/ha de P e 39 kg/ha de K. Concluiu que é evidente a importância dos resíduos de exploração para o desenvolvimento da rotação seguinte.

Estudando a extração e exportação de macronutrientes pelo *Eucalyptus grandis* em função da idade BELLOTE (1979) coletou amostras de folhas, ramos ativos e inativos, ponta, meio e base do caule de plantas com 1 a 7 anos de idade em povoamentos instalados em um solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo barro arenoso, no Horto Florestal de Mogi-Guaçu, em São Paulo. Os resultados obtidos mostraram que as plantas acumularam o máximo de matéria seca aos 6,7 anos; a altura máxima ocorreu aos 7 anos de idade e diâmetro (DAP) máximo após

7 anos de idade (7,3 cm); as maiores acumulações de N, P, K, Ca, Mg e S nas plantas ocorreram nas folhas; as plantas atingiram a máxima quantidade de nutrientes nas seguintes idades (anos): P = 6,1; N, K, Ca, Mg e S = 7; os nutrientes mais extraídos e exportados em ordem decrescente foram: $Ca > N > K > S > Mg > P$; a quantidade de macronutrientes extraídos por planta aos 7 anos de idade foram: 386,92 g/planta de Ca; 260,14 g/planta de N; 117,43 g/planta de K; 106,11 g/planta de S; 85,47 g/planta de S e 20,18 g/planta de P; mais de 98% do P acumularam até 6 anos de idade e para os demais nutrientes as quantidades acumuladas aumentaram com o envelhecimento das plantas; o Mg foi o nutriente mais exportado em porcentagem do total extraído pelas plantas, vindo em ordem decrescente: $P > Ca > K = S > N$.

Com relação aos micronutrientes BELLOTE (1979) obedeceu a mesma metodologia do trabalho citado anteriormente e concluiu que as plantas atingiram a máxima quantidade de nutrientes nas seguintes idades (anos): Zn = 5,4; Mn = 6,3; B, Cu, Fe e Mo = 7,0; os nutrientes mais extraídos e exportados, em ordem decrescente, foram: $Mn > Fe > B > Cu > Zn > Mo$; a quantidade de micronutrientes extraídos por planta aos 7 anos de idade foram: 12135,13 mg/planta de Mn; 2618,23 mg/planta de Fe; 884,16 mg/planta de B; 538,57 mg/planta de Cu; 258,92 mg/planta de Zn e 6,78 mg/planta de Mo; o Mo foi o micronutriente mais exportado do total extraído pelas plantas; mais de 98% do Mn acumulou até 6 anos de idade, 99,4% do Zn aos 5 anos

e para os demais nutrientes as quantidades acumuladas aumentaram com o envelhecimento das plantas.

Fazendo uma estimativa da remoção de nutrientes e biomassa de um povoamento florestal POGGIANI *et alii* (1980) coletaram vinte e quatro árvores incluindo todas as classes de diâmetro de um talhão de *Eucalyptus grandis* com 2,5 anos de idade (5.333 árvores/ha). As árvores coletadas foram divididas em folhas, ramos e caule para determinação da biomassa e nutrientes contidos nas diferentes partes da planta. Os resultados mostraram que num talhão de *Eucalyptus grandis* aos 2,5 anos de idade foram produzidas as seguintes quantidades de nutrientes em kg/ha: Folhas - 140,9 kg de N; 8,4 kg de P; 49,5 kg de K; 44,9 kg de Ca; 15,2 kg de Mg; 2,2 kg de Fe; 0,03 kg de Cu; 7,2 kg de Mn e 0,09 kg de Zn. Ramos - 26,6 kg de N; 2,3 kg de P; 21,4 kg de K; 15,0 kg de Ca; 2,3 kg de Mg; 0,5 kg de Fe; 0,02 kg de Cu; 2,3 kg de Mn e 0,03 kg de Zn. Caule - 108,4 kg de N; 17,3 kg de P; 166,3 kg de K; 65,1 kg de Ca; 15,2 kg de Mg; 2,8 kg de Fe; 0,11 kg de Cu; 13,3 kg de Mn e 0,40 kg de Zn. Observaram que 9% da biomassa está contida nas folhas, 7% nos ramos e 83% no caule, entretanto 37% dos nutrientes estão contidos nas folhas, 10% nos ramos e 53% nos caules. Os autores concluíram que em solos de cerrado com baixa fertilidade, principalmente em P e K, seria recomendável que se evitasse a remoção de folhas, ramos e cascas do local explorado.

A distribuição da fitomassa e nutrientes em ta

lhão de *Pinus oocarpa* com 8 anos de idade foi estudada por CASTRO *et alii* (1980). Observaram que a biomassa está distribuída numa proporção de 5,7% nas acículas, 9,9% dos ramos, 15,2% na casca e 69,2% na madeira do tronco, correspondendo a 5.933 kg/ha, 10.089 kg/ha, 15.485 kg/ha e 70.552 kg/ha, respectivamente; a quantidade de macronutrientes contidos na biomassa arbórea nos diferentes órgãos da planta estão assim distribuídas num hectare (2.313 plantas): Acículas - 92,8 kg de N; 7,0 kg de P; 31,5 kg de K; 10,7 kg de Ca; 5,1 kg de Mg; 1,4 kg de Fe; 1,3 kg de Mn e 0,1 kg de Zn. Ramos - 37,3 kg de N; 2,5 kg de P; 20,7 kg de K; 11,7 kg de Ca; 4,5 kg de Mg; 0,7 kg de Fe; 1,0 kg de Mn e 0,1 kg de Zn. Casca - 46,6 kg de N; 2,5 kg de P; 18,1 kg de K; 18,9 kg de Ca; 3,3 kg de Mg; 1,1 kg de Fe; 0,5 kg de Mn e 0,1 kg de Zn. Madeira do tronco - 93,9 kg de N; 8,5 kg de P; 63,5 kg de K; 36,0 kg de Ca; 12,0 kg de Mg; 1,7 kg de Fe; 3,9 kg de Mn e 0,5 kg de Zn. A absorção de nutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > Mg > P > Mn > Fe > Zn$ correspondendo a um total de 270,6 kg/ha de N; 133,8 kg/ha de K; 77,3 kg/ha de Ca; 24,9 kg/ha de Mg; 18,5 kg/ha de P; 6,7 kg/ha de Mn; 4,9 kg/ha de Fe e 0,8 kg de Zn, respectivamente; a distribuição dos nutrientes das plantas não é equitativa à da matéria seca, sendo suas concentrações mais elevadas nas acículas, em seguida nos ramos, casca e madeira do fuste.

SILVA (1983) fez um trabalho onde um dos objetivos foi verificar o conteúdo de nutrientes no lenho e cas

ca da planta em função da biomassa produzida. Os resultados mostram o conteúdo de nutrientes no lenho e casca em kg/ha, respectivamente, nas diferentes espécies estudadas: *Eucalyptus grandis* - 128,2 e 67,6 kg de N; 3,7 e 6,2 kg de P; 97,8 e 70,0 kg de K; 264,5 e 71,3 kg de Ca e 76,9 e 22,6 de Mg. *Eucalyptus saligna* - 202,4 e 57,8 kg de N; 6,4 e 4,0 kg de P; 121,5 e 51,8 kg de K; 317,2 e 102,4 kg de Ca e 72,5 e 24,0 kg de Mg. *Eucalyptus propinqua* - 102,8 e 52,7 kg de N; 8,0 e 4,3 de P; 111,4 e 39,2 kg de K; 123,4 e 30,3 kg de Ca e 19,7 e 36,4 kg de Mg. *Eucalyptus dunnii* - 95,5 e 42,0 kg de N; 6,7 e 3,6 kg de P; 199,4 e 61,1 kg de K; 265,0 e 69,9 kg de Ca e 41,4 e 22,6 kg de Mg. *Eucalyptus robusta* - 185,5 e 37,4 kg de N; 10,3 e 4,7 kg de P; 135,0 e 43,7 kg de K; 210,1 e 52,8 kg de Ca e 29,3 e 33,7 kg de Mg. Analisando o conteúdo de nutrientes no lenho o autor observou que o *Eucalyptus dunnii* é o que menos acumula N enquanto o *Eucalyptus grandis* é o que tem maior produtividade com menor acúmulo de P e K e o *Eucalyptus robusta* é o que mais acumula P. Na casca verificou que o talhão de *Eucalyptus grandis* é o que acumula mais N, P e K e o que tem menor acúmulo de Mg. Os demais elementos são acumulados em menores quantidades nos talhões de *Eucalyptus robusta* (N); *Eucalyptus dunnii* (P) e *Eucalyptus propinqua* (K e Ca).

POGGIANI *et alii* (1983) quantificaram a biomassa produzida pelos resíduos florestais da copa (ramos e folhas) de um talhão de *Eucalyptus saligna* com 8 anos de idade, plantado em solo arenoso e de baixa fertilidade no interior de

São Paulo. Para avaliação do conteúdo de nutrientes foram analisadas 50 árvores de diferentes classes de diâmetro, onde foram retiradas duas amostras dos resíduos da copa bem homogeneizada e duas do fuste englobando lenho e casca de maneira proporcional. Os resultados da análise mostraram o conteúdo de nutrientes na biomassa arbórea em kg/ha: Copa (folhas + ramos) - 83,3 kg de N; 10,6 kg de P; 50,4 kg de K; 51,3 kg de Ca; 14,9 kg de Mg; 1,0 kg de Fe; 0,08 kg de Cu; 3,8 kg de Mn e 0,14 kg de Zn. Fuste (lenho + casca) - 134,9 kg de N; 17,9 kg de P; 125,9 kg de K; 134,9 kg de Ca; 27,0 kg de Mg; 6,7 kg de Fe; 0,17 kg de Cu; 7,3 kg de Mn e 0,44 kg de Zn. Observaram que os resíduos acumulam grande parte dos nutrientes contidos na biomassa do talhão com 1200 árvores/ha nas seguintes proporções: 38% de N; 37% de P; 28% de K; 27,6% de Ca e 35% de Mg. Por outro lado, constataram que em todos os casos a participação da copa no valor total de nutrientes é muito elevada, e que em face do preço atual dos adubos é agora possível pesar as vantagens da exportação dos resíduos para fins energéticos. Os autores aconselham incrementar as pesquisas para seleção de espécies e clones com uma eficiência mais elevada na utilização dos nutrientes com o objetivo de se aumentar a produção de biomassa com uma menor exportação de nutrientes do sítio.

2.2.3. Sintomas de deficiências nutricionais

Segundo FRAZÃO (1983), os elementos minerais exercem funções muito importantes na planta, e muitas vezes específicas nos processos fisiológicos. As carências minerais nas plantas provocam distúrbios no seu metabolismo, os quais freqüentemente alteram os aspectos morfológicos e anatômicos, evidenciando muitas dessas deficiências. Porém, em virtude das interações que ocorrem nos processos torna-se difícil precisar a maneira pela qual as deficiências provocam os efeitos observados, haja vista que o amarelecimento ou clorose das folhas que são sintomas comumente verificados, podem ser causados por outros fatores como excesso de nutrientes, deficiência hídrica, ataque de pragas e/ou doenças, são alguns dos motivos de clorose que podem ser confundidos com carência mineral (KRAMER e KOSLOWSKI, 1960 e BALLARD, 1979).

Uma das principais restrições para o uso desse artifício, visando à correção através da adubação, é o fato do sintoma aparecer somente após a planta sofrer uma redução do ritmo de crescimento (BALLARD, 1979). Entretanto, apesar das limitações mencionadas, não há dúvida de que os sintomas visuais são a maneira mais prática e rápida de acordo com TAMM (1964) para se detectar uma deficiência nutricional, desde que o técnico seja habilidoso e experiente e possa contar sempre que possível com a ajuda de uma análise foliar.

2.2.3.1. Deficiência de nitrogênio

O nitrogênio é um elemento de extrema importância, uma vez que em quantidade é o quarto nutriente mais abundante nas plantas, vindo após o carbono, o hidrogênio e o oxigênio. De acordo com EPSTEIN (1975), o estudo do papel do nitrogênio quase se confunde com a própria bioquímica, pois, além de ser constituinte de compostos vitais e participar na formação da clorofila, é essencial para a planta nas diversas fases de desenvolvimento. A carência deste elemento, entre outros fatores provoca uma clorose nas folhas reduzindo assim sua capacidade fotossintética, bem como apresenta uma diminuição no ritmo de crescimento das plantas e em casos extremos pode até causar a paralisação.

Os sintomas iniciais de carência de nitrogênio em *Eucalyptus urophylla* caracterizam-se, segundo ROCHA FILHO *et alii* (1978b), pelo aparecimento nas folhas inferiores de uma clorose generalizada na área do limbo. Associada a essa clorose ou amarelecimento, observou-se uma diminuição do crescimento da planta, quando comparada com a testemunha (cultivada em solução completa). Posteriormente, a clorose caminhava no sentido das folhas mais novas e com a progressão da sintomatologia todas as folhas apresentavam sintomas de deficiência. As folhas mostravam no limbo uma coloração verde-limão, enquanto que as nervuras tinham uma cor levemente avermelhada. HAAG *et alii* (1961b) trabalhando com *Eucalyptus alba* observou que neste estágio de carência apareceram também pequenas manchas aver

melhadas no limbo e com o progredir da deficiência atingia a folha inteira. Outros sintomas descritos por ROCHA FILHO *et alii* (1978b) foi o crescimento reduzido do caule, dando à planta um porte baixo, internódios curtos, poucas folhas, sem ramificações ou brotações laterais. Os sintomas obtidos estão concordantes com os descritos por WILL (1961a) trabalhando com *E. botryoides*, *E. saligna* e *E. pilularis*; por HAAG *et alii* (1961b), com *E. alba*; por KAUL *et alii* (1966) com Eucalipto (híbrido) e por BHIMAYA e KAUL (1966) desenvolvendo trabalho com *E. camaldulensis*.

MALAVOLTA *et alii* (1970) obtiveram e descreveram sintomas de deficiência de nitrogênio em *Pinus elliottii* evidenciados primeiramente por uma clorose nas acículas mais velhas e que mais tarde com a evolução dos sintomas atingiram as mais novas. Posteriormente, nas acículas mais velhas apareceu uma coloração parda no ápice, e quando a carência se acentuou, toda a acícula se tornava avermelhada e em seguida murcha destacando-se facilmente. Outro sintoma típico é uma redução no crescimento das plantas.

As plantas de *Araucaria angustifolia* deficientes em nitrogênio de acordo com SIMÕES (1973) apresentaram-se pouco desenvolvidas e com clorose acentuada e generalizada. O amarelecimento começava pelas folhas mais velhas, tanto do caule, como dos ramos laterais. O crescimento vegetativo foi reduzido enquanto os ponteiros permaneciam discretamente mais verdes, contrastando com a clorose restante. Com a pro-

gressão da deficiência iniciou, pelas folhas mais velhas, um crestamento a partir do ápice progredindo para a base do limbo e atingindo a bainha, dando um aspecto de morta à folha.

Os primeiros sintomas de deficiência de nitrogênio em *Gmelina arborea*, reportados por HAAG *et alii* (1981), se manifestaram nas folhas mais velhas que perderam a sua coloração característica sendo substituída por uma coloração verde-clara tomando conta de toda a área foliar. Com a evolução da deficiência estes sintomas se transferiram para as folhas medianas, iniciando nas mais velhas um processo de secamento. A planta também diminuiu seu ritmo de crescimento.

2.2.3.2. Deficiência de fósforo

O fósforo nos solos do trópico úmido é um dos elementos mais carentes, fazendo com que os níveis de produtividade alcançados nos diversos cultivos sofram limitações. Desempenha na planta um papel relevante em reações bioquímicas no metabolismo dos carboidratos, particularmente na respiração, divisão celular e desenvolvimento meristemático. A maioria das plantas carentes em fósforo tem seu sistema radicular pouco desenvolvido e apresenta distúrbios de crescimento. As folhas e caules de plantas deficientes geralmente são pequenas e têm cor avermelhada, marrom ou bronzeada.

Em *Eucalyptus urophylla*, ROCHA FILHO *et alii* (1978b) observaram que os sintomas de deficiência de fósforo iniciaram-se pelo surgimento de pontos cloróticos no limbo das

folhas inferiores que com a progressão dos sintomas tornavam-se avermelhadas crescendo em tamanho formando manchas maiores até alcançar a folha inteira. Posteriormente, essas manchas necrosavam-se, secavam e em seguida ocorria a queda da folha. Quando comparadas com as plantas testemunhas, as deficientes apresentavam um menor porte vegetativo. A sintomatologia descrita está de acordo com as obtidas por HAAG *et alii* (1961b), WILL (1961a), BHIMAYA e KAUL (1966) e KAUL *et alii* (1966).

MALAVOLTA *et alii* (1970) relatam que em *Pinus elliottii* os sintomas de carência de fósforo aparecem em primeiro lugar nas acículas mais velhas com um leve amarelecimento do ápice progredindo em seguida para as acículas mais novas. Com o avanço da deficiência essa clorose passa para uma cor marrom, e finalmente toda acícula fica parda.

A carência de fósforo em *Araucaria angustifolia* caracterizou-se por um desequilíbrio nutricional generalizado, resultando em drástica redução no crescimento das plantas quando comparadas com as nutridas com solução nutritiva. SIMÕES (1973) verificou que apesar de pouco desenvolvidas, as folhas novas mantinham uma coloração verde. A clorose começou também pelas folhas mais velhas, partindo do ápice para base, passando posteriormente para uma coloração parda escura e terminando com o secamento e morte dos ramos laterais, enquanto o caule continuava vivo. Houve um pequeno desenvolvimento da

gema terminal e surgiu indícios de brotação lateral à altura do colo da planta.

As plantas de *Gmelina arborea* carentes de fósforo não apresentaram redução no ritmo de crescimento quando comparadas com as plantas sadias relatam HAAG *et alii* (1981). Os sintomas de deficiência iniciaram-se nas folhas mais novas caracterizadas por uma coloração verde intensa em confronto com as folhas de mesma idade das plantas sadias. As folhas velhas perderam a cor verde, substituída por uma coloração verde-clara associada ao aparecimento de áreas necróticas entre as nervuras, da margem das folhas até a nervura principal. Com a evolução da carência as áreas necróticas secavam e as folhas caíam.

2.2.3.3. Deficiência de potássio

Diferente dos outros macronutrientes e apesar de ser um elemento vital para a planta, a natureza do papel do potássio em qualquer processo específico, ainda não é totalmente esclarecida. Entretanto, segundo SHORROCKS (1964) há evidências de que o potássio ocupa posição central no metabolismo da planta e está presente em grandes quantidades no tecido meristemático onde esteja ocorrendo crescimento acelerado. O potássio é um elemento altamente móvel na planta onde é redistribuído das folhas mais velhas para os órgãos novos de crescimento e como consequência, os sintomas de carência são encontrados nas folhas mais velhas e se caracterizam por uma

clorose marginal e um mosqueamento amarelo das margens e algumas vezes do ápice das folhas, seguido de necrose nessas áreas.

ROCHA FILHO *et alii* (1978b) relataram que os sintomas iniciais de carência de potássio em *Eucalyptus urophylla* apareceram nas folhas medianas com pontuações cloróticas na área do limbo, nos espaços entre as nervuras. Com a continuação dos sintomas, os pontos se uniam formando faixas cloróticas, que se localizavam nos bordos e ápice das folhas. Posteriormente, as manchas se tornavam necróticas espalhando-se e tomando toda a área foliar. As folhas inferiores, nessa fase, mostravam também algumas pontuações cloróticas. Embora com algum desenvolvimento vegetativo, o caule apresentava menor porte quando comparado ao da planta testemunha. Esses sintomas são concordantes com os descritos por KAUL *et alii* (1966) trabalhando com Eucalipto (híbrido).

A deficiência de potássio em *Pinus elliottii* produziu sintomas característicos, segundo o observado por MALAVOLTA *et alii* (1970). Inicialmente, as acículas mais velhas apresentaram um amarelecimento nas extremidades, as quais num estágio mais avançado se tornaram de coloração parda e finalmente necrosadas.

O aspecto geral das plantas de *Araucaria angustifolia* carentes em potássio apresentaram-se pouco diferente do normal SIMÕES (1973). O crescimento da planta teve ritmo diminuído, resultando internódios curtos. Por outro lado, os

ramos laterais superiores mostravam-se dispostos em ângulos fechados, enquanto os inferiores, em ângulos abertos, com ramificações secundárias pouco freqüentes. Além do tamanho reduzido, as folhas mais velhas apresentavam clorose nas extremidades, chegando a cor parda no ápice. Na base do caule surgiram folhas completamente pardas, porém esparsas.

O crescimento das plantas de *Gmelina arborea* não foi prejudicado pela carência de potássio conforme relatam HAAG *et alii* (1981), porém o número de folhas era bem menor, assim como o diâmetro do caule quando em confronto com as plantas sadias. Observaram uma superbrotação de folhas pequenas na parte inferior da planta. Os primeiros sintomas surgiram nas folhas intermediárias e não nas mais velhas, e consistiram de uma leve clorose marginal caminhando para a nervura principal das folhas. Com o transcorrer da falta do nutriente ocorreu o secamento dos vértices das folhas. Neste estágio as folhas logo acima mostravam os sintomas iniciais. Paralelamente a estes sintomas as plantas mostravam um aspecto de murchamento.

2.2.3.4. Deficiência de cálcio

Como catiônio principal da lamela média da parede celular na forma de pectato, o cálcio tem importante relação com a resistência mecânica dos tecidos, sendo indispensável para o funcionamento dos meristemas e desenvolvimento do sistema radicular (CLELAND, 1960; RASMUSSEN, 1967). Mesmo sob

condições de deficiência, o cálcio não é prontamente redistribuído, pois é relativamente imóvel no interior da planta.

Os sintomas de carência de cálcio causam prejuízos nas regiões meristemáticas como nas folhas localizadas nas extremidades dos ramos e nas pontas das raízes. Uma clorose desenvolveu-se no ápice das folhas, que logo se transmite pelas margens, porém penetra gradualmente, nos tecidos saudios.

HAAG *et alii* (1961b) trabalhando com *Eucalyptus alba* observaram que sintomas de deficiência de cálcio eram caracterizados por plantas mal desenvolvidas, com aparecimento de manchas de coloração avermelhada ao longo do limbo das folhas mais velhas ou situadas na base dos ramos. Com a continuação da deficiência, o limbo mostrava-se clorótico e as manchas se tornavam necróticas.

Os sintomas iniciais de carência de cálcio em plantas de *Pinus elliottii* foram relatados por MALAVOLTA *et alii* (1974) com aparecimento de clorose das acículas começando pela base. Posteriormente as acículas inteiras se mostravam verde-amareladas com as extremidades avermelhadas. Em seguida, perdiam a turgidez ficando curvas e murchavam até caírem. Outro sintoma apresentado era a morte da gema terminal.

Os sintomas de deficiência de cálcio em *Araucaria angustifolia* se manifestaram tardiamente. As plantas mostravam um aspecto quase normal, entretanto com leve clorose nas folhas, acentuando-se naquelas localizadas no terço infe-

rior dos ramos. As ramificações e o comprimento dos internódios eram normais. As folhas mais velhas, da base do caule, apresentavam manchas de coloração parda em diferentes pontos do limbo foliar, ou às vezes completamente pardas (SIMÕES, 1973).

Diferente da maioria das espécies conhecidas, os sintomas de carência de cálcio em *Gmelina arborea* começaram pelas folhas mais velhas e intermediárias com um amarelecimento nítido no ápice das folhas enquanto o resto da área foliar permanecia verde. Relatam ainda HAAG *et alii* (1981) que em seguida as folhas mais velhas iam perdendo a coloração verde ficando com uma cor verde-clara até ocorrer a queda das mesmas, entretanto não houve morte da gema apical.

2.2.3.5. Deficiência de magnésio

O magnésio exerce um papel de fundamental importância na fotossíntese, em virtude de ser um constituinte da molécula da clorofila. Na ausência do elemento a síntese deste pigmento é reduzida, com conseqüente diminuição do processo fotossintético. O magnésio também se envolve em muitos sistemas enzimáticos, atuando como ativador específico de numerosas enzimas, sempre associadas aos compostos de fósforo, fornecedores de energia, funcionando como veículo para este elemento.

Os sintomas de deficiência surgem inicialmente nas folhas velhas e em seguida nas folhas novas à medida que

a carência evolui, e são caracterizados por manchas cloróticas entre as nervuras em virtude do desaparecimento da clorofila.

Os sintomas de deficiência de magnésio em *Eucalyptus urophylla* foram amplamente descritos por ROCHA FILHO *et alii* (1978b). Constataram que nas folhas inferiores e medianas os sintomas iniciaram-se através de uma pequena clorose internerval do limbo, que rapidamente evoluiu no sentido da nervura principal. Com a evolução dos sintomas a parte clorótica secava, porém o restante da folha ficava verde. Quando os sintomas chegavam as folhas superiores, as inferiores apresentavam manchas avermelhadas nas regiões internervais do limbo, formando, na maioria das folhas, duas faixas paralelas uma de cada lado da nervura principal. Visualmente o caule não mostrou nenhum sintoma de carência, embora, quando comparado com a planta sadia, apresentasse um menor crescimento. Os sintomas descritos estão concordantes com os obtidos por HAAG *et alii* (1961b), WILL (1961a), BHIMAYA e KAUL (1966) e KAUL *et alii* (1966).

Conforme MALAVOLTA *et alii* (1974), os sintomas de deficiência de magnésio em *Pinus elliottii* se caracterizavam por uma descoloração das acículas sendo mais intensa naquelas localizadas na parte superior da planta. Com o progresso da deficiência, as acículas adquiriam uma coloração pardo-avermelhada que se estendia da extremidade para o meio da acícula, porém os sintomas mais severos se localizavam próximo à extremidade dos ramos.

Em *Araucaria angustifolia* a deficiência de magnésio apareceu através de uma coloração parda das folhas localizadas nos ramos laterais, progredindo de baixo para cima na planta. Estes sintomas de acordo com SIMÕES (1973) surgiram quando as plantas já estavam bem desenvolvidas. Nas folhas, esse crestamento começava no sentido do ápice para base, enquanto que nos ramos laterais estes sintomas caminhavam da base para a extremidade, chegando algumas vezes a morrer inteiramente. Por outro lado, o broto terminal vegetava intensamente, produzindo internódios de comprimento normal.

O crescimento das plantas de *Gmelina arborea* não foi prejudicado pela ausência de magnésio conforme relatam HAAG *et alii* (1981). Os sintomas de carência tiveram início pelas folhas mais velhas que perdiam gradualmente a coloração verde entre as nervuras acompanhada por uma cor verde-clara em todo o limbo. Com a evolução da carência as áreas cloróticas entre as nervuras necrosavam-se seguida pela queda das folhas. Neste estágio as folhas intermediárias apresentavam-se cloróticas, repetindo o mesmo aspecto observado nas folhas mais velhas.

2.2.3.6. Deficiência de enxofre

O enxofre é constituinte de numerosos compostos da planta, como proteínas e aminoácidos, bem como das substâncias reguladoras do crescimento (tiamina, biotina e glutamina), que participam de reações do oxi-redução (JORDAN e ENS

MINGER, 1958). Entre as deficiências de enxofre e nitrogênio são observadas certas semelhanças, sendo que as características comuns a ambas são o teor reduzido de clorofila e de proteína, além de um aumento de compostos solúveis de nitrogênio presentes na folha decorrentes de uma redução na síntese da proteína. 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 da folha inteira, cujo tamanho é reduzido.

ROCHA FILHO *et alii* (1978b) observaram que a deficiência de enxofre em *Eucalyptus urophylla* se caracterizou por uma clorose geral das folhas superiores, as quais iam progressivamente ficando com uma coloração verde-limão, distinguindo-se das demais que mantinham uma cor verde escuro. Embora com ausência de enxofre, as plantas mostravam um bom desenvolvimento e maiores que as plantas cultivadas em solução nutritiva completa. HAAG *et alii* (1961b) trabalhando com *Eucalyptus alba* também reportaram que com a deficiência de enxofre as folhas novas mostravam uma clorose uniforme por toda a superfície do limbo e depois se tornavam de coloração bronzeada. Entretanto, observaram que os ramos novos apresentavam coloração purpúrea.

Os sintomas de deficiência de enxofre em *Pinus elliottii* relatados por MALAVOLTA *et alii* (1974) se caracterizavam por uma coloração verde-pálida nas acículas mais novas,

enquanto as mais velhas apresentavam indicação de secamento. Nas bainhas das acículas apareciam uma coloração rósea, particularmente nas mais velhas.

Para SIMÕES (1973), trabalhando com *Araucaria angustifolia*, não foi observado praticamente sintomas evidentes que distinguíssem as plantas normais daquelas deficientes em enxofre, a não ser um amarelecimento muito discreto nas folhas mais novas.

O crescimento paralisado das plantas de *Gmelina arborea* e apresentando $1/3$ da altura daquelas cultivadas em solução nutritiva completa, foi uma das características observadas por HAAG *et alii* (1981) em plantas deficientes em enxofre. As folhas mostraram-se menores e mais delicadas do que as plantas normais. As folhas novas de tamanho reduzido, apresentavam uma coloração citrina clara, a qual se transferia com menos intensidade para as folhas médias e mais velhas. Os pecíolos mostravam uma coloração rósea, em contraste com a coloração verde das plantas sadias.

A revisão de literatura apresentada focaliza diferentes aspectos nutricionais de algumas espécies florestais, entretanto, revela que tem sido pequeno o interesse dos pesquisadores no que concerne a nutrição mineral de espécies nativas daí mostrar-se poucas informações. Com relação a espécie do presente trabalho, ou seja, *Cordia goeldiana* Huber, não encontrou-se nenhum estudo específico sobre o assunto. Entretanto, considerando a importância que a Amazônia represen-

ta no contexto da política florestal do Brasil e do esforço desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária no sentido de estabelecer naquela região um programa de pesquisa na área florestal com bases mais sólidas, direcionado para as espécies nativas de grande potencial como por exemplo o freijão, acredita-se que num futuro bem próximo essas lacunas poderão ser perfeitamente preenchidas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho consta de dois experimentos, sendo um desenvolvido em casa de vegetação com solução nutritiva e outro em campo.

3.1. Experimento em casa de vegetação

O experimento foi conduzido no Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, em Piracicaba, Estado de São Paulo.

Foram utilizadas sementes da espécie *Cordia goeldiana*, Huber, procedentes do Campo Experimental de Belterra, município de Santarém, Estado do Pará, pertencente ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU.

3.1.1. Formação das mudas

As sementes foram semeadas em caixa de madeira

contendo substrato de vermiculita e areia no dia 26/01/83, tendo a emergência iniciado 30 dias após.

Aos 70 dias após a sementeira, dia 05/04/83, as mudas com a altura aproximada de 10cm, foram selecionadas e após as raízes terem sido lavadas com água destilada para eliminar os resíduos do substrato, foram transplantadas, uma por vaso, com capacidade de 10 litros, estes revestidos internamente com saco plástico, contendo sílica moída.

As plantas inicialmente foram irrigadas com solução nutritiva completa (SARRUGE, 1975), diluída na proporção de 1:1 (solução nutritiva : água) e renovada a cada 7 dias. Com a finalidade de propiciar um crescimento mais acelerado das mudas, passou-se a utilizar a solução nutritiva completa a partir de 19/05/83, renovando-a a cada 25 a 30 dias até que as plantas atingissem uma altura de mais ou menos 50 cm. Cerca de 284 dias (05/11/84) após a sementeira observou-se que havia uma certa variação na altura das plantas em razão da posição em que as mudas se encontravam dispostas na casa de vegetação. Dessa maneira, para eliminar-se esta variabilidade, optou-se pelo delineamento em blocos casualizados agrupando-se em cada repetição plantas que tinham alturas semelhantes.

Em seguida procedeu-se uma coleta de dados de altura das plantas e diâmetro do caule a 3 cm do colo e através de uma análise estatística ficou demonstrado que não havia diferenças significativas entre as plantas com relação a estes parâmetros.

No dia 06/11/83 passou-se água destilada em abundância no interior dos recipientes, visando remover os nutrientes retidos na sílica e deram-se início aos tratamentos.

Os tratamentos obedeceram o seguinte esquema:

1. Completo - $N_1, P_1, K_1, Ca_1, Mg_1, S_1$ + micronutrientes
2. Omissão de nitrogênio - $N_0, P_1, K_1, Ca_1, Mg_1, S_1$ + micronutrientes
3. Omissão de fósforo - $N_1, P_0, K_1, Ca_1, Mg_1, S_1$ + micronutrientes
4. Omissão de potássio - $N_1, P_1, K_0, Ca_1, Mg_1, S_1$ + micronutrientes
5. Omissão de cálcio - $N_1, P_1, K_1, Ca_0, Mg_1, S_1$ + micronutrientes
6. Omissão de magnésio - $N_1, P_1, K_1, Ca_1, Mg_0, S_1$ + micronutrientes
7. Omissão de enxofre - $N_1, P_1, K_1, Ca_1, Mg_1, S_0$ + micronutrientes

As soluções nutritivas utilizadas foram formuladas de acordo com SARRUGE (1975) e estão detalhadas na Tabela 1.

As plantas eram irrigadas duas vezes ao dia, sendo que no período em que ocorriam temperaturas mais elevadas, era preciso fazer irrigações adicionais para manter a umidade da sílica e evitar o murchamento das plantas devido ao aumento da transpiração.

A drenagem das soluções era feita através de orifícios no fundo de cada recipiente ligados com tubos plásticos aos frascos coletores com capacidade de um litro.

Tabela 1. Composição química das soluções nutritivas (ml/l) utilizadas no experimento (SARRUGE, 1975).

Soluções estoque	Tratamentos							
		Completo -N		-P	-K	-Ca	-Mg	-S
KH ₂ PO ₄	M	1	1	-	-	1	1	1
KNO ₃	M	5	-	5	-	5	3	3
Ca(NO ₃) ₂	M	5	-	5	5	-	4	4
MgSO ₄	M	2	2	2	2	2	-	-
KCl	M	-	5	1	-	-	2	2
CaCl ₂	M	-	5	-	-	-	1	1
NH ₄ H ₂ PO ₄	M	-	-	-	1	-	-	-
NH ₄ NO ₃	M	-	-	-	2	5	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	M	-	-	-	-	-	2	-
Mg(NO ₃) ₂	M	-	-	-	-	-	-	2
Micronutrientes*		1	1	1	1	1	1	1
Fe-EDTA**		1	1	1	1	1	1	1

* A solução de micronutrientes tem a seguinte composição (g/l): H_3BO_3 , 2,86; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 1,81; ZnCl_2 , 0,10; CuCl_2 , 0,04; $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0,02.

** Dissolver 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH N, misturar com 24,9 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Arejar por uma noite e completar a 1 litro.

A solução nutritiva era renovada a cada 20 dias, tomando o cuidado de verificar diariamente o nível da solução nos frascos coletores, completando o volume a um litro, pela adição de água desmineralizada.

3.1.2. Observações, colheita e preparo para análise

A evolução dos sintomas de deficiências minerais dos macronutrientes foi descrita desde o estágio inicial até tornarem-se bastante definidos, seguido de fotografias to ma das para todas aquelas plantas que mostravam sintomas típicos marcantes. Para a descrição dos sintomas de deficiência, utilizou-se o Atlas de Cores de VILLALOBOS-DOMINGUES e VILLALOBOS (1947), o qual permite uma melhor observação na descrição da coloração. O sistema de classificação e anotação obedeceu a ordem:

- a) a letra ou letras indicam a cor e o seu matiz;
- b) o número ou números dão o valor da luminosidade;
- c) o grau expressa a tonalidade do matiz..

As plantas foram coletadas em 08/04/84, isto é, 153 dias após o início dos tratamentos, tendo já sido evidenciado todos os sintomas de carência minerais estudados. Após serem submetidas a uma lavagem rápi da com água destilada, cada planta colhida foi amostrada em folhas superiores, folhas inferiores, ramos, caule e raízes. As folhas inferiores correspondiam àquelas localizadas no cau le até o 1º verticilo (início da ramificação), enquanto que as folhas superiores, correspondiam aquelas que se encontra vam nos ramos.

O material separado distintamente foi posto para secar em estufa com circulação de ar em temperatura variando de 65 a 70°C, até atingir peso constante e, depois da determinação do peso da matéria seca, foi moído em moinho tipo Wiley, com câmara de aço inoxidável, com peneira de malha 20 (20 malhas por polegada linear), de acordo com as instruções de BATAGLIA *et alii* (1978).

3.1.3. Análises químicas

As amostras moídas foram submetidas às digestões nítrico perclórica e sulfúrica de acordo com a orientação de SARRUGE e HAAG (1974), onde foram determinadas as concentrações dos elementos nos extratos obtidos.

As determinações de nitrogênio foram realizadas através do método analítico do micro Kjeldahl (SARRUGE e HAAG, 1974) no Laboratório de Química do Solo do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ. Para o fósforo, as determinações foram feitas por colorimetria pelo método vanado-molibdato de amônio, enquanto que os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica no Laboratório de Hidrologia e Ecologia Aplicada do Departamento de Silvicultura da ESALQ, de acordo com SARRUGE e HAAG (1974).

As determinações de enxofre foram feitas por turbidimetria da suspensão de sulfato de bário, após a adição

de cloreto de bário e realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA, segundo procedimento analítico encontrado em TABAI e BREMNER (1970).

Utilizando-se o método analítico de espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (FASSEL, 1979), determinou-se o boro no Laboratório de Radioquímica e Química Analítica do CENA.

3.1.4. Planejamento experimental e análises estatísticas

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com 7 tratamentos e 4 repetições.

Foi realizada análise de variância dos dados referentes a peso da matéria seca das folhas superiores, folhas inferiores, ramos, caule, raiz e planta inteira, assim como concentração de macro e micronutrientes nas diferentes partes da planta. Os nutrientes foram analisados isoladamente, havendo uma análise para cada parte amostrada.

As comparações entre as médias dos tratamentos foram efetuadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade segundo PIMENTEL GOMES (1973).

3.2. Experimento em campo

O material utilizado para determinação dos teo

res de nutrientes foi obtido em populações de freijão (*Cor-dia goeldiana*, Huber) com diferentes idades cujas plantas apresentavam ótimo estado cultural e fitossanitário.

3.2.1. Localização e caracterização da área

3.2.1.1. Local

O material vegetal utilizado no referido experimento também foi coletado no Campo Experimental de Belterra, localizado na Vila de Belterra, município de Santarém, Estado do Pará, situado nas coordenadas geográficas segundo YARED (1983): latitude 02°38'S, longitude 54°37'W e a uma altitude de 175 metros aproximadamente.

3.2.1.2. Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Ami cujo regime pluviométrico anual define uma estação relativamente seca de um a cinco meses, começando em julho ou agosto, onde a precipitação mensal chega a ser inferior a 60mm, porém com um total pluviométrico capaz de manter este período.

No período de 1974-1983, observações meteorológicas indicam que a precipitação média anual foi cerca de 1.748mm, com uma umidade relativa do ar de 90% e uma insolação de 2.239 horas por ano, enquanto que a temperatura média anual foi de 25,1°C e as temperaturas mínimas e máximas médias variaram entre 20,6°C e 30,5°C, respectivamente.

Dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima média, temperatura mínima média, temperatura média compensada, umidade relativa do ar e insolação no período 1974 - 1983, registrados na Estação Meteorológica de Belterra, do Instituto Nacional de Meteorologia - INEMET-MA, são apresentados na Tabela 2.

3.2.1.3. Solo

A área experimental apresenta relevo plano e o solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico textura muito argilosa (YARED e CARPANEZZI, 1981), cujos dados analíticos de um perfil representativo onde foi coletado material são mostrados na Tabela 3.

Para cada idade (24, 36, 48 e 96 meses), foram coletadas amostras de solo, a uma profundidade de 20cm e analisadas quimicamente de acordo com os métodos descritos por CATANI e JACINTHO (1974) no Laboratório de Solos do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ/USP, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.

As análises granulométricas do solo foram feitas pelo método da pipeta, utilizando-se como agente dispersante hexametáfosfato de sódio a 5%, conforme método preconizado por KILMER e ALEXANDER (1949), sendo os resultados obtidos apresentados na Tabela 5.

Tabela 2. Médias mensais e anuais para precipitação pluvial (PP), temperatura mínima (Tm), temperatura média compensada ($\bar{T}$), temperatura máxima (TM), umidade relativa do ar (UR) e insolação (INS) para as condições do Campo Experimental de Belterra, município de Santarém - Estado do Pará (Período 1974/83).

Meses	PP (mm)	Tm (°C)	$\bar{T}$ (°C)	TM (°C)	UR (%)	INS (horas)
Janeiro	227,7	21,0	24,9	30,0	90	177,3
Fevereiro	265,3	20,6	24,6	29,3	92	115,6
Março	266,5	20,8	24,7	29,5	92	128,1
Abril	235,1	20,9	24,9	29,7	93	134,2
Maiο	219,3	20,6	24,7	29,6	93	160,2
Junho	121,8	20,1	24,5	30,0	92	191,4
Julho	82,1	19,5	24,3	30,2	91	234,4
Agosto	49,3	19,8	24,9	30,2	89	250,0
Setembro	33,8	20,1	25,5	31,8	89	240,2
Outubro	33,8	21,2	26,0	32,2	87	229,0
Novembro	78,0	21,2	25,9	32,3	85	199,5
Dezembro	135,3	20,9	25,4	31,1	88	179,1
Ano	1748,0	20,6	25,1	30,5	90	2239,0

Fonte: Estação Meteorológica de Belterra pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia - INEMET - M.A.

Tabela 3. Resultados das análises química e granulométrica de um perfil representativo da área experimental (Laboratório de Solos do CPATU/EMBRAPA).

Profundidade cm	pH (H ₂ O)	P ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺		Al ⁺⁺ m.e. %	Granulometria (%)	
				m.e. %	m.e. %		Areia total	Silte Argila total
0 - 15	4,2	1	16	0,2	1,5	6	10	84
16 - 26	4,3	1	16	0,2	1,3	4	7	89
27 - 42	4,3	1	12	0,1	1,0	3	4	93
43 - 58	4,3	1	12	0,1	1,0	3	6	91
59 - 110	4,2	1	10	0,1	1,1	3	5	92

Fonte: YARED & CARPANEZZI (1981)

Tabela 4. Resultados das análises químicas do solo (20 cm) em amostras coletadas em áreas de populações com diferentes idades.

Populações (idades)	pH (H ₂ O)	C (%)	PO ₄ ^{3-*}	Teor trocável em meq/100g TFSA				
				K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺
24 meses	4,2	2,82	0,06	0,09	0,20	0,20	2,56	10,64
36 meses	4,2	2,85	0,05	0,10	0,24	0,16	2,49	10,80
48 meses	4,2	2,64	0,07	0,19	0,34	0,29	2,08	9,92
96 meses	4,0	1,83	0,03	0,10	0,96	0,41	1,52	6,80

* miliequivalentes/100g de TFSA solúveis em H₂SO₄ 0,05 N

Tabela 5. Resultados da análise da composição textural (%) do solo (20 cm) em amostras coletadas em áreas de populações com diferentes idades.

Populações (idades)	Argila (água)	Argila (Calgon)	Silte	Areia total	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina
24 meses	43,8	77,1	18,1	4,8	0,2	0,7	1,3	1,6	1,0
36 meses	41,2	78,7	17,4	3,9	0,1	0,5	1,1	1,4	0,8
48 meses	41,8	75,3	18,8	5,9	0,1	1,0	1,9	2,0	0,9
96 meses	48,6	77,8	16,9	5,3	0,2	0,9	2,1	1,6	0,5

3.2.2. Seleção do material e coleta das amostras

No período de 06/02 a 10/02/84 foram coletadas plantas de freijão de diferentes populações, isto é, com 24 meses de idade no espaçamento de 3m x 3m, 36 meses de idade espaçadas de 3m x 3m, 48 meses de idade de 3m x 3m e com 96 meses de idade com espaçamento 4m x 4m. A quantidade de plantas coletadas foi em número de vinte, correspondendo a cinco plantas por idade, onde naquela ocasião foram retirados dados de altura total de cada planta e diâmetro do caule (DAP - diâmetro a 1,30m do solo).

Após a derrubada cuidadosa das plantas escolhidas foram divididas, em folhas, ramos e caule, este último dividido em três partes iguais (base, meio e ponta), sendo posteriormente pesadas com o objetivo de se avaliar a extração de nutrientes por planta/idade.

Em seguida retirou-se uma amostra representativa de cada parte da planta, com a finalidade de determinar o peso da matéria seca e análise química.

3.2.2.1. Preparo das amostras

O material colhido como amostragem das diversas partes, foi levado para o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU/EMBRAPA, em Belém, Estado do Pará, pesado e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 60-65°C com a finalidade de se proceder uma pré-secagem antes de ser en-

viado para a ESALQ, em Piracicaba, evitando assim uma possível fermentação, principalmente do tecido foliar. Posteriormente foi feita a secagem final do material também em estufa com a mesma temperatura usada anteriormente e em seguida determinou-se o peso da matéria seca e moagem em moinho tipo Wiley para análise dos teores de macro e micronutrientes.

3.2.3. Análises químicas

As determinações dos macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas amostras de folhas, ramos, ponta do caule, meio do caule e base do caule foram efetuadas conforme os métodos anteriormente mencionados no item 3.1.3.

3.2.4. Planejamento experimental e análises estatísticas

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 repetições.

Realizou-se análise de variância dos resultados obtidos referentes à altura das plantas, diâmetro do caule (DAP), produção de matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes pelas diferentes partes das plantas em função da idade (PIMENTEL GOMES, 1973).

Foi feita análise de regressão para as quanti-

dades acumuladas, concentração de nutrientes e matéria seca das diversas partes da planta em função da idade para a obtenção dos pontos de mínimo e de máximo, tomando-se o cuidado de escolher as equações de regressão de maior grau, significativo, tendo como limite a de 2º grau.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento em casa de vegetação

4.1.1 Sintomas de deficiências

Quando um dos nutrientes essenciais à vida da planta não está presente em quantidades satisfatórias ou em condições que o tornam pouco disponível, a deficiência desse nutriente nas células promoverá alterações na sua fisiologia. Esses distúrbios metabólicos, eventualmente se revelam por meio de sintomas visíveis como amarelecimento das folhas, crescimento reduzido da planta ou outras anomalias. Os sintomas de carência minerais são mais ou menos característicos para cada nutriente, dependendo também da severidade da deficiência, da espécie ou variedade e de fatores ambientais (Bowen, 1966, citado por EPSTEIN, 1975).

A sintomatologia da deficiência de determinado

nutriente pode variar de acordo com as espécies segundo EPS-TEIN (1975) e que o conhecimento das causas numa espécie poderá fornecer poucos subsídios para reconhecê-la em outra.

4.1.1.1. Deficiência de nitrogênio

Aos 65 dias após a omissão do nitrogênio da solução nutritiva, as plantas mostraram os primeiros sintomas de deficiência que se caracterizavam por um retardamento no crescimento das plantas em relação ao tratamento completo e por uma leve clorose (L-9-89) generalizada das folhas inferiores que, gradativamente, alcançava também as superiores. À medida que a deficiência se acentuava, a clorose tomava conta de toda a planta, principalmente das folhas inferiores, que se apresentavam sem brilho natural, mostrando uma coloração verde-limão (L-14-129) e apresentando senescência precoce. Num estágio mais avançado surgiram necrose nos bordos das folhas inferiores, com as plantas apresentando um crescimento reduzido, internódios curtos, poucas folhas, sem ramificações ou brotações laterais. A Figura 1 mostra uma planta com sintomas de deficiência de nitrogênio ao lado de uma planta sadia.

O sistema radicular se mostrava pouco ramificado quando comparado ao do tratamento completo e suas raízes também apresentavam-se mais finas e mais alongadas.

A sintomatologia descrita está concordante em

Fig. 1. Comparação entre o tratamento completo e omissão de nitrogênio em plantas de freijão.

grande parte com as obtidas por ROCHA FILHO *et alii* (1978b) em *Eucalyptus urophylla* e HAAG *et alii* (1981) em *Gmelina arborea*.

4.1.1.2. Deficiência de fósforo

A deficiência de fósforo foi uma das últimas a aparecer, iniciando-se os primeiros sintomas aos 105 dias após a omissão desse nutriente.

Esses sintomas de carência começaram pelas folhas inferiores as quais mostravam uma clorose verde mais clara (L-10-99) com pequenas manchas de coloração amarelada (YYL-14-109) e arredondadas no limbo foliar. Com a evolução da deficiência essas manchas tomavam conta de todo o limbo foliar e caminhavam progressivamente para uma coloração marrom-escura (OOS-1-89) e as folhas se desprendiam facilmente do caule. Outro sintoma apresentado pelas folhas inferiores eram pequenas manchas amareladas nos bordos do limbo foliar, ficando posteriormente necrosadas. Havia pouca emissão de folhas novas, sendo que algumas delas apresentavam um mosqueamento que se estendia da metade para o ápice das folhas. Observou-se uma pequena redução no porte das plantas quando comparadas àquelas cultivadas em solução nutritiva completa.

A Figura 2 mostra uma planta com sintomas de deficiência de fósforo em comparação com uma sadia, enquanto que a Figura 3 mostra detalhes da carência do elemento.

O sistema radicular apresentava-se menos desenvolvido que aquele correspondente a plantas sadias. As

Fig. 2. Comparação entre o tratamento completo e omissão de fósforo em plantas de feijão.

Fig. 3. Sintomas de deficiência de fósforo em folhas inferiores de feijão.

raízes eram alongadas, mais grossas que o normal, com poucas ramificações e extremidades escurecidas.

Os sintomas obtidos têm algumas semelhanças com os descritos por HAAG *et alii* (1981) em *Gmelina arborea* e ROCHA FILHO *et alii* (1978b) em *Eucalyptus urophylla*.

4.1.1.3. Deficiência de potássio

Logo após o aparecimento dos sintomas de carência de nitrogênio, isto é, 90 dias, surgiram os primeiros sintomas de deficiência de potássio.

Folhas inferiores apresentavam uma discreta coloração amarelada (Y-13-89), com pequenas manchas mais ou menos circulares e outras de forma irregular e de coloração ferruginosa (OOS-7-109) entre as nervuras secundárias, principalmente do meio para o ápice da folha. Com a evolução da deficiência, essas manchas aumentavam de tamanho unindo-se, formando faixas transversais necrosadas no tecido compreendido entre a nervura principal e o bordo foliar. Na face inferior ou dorsal da folha, a nervura principal se mostrava escurecida o mesmo acontecendo com algumas nervuras secundárias, bem como o pecíolo, ocorrendo algumas vezes a queda da folha.

Outro sintoma característico observado foi a ocorrência nas folhas inferiores de pontos cloróticos na área do limbo foliar e particularmente nas margens das folhas que rapidamente se uniam formando faixas cloróticas que se localizavam nos bordos e ápice das folhas. Com a progressão dos

sintomas, as faixas cloróticas passavam a uma necrose marginal que se iniciava pelo ápice das folhas levando posteriormente a um rápido desenvolvimento de uma clorose onde apenas o tecido da base da folha e aquele adjacente à nervura mediana permaneciam mais esverdeada.

A Figura 4 mostra uma planta com sintomas de ca rência de potássio em comparação a uma desenvolvida em solução nutritiva completa, enquanto que a Figura 5 mostra detalhes da deficiência do nutriente.

No desenvolvimento das plantas com sintomas de deficiência de potássio, houve uma pequena redução no ritmo de crescimento em altura, porém o sistema radicular apresentava em menor tamanho quando comparado aos das plantas desenvolvidas em solução nutritiva completa.

Os sintomas observados apresentam uma certa discordância com aqueles obtidos por HAAG *et alii* (1981), em *Gmelina arborea*, ROCHA FILHO *et alii* (1978b) em *Eucalyptus urophylla* e por SIMÕES (1973) em *Araucaria angustifolia*.

4.1.1.4. Deficiência de cálcio

A deficiência de cálcio foi a última a aparecer, iniciando-se aos 115 dias após a omissão desse nutriente.

Inicialmente os sintomas de carência de cálcio ocorreram nas folhas superiores as quais apresentavam manchas cloróticas verde-amareladas (LLY-14-99) e que posteriormente

Fig. 4. Comparação entre tratamento completo e omissão de potássio em plantas de feijão.

Fig. 5. Sintomas de deficiência de potássio em folhas inferiores de feijão.

progrediam para as folhas inferiores. Estas mostravam uma clorose esverdeada (L-6-10?) e um amarelecimento em alguns pontos da margem das folhas que algumas vezes tornavam-se necróticas. Com a evolução da deficiência, as folhas inferiores ficavam com uma coloração amarelo-limão (YL-12-10?) onde surgiram manchas de coloração avermelhada (OOS-8-6?) evoluindo mais tarde para marrom (OSS-3-8?).

O broto terminal, praticamente sem emissão de folhas novas, mostrava algumas delas murchas com o ápice voltado para a base da planta.

A Figura 6 mostra uma planta com sintomas de deficiência de cálcio em comparação a uma sadia, enquanto que a Figura 7 mostra detalhes da carência do elemento.

O crescimento das plantas não foi prejudicado pela carência de cálcio, havendo um maior reflexo no sistema radicular o qual se mostrou escurecido e de tamanho reduzido.

Os sintomas obtidos não concordam com aqueles descritos por HAAG *et alii* (1961b) em *Eucalyptus alba* e por HAAG *et alii* (1981) em *Gmelina arborea*.

4.1.1.5. Deficiência de magnésio

Os sintomas de deficiência de magnésio surgiram praticamente na mesma época em que apareceu a carência de cálcio, isto é, aos 110 dias do início do tratamento efetivamente.

Fig. 6. Comparação entre tratamento completo e omissão de cálcio em plantas de feijão.

Fig. 7. Sintomas de deficiência de cálcio em folhas inferiores de feijão.

Os sintomas se manifestaram inicialmente com manchas internervais levemente cloróticas, amareladas (Y-15-89) na base do limbo das folhas inferiores, sendo estes sintomas ascendentes. A progressão dos sintomas foi relativamente rápida, e com a evolução da carência, essa clorose inicialmente verde-amarelada tornou-se de coloração amarelo intenso (Y-16-119) que se estendia em grande parte pelo bordo ou margem do limbo foliar, ficando a região central, ou seja, que margea a nervura principal com uma coloração esverdeada (LLY-9-89). Os bordos ou margem do limbo foliar que se encontrava amarelo intenso, com o desenvolvimento da deficiência chegavam a necrosar. Em algumas folhas apareciam numerosas e pequenas manchas de coloração ferruginosa (OOS-5-69) no limbo foliar que se aglomeravam formando grandes manchas nos espaços compreendidos entre as nervuras secundárias.

A Figura 8 mostra uma planta com sintomas de carência de magnésio em comparação a uma sadia, enquanto que a Figura 9 mostra detalhes da deficiência do elemento.

O crescimento das plantas com sintomas de carência de magnésio mostrava-se de menor porte quando comparado com as plantas sadias, enquanto que o sistema radicular não foi prejudicado.

Os sintomas obtidos mostram uma certa semelhança com aqueles relatados por ROCHA FILHO *et alii* (1978b) com *Eucalyptus urophylla*, porém discordam daqueles descritos por

Fig. 8. Comparação entre tratamento com pleto e omissão de magnésio em plantas de feijão.

Fig. 9. Sintomas de deficiência de magnésio em folhas in feriores de feijão.

HAAG *et alii* (1981) em *Gmelina arborea* e por SIMÕES (1973) em *Araucaria angustifolia*.

4.1.1.6. Deficiência de enxofre

Aos 80 dias após a omissão do enxofre, as plantas mostravam os primeiros sintomas de deficiência caracterizado por uma coloração amarelada brilhante uniforme, atingindo totalmente o limbo foliar das folhas superiores, as quais progressivamente iam se tornando de cor verde-limão (YL-14-109), distinguindo-se nitidamente das folhas inferiores que apresentavam uma coloração verde-escuro (LG-5-69), semelhantes às das plantas sadias. No decorrer do ensaio observou-se que às vezes havia regressão desses sintomas, com as folhas voltando à coloração natural e vice-versa, entretanto é possível que isso tenha ocorrido devido a própria absorção desse nutriente pelas folhas, na forma gasosa, visto o experimento ter-se realizado relativamente próximo a indústrias.

Outro sintoma verificado nas folhas superiores era o tamanho ligeiramente reduzido quando comparadas com as das plantas sadias cultivadas em solução nutritiva completa.

Com a intensificação da carência de enxofre, algumas folhas inferiores apresentaram uma clorose verde-amarelada (LLY-9-79), passando posteriormente para uma coloração amarelada (YYL-15-109), aparecendo a partir daí manchas de diferentes tamanhos e forma irregular de coloração ferruginosa

(OOS-6-109) e que mais tarde se uniam formando grandes áreas necrosadas.

A Figura 10 mostra uma planta com sintomas de ca rência de enxofre nas folhas inferiores, a Figura 11 mostra sintomas iniciais de carência, enquanto que a Figura 12 mostra detalhes da deficiência do elemento nas folhas superiores e inferiores.

As plantas deficientes em enxofre mostraram um crescimento relativamente menor que as plantas sadias, o mesmo acontecendo com o sistema radicular que apresentou um menor volume.

Os sintomas de deficiência de enxofre são semelhantes aqueles obtidos por ROCHA FILHO *et alii* (1978b) em *Eucalyptus urophylla*, porém discordantes em vários pontos com aqueles descritos por SIMÕES (1973) em *Araucaria angustifolia*.

4.1.2. Desenvolvimento das plantas

O desenvolvimento das plantas foi avaliado através dos dados de peso de matéria seca total e das diferentes partes da planta em função dos tratamentos, cujos resultados e o resumo da análise de variância, são apresentados na Tabela 6.

Conforme os dados contidos na Tabela 6, observa-se que a omissão de nitrogênio da solução nutritiva causou uma diminuição na produção de matéria seca total, o mesmo acontecendo para as diversas partes amostradas da planta. Es-

Fig. 10. Planta de feijão mostrando deficiência de enxofre em folhas inferiores.

Fig. 11. Planta de feijão mostrando deficiência de enxofre em folhas superiores.

Fig. 12. Sintomas de deficiência de enxofre em folhas superiores e inferiores de feijão.

Tabela 6. Peso da matéria seca (g/planta) total e das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta					Total
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores	
Completo	92,37a	95,76a	16,05a	18,33a	42,33a	264,85a
Omissão de N	38,27c	35,51c	5,80b	11,16b	20,73c	111,50c
Omissão de P	70,43b	76,97b	13,40a	15,93ab	31,39b	209,63b
Omissão de K	74,04ab	75,41b	15,20a	17,33a	35,14ab	217,13b
Omissão de Ca	72,86b	82,91ab	15,98a	16,89a	27,33bc	215,99b
Omissão de Mg	73,98ab	80,72ab	14,84a	17,99a	35,93ab	223,46b
Omissão de S	74,48ab	76,93b	16,65a	18,63a	35,63ab	222,33b
D.M.S. (5%)	19,27	17,90	4,59	5,68	10,00	40,53
Teste F	15,78**	23,88**	14,60**	4,47**	10,57**	29,57**
C.V. (%)	11,52	10,21	14,06	14,64	13,12	8,25

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade.

se elemento é considerado como um dos principais na vida das plantas, pois é um dos constituintes de todas as proteínas, aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas, sendo dessa maneira um nutriente que quando omitido provoca alterações no metabolismo das plantas com conseqüentes prejuízos no seu desenvolvimento (EPSTEIN, 1975).

A omissão de fósforo não afetou o desenvolvimento das folhas inferiores e ramos entretanto, motivou uma redução na produção de matéria seca das folhas novas, caule e raízes, refletindo na produção total da planta.

A redução da produção de matéria seca com a omissão de potássio foi mais acentuada no caule, enquanto as outras partes amostradas da planta tiveram um comportamento se semelhante ao tratamento completo.

Constata-se também através da Tabela 6, que a omissão de cálcio participou somente na diminuição da produção de matéria seca das folhas superiores e raízes, enquanto que o desenvolvimento do caule, ramos e folhas inferiores não mostrou diferença quando comparado ao tratamento completo.

Por outro lado, observa-se que a omissão de magnésio não teve influência na produção de matéria seca das diferentes partes da planta, o mesmo acontecendo com o enxofre o qual mostrou apenas uma exceção com relação ao caule que teve o desenvolvimento afetado pela ausência deste elemento.

De uma maneira geral, embora algumas partes da planta tenham tido comportamento semelhante ao completo com relação a produção de matéria seca, todos os tratamentos com omissão de nutrientes foram inferiores ao completo no tocante à matéria seca total.

O nitrogênio foi o elemento que mais limitou a produção de matéria seca total, fato este já conhecido e observado em inúmeras espécies, como por exemplo HAAG *et alii* (1981) em *Gmelina arborea* e ROCHA FILHO *et alii* (1978b) em *Eucalyptus urophylla*.

A omissão de nutrientes da solução nutritiva afetou o desenvolvimento das plantas através da redução da produção de matéria seca, na seguinte ordem decrescente: nitrogênio, fósforo, cálcio, potássio, enxofre e magnésio.

4.1.3. Concentração de nutrientes

4.1.3.1. Nitrogênio

Os valores médios dos teores de nitrogênio nas diversas partes da planta, bem como o resumo da análise de variância, encontram-se na Tabela 7.

Verifica-se que a omissão de nitrogênio da solução nutritiva causou uma redução na concentração desse elemento em todas as partes amostradas da planta, em confronto com o tratamento completo. AMARAL (1983) observou o mesmo fato em seringueira.

Tabela 7. Teor percentual de nitrogênio contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta				
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
Completo	1,95abc	0,91a	1,21a	1,47a	1,63bc
Omissão de N	0,94d	0,53b	0,66c	0,88d	1,03e
Omissão de P	1,73bc	0,90a	0,95b	0,97d	1,46d
Omissão de K	1,62c	0,87a	1,21a	1,20c	1,48cd
Omissão de Ca	2,24a	0,91a	1,17a	1,32bc	1,62bc
Omissão de Mg	2,17ab	0,94a	1,02ab	1,36ab	1,70b
Omissão de S	2,04abc	0,93a	1,16ab	1,39ab	1,88a
D.M.S. (5%)	0,48	0,14	0,22	0,14	0,15
Teste F	18,44**	20,74**	17,91**	53,40**	60,87**
C.V. (%)	11,36	7,44	8,91	4,97	4,42

-- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade

O tratamento deficiente em fósforo provocou uma diminuição no teor de nitrogênio nos ramos, folhas inferiores e superiores em relação ao tratamento completo.

Com a omissão do potássio e cálcio da solução nutritiva, apenas os teores de nitrogênio nas folhas inferiores foram mais baixos e diferiram do tratamento completo.

Alguns autores como CIBES e SAMUELS (1955) e HAAG (1958) trabalhando com cafeeiro observaram que a omissão de potássio elevou a concentração de nitrogênio nas folhas. RICHARD e BERNER (1954) relataram que plantas deficientes em potássio apresentam teor elevado de aminoácidos livres em seus tecidos.

Por outro lado, MACHICADO e BOYNTON (1961), encontraram alta concentração de nitrogênio em folhas de cacau cultivado em soluções nutritivas deficientes em potássio ou magnésio. O teor de nitrogênio nas folhas dessas plantas foi superior ao encontrado nas de plantas do tratamento completo.

As plantas deficientes em enxofre apresentaram um aumento significativo na concentração de nitrogênio apenas nas folhas superiores em relação ao tratamento completo. Segundo GILBERT (1951) plantas carentes em enxofre apresentam, em geral, alta concentração de nitrogênio em seus tecidos.

4.1.3.2. Fósforo

Os valores médios das concentrações nas diver-

sas partes da planta e o resumo da análise de variância acham-se na Tabela 8.

Em confronto com o tratamento completo observa-se que a omissão de fósforo na solução nutritiva motivou uma diminuição no teor desse elemento em todas as partes amostradas. Conclusão semelhante foi obtida com seringueira por AMARAL (1983), apesar de não ter havido efeito sobre o crescimento das plantas.

Omitindo nitrogênio da solução nutritiva houve um aumento acentuado na concentração de fósforo no caule, folhas inferiores e superiores quando comparadas com os mesmos órgãos de plantas cultivadas em solução completa, o que provavelmente se deva a uma redução no conteúdo de matéria seca para este tratamento, elevando a concentração do elemento em questão. Fato semelhante ocorreu em relação aos tratamentos referentes à omissão de potássio, cálcio e magnésio provocando também um aumento significativo nos teores de fósforo nas folhas inferiores e superiores.

4.1.3.3. Potássio

As concentrações médias de potássio para as diferentes partes das plantas, como também o resumo da análise de variância, são mostrados na Tabela 9.

Observa-se que o teor de potássio nas diversas partes da planta diminuiu acentuadamente em relação ao tratamento completo quando se omitiu este nutriente no **supri-**

Tabela 8. Teor percentual de fósforo contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta				
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
Completo	0,15ab	0,18bc	0,28ab	0,15c	0,19c
Omissão de N	0,16ab	0,26a	0,36a	0,79a	0,57a
Omissão de P	0,10c	0,07d	0,13a	0,04d	0,08d
Omissão de K	0,14b	0,16c	0,25b	0,38b	0,42b
Omissão de Ca	0,14b	0,20abc	0,35a	0,36b	0,34b
Omissão de Mg	0,14b	0,21abc	0,30ab	0,33b	0,34b
Omissão de S	0,19a	0,24ab	0,31ab	0,18c	0,19c
D.M.S. (5%)	0,04	0,06	0,09	0,14	0,10
Teste F	9,48**	16,96**	14,15**	69,21**	64,00*
C.V. (%)	12,14	15,27	14,48	20,28	15,43

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

* e ** significativo a 5% e 1% de probabilidade

Tabela 9. Teor percentual de potássio contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e o resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta			
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores Folhas superiores
Completo	0,79b	0,64bc	0,81c	1,04c 1,32c
Omissão de N	0,75b	0,53cd	0,74e	2,19a 1,31c
Omissão de P	0,76b	0,79b	1,29b	1,37b 1,62b
Omissão de K	0,32c	0,40d	0,36d	0,07d 0,33d
Omissão de Ca	1,97a	1,23a	1,72a	1,65b 1,58b
Omissão de Mg	1,62a	1,32a	1,51ab	1,62b 2,11a
Omissão de S	1,65a	1,28a	1,38b	1,57b 1,73b
D.M.S. (5%)	0,42	0,20	0,28	0,29 0,25
Teste F	51,26**	79,96**	64,41**	109,00** 104,80**
C.V. (%)	16,94	9,73	10,99	9,34 7,59

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade

mento mineral das plantas, fato este também observado por HEWITT (1951), BUKOVAC e WITTWER (1957) e ULRICH e OHKI (1966) em outras espécies.

A Tabela 9 mostra ainda que omitindo o nitrogênio da solução, houve diferença apenas na concentração de potássio das folhas inferiores, sendo este teor mais alto quando comparado ao tratamento completo. Estudando alguns aspectos nutricionais da seringueira em solução nutritiva, AMARAL (1983) observou o mesmo efeito.

Por outro lado, MENGEL *et alii* (1976) relatam que o potássio não influencia somente a translocação de compostos nitrogenados para os grãos, como também exerce efeito positivo no transporte dos mesmos da raiz para a parte aérea da planta.

Com a omissão de fósforo da solução nutritiva verifica-se um aumento da concentração de potássio nos ramos, folhas inferiores e superiores em relação ao tratamento completo.

Finalmente observa-se que quando se omitiu o cálcio, magnésio ou enxofre da solução, houve um acréscimo expressivo na concentração de potássio em todos os órgãos da planta. MENGEL e ASKAY (1954) observaram, em solução nutritiva, que o cálcio pode ou não apresentar efeito sobre o potássio, inibindo ou estimulando a sua absorção.

Segundo ULRICH e OHKI (1966), níveis de potássio nas folhas de plantas com necessidade normal do elemento,

estão entre 0,70% a 1,50% do peso do material seco. Para plantas muito exigente em potássio, esse nível poderá ser igual ou superior a 5%. Os valores médios obtidos no presente trabalho para folhas inferiores sem deficiência de 1,04% e para folhas superiores 1,32% estão dentro dos níveis estabelecidos para folhas de plantas com requerimento normal de potássio considerando os dados dos referidos autores.

4.1.3.4. Cálcio

Na Tabela 10 estão os teores médios de cálcio nas diferentes partes da planta, bem como o resumo da análise de variância.

Através dos dados verifica-se que as maiores concentrações de cálcio ocorrem nas folhas inferiores e o que confirma a pouca mobilidade deste nutriente na planta. Na literatura muitas citações sobre a pequena mobilidade do elemento são encontradas, como EPSTEIN (1975), MENGEL e KIRKBY (1978) entre outros.

Observa-se pela Tabela 10, que houve redução na concentração de cálcio nas diversas partes da planta, quando se omitiu este elemento da solução, em comparação ao tratamento completo. Os mesmos resultados foram observados por AMARAL (1983) trabalhando com seringueira.

Na mesma Tabela constata-se que omitindo o nitrogênio da solução nutritiva motivou um menor teor de cálcio nos ramos, folhas inferiores e superiores, sendo estes teo

Tabela 10. Teor percentual de cálcio contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta			
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores Folhas superiores
Completo	0,83a	0,53a	1,06a	3,11a 2,21b
Omissão de N	0,58bc	0,58a	0,80b	1,91b 1,49c
Omissão de P	0,82a	0,52a	0,90ab	3,40a 2,66ab
Omissão de K	0,75a	0,57a	1,10a	3,52a 2,97a
Omissão de Ca	0,43c	0,32b	0,42c	1,66b 0,95c
Omissão de Mg	0,81a	0,50ab	0,79b	3,07a 2,19b
Omissão de S	0,74ab	0,54a	0,88ab	3,80a 2,62ab
D.M.S. (5%)	0,16	0,19	0,23	0,82 0,63
Teste F	18,18**	4,73**	19,12**	21,48** 26,93**
C.V. (%)	9,81	16,30	12,02	12,04 12,67

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade

res significativamente mais baixos que nos mesmos órgãos das plantas cultivadas em solução completa.

Omitindo potássio da solução a concentração de cálcio nas folhas superiores foi mais elevada em comparação com o tratamento completo.

Por outro lado, com a omissão de magnésio da solução houve uma diferença expressiva no teor de cálcio nos ramos da planta em confronto com o tratamento completo.

Quanto as omissões de fósforo e enxofre verifica-se que estas não afetaram a concentração de cálcio nas diversas partes da planta.

Segundo HOAGLAND (1948), a diminuição na absorção de um cátion será compensada pela absorção de outro, de maneira que o total de bases permanecerá constante, conduzindo a um equilíbrio no interior da planta. OVERSTREET *et alii* (1952) estudando aspectos do mecanismo de absorção de cálcio e potássio confirmam essa teoria, afirmando que a falta de um desses cátions resulta na maior absorção do outro.

4.1.3.5. Magnésio

As concentrações médias de magnésio nas diversas partes da planta, bem como o resumo da análise de variância acham-se na Tabela 11.

Observa-se que houve uma redução na concentração de magnésio para todas as partes das plantas quando este

Tabela 11. Teor percentual de magnésio contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta				
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
Completo	0,47a	0,16bc	0,24b	0,45cd	0,53b
Omissão de N	0,49a	0,07d	0,15bc	0,32de	0,48bc
Omissão de P	0,29ab	0,16bc	0,21bc	0,51bc	0,58b
Omissão de K	0,52a	0,20ab	0,45a	0,90a	0,82a
Omissão de Ca	0,43ab	0,16bc	0,25b	0,61b	0,86a
Omissão de Mg	0,25bc	0,09d	0,12c	0,26e	0,34c
Omissão de S	0,48a	0,23a	0,22bc	0,54bc	0,58b
D.M.S. (5%)	0,21	0,06	0,11	0,13	0,16
Teste F	7,99**	16,58**	18,10**	49,81**	26,37**
C.V. (%)	23,65	16,68	20,91	11,60	11,93

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade

elemento foi omitido. Resultados semelhantes foram encontrados por AMARAL (1983) em seringueira.

Com a omissão do nitrogênio da solução nutritiva houve uma diminuição no teor de magnésio no caule, em comparação ao tratamento completo.

A omissão de fósforo e de enxofre da solução não influenciou a concentração de magnésio nos diferentes órgãos da planta.

Com a omissão de potássio da solução houve um aumento nas concentrações de magnésio nos ramos, folhas inferiores e superiores em comparação ao tratamento completo, mostrando, segundo LUCAS e SCARSETH (1947) que pode ser uma evidência do papel deste cátion na absorção do magnésio. Vários autores já observaram fenômeno idêntico, entre eles HAAG (1958) e MALAVOLTA (1963), que trabalharam com cafeeiro em solução nutritiva e em condições de campo, respectivamente.

Com relação a omissão de cálcio, o mesmo efeito foi observado nas concentrações de magnésio para folhas inferiores e superiores sendo uma indicação do antagonismo existente entre esses nutrientes, fato já constatado por inúmeros autores em várias espécies.

4.1.3.6. Enxofre

Na Tabela 12 encontram-se as concentrações médias de enxofre e os dados resumidos da análise de variância.

Observa-se que a omissão de enxofre causou re-

Tabela 12. Teor percentual de enxofre contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta				
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
Completo	0,20c	0,07a	0,09ab	0,17bc	0,15bc
Omissão de N	0,11d	0,03b	0,09ab	0,15cd	0,12cd
Omissão de P	0,21c	0,08a	0,11a	0,18abc	0,15bc
Omissão de K	0,34b	0,04ab	0,09ab	0,16cd	0,17ab
Omissão de Ca	0,43a	0,07a	0,10a	0,24a	0,20a
Omissão de Mg	0,31b	0,07a	0,10a	0,23ab	0,17ab
Omissão de S	0,08d	0,04b	0,06c	0,10d	0,09d
D.M.S. (5%)	0,07	0,02	0,02	0,06	0,04
Teste F	62,84**	8,84**	8,52**	13,83**	12,24**
C.V. (%)	14,25	17,70	14,02	15,32	13,75

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade

dução nos teores desse elemento nas diversas partes da planta, quando em confronto com o tratamento completo.

A omissão de nitrogênio da solução nutritiva motivou uma diminuição nas concentrações de enxofre nas raízes e caule quando confrontados com a do tratamento completo. Segundo THOMAZ *et alii* (1950), a estreita relação entre o metabolismo do enxofre e do nitrogênio dentro das plantas, ba seia-se em grande parte, no fato de que os aminoácidos contendo enxofre são constituintes essenciais das proteínas da planta.

A Tabela 12 mostra que a omissão de fósforo não influenciou a concentração de enxofre nos órgãos da planta. Por outro lado, os teores de enxofre nas raízes foram maiores quando se omitiu o potássio e magnésio da solução nutritiva.

Nota-se ainda na referida Tabela, que a omissão do cálcio provocou um aumento expressivo nos teores de enxofre nas raízes, folhas inferiores e superiores em relação ao tratamento com solução completa. MALAVOLTA (1977) cita que a absorção de enxofre depende diretamente de sua concentração e indiretamente das concentrações de cálcio e magnésio.

4.1.3.7. Boro

As médias das concentrações em ppm de boro nas diversas partes das plantas, e o resumo da análise de variância podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13. Teor em ppm de boro contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta			
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores Folhas superiores
Completo	19,5ab	16,2a	24,7ab	89,2b 48,0b
Omissão de N	14,5b	17,7a	27,0a	120,0a 60,7a
Omissão de P	22,7a	16,0ab	22,5abc	85,6c 60,2ab
Omissão de K	17,7ab	12,0bc	18,5cd	92,0b 62,2a
Omissão de Ca	15,0b	13,7abc	21,2bc	71,2d 62,7a
Omissão de Mg	13,0b	11,2c	13,5d	71,0d 53,5ab
Omissão de S	13,2b	9,7c	16,0d	75,2cd 60,2ab
D.M.S. (5%)	7,1	4,0	5,2	12,9 12,2
Teste F	5,67**	11,89**	18,34**	38,12** 4,31**
C.V. (%)	18,38	12,42	10,92	6,43 9,00

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade

Verifica-se que omitindo o nitrogênio da solução nutritiva houve um aumento acentuado no teor de boro das folhas inferiores e superiores, apresentando valores elevados em relação ao tratamento completo.

A omissão do fósforo da solução não interferiu no teor de boro nas diversas partes da planta.

O potássio quando omitido provocou uma redução nos teores de boro no caule e ramos e um acréscimo acentuado na concentração das folhas superiores.

Na Tabela 13 observa-se que omitindo o cálcio da solução nutritiva ocorreu uma diminuição no teor de boro nas folhas inferiores e um aumento nas folhas superiores.

SARRUGE (1968), trabalhando com cafeeiro, não encontrou efeito do cálcio na absorção do boro. Por outro lado, segundo JONES e SCARSETH (1944) e MUHR (1942), os resultados contraditórios que são encontrados sugerem que os efeitos do boro sobre o metabolismo do cálcio variam com a espécie estudada e as condições do trabalho experimental. REEVE e SHIVE (1944) estudando a relação potássio-boro na nutrição de plantas, constataram que a concentração de potássio do substrato tem uma influência definida sobre o acúmulo de boro nos tecidos.

Nessa mesma Tabela observa-se que omitindo magnésio e enxofre da solução houve um decréscimo na concentração de boro no caule, ramos e folhas inferiores.

4.1.3.8. Cobre

Os valores médios dos teores em ppm de cobre nas partes das plantas, bem como o resumo da análise de variância, encontram-se na Tabela 14.

Observa-se que a omissão do enxofre da solução nutritiva, provocou um decréscimo no teor de cobre no caule, folhas inferiores e folhas superiores em relação aos teores dos mesmos órgãos das plantas cultivadas em solução nutritiva completa.

Os teores de cobre nas diversas partes das plantas não foram influenciadas quando se omitiu nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da solução nutritiva, em confronto com o tratamento completo.

4.1.3.9. Ferro

São apresentadas na Tabela 15, os teores em ppm de ferro nas diversas partes da planta e o resumo da análise de variância.

Analisando-se os dados contidos na referida tabela, verifica-se que a omissão do nitrogênio da solução nutritiva originou um aumento no teor de ferro do caule, em comparação ao tratamento completo.

As concentrações de ferro aumentaram significativamente em confronto com o tratamento completo nas diversas partes da planta quando se omitiu o cálcio.

Tabela 14. Teor em ppm de cobre contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta			
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores Folhas superiores
Completo	7,5a	3,0a	3,0bc	4,5a 4,5ab
Omissão de N	8,5a	3,2a	4,1ab	4,0ab 5,7a
Omissão de P	9,5a	2,5abc	3,2b	3,7ab 3,7bc
Omissão de K	10,5a	3,0ab	3,2b	3,7ab 3,7bc
Omissão de Ca	9,2a	3,0ab	3,5ab	3,2ab 4,0bc
Omissão de Mg	7,2a	2,5abc	3,0bc	3,2ab 3,5bc
Omissão de S	7,0a	2,0c	2,0c	3,0c 3,0c
D.M.S. (5%)	5,7	0,8	1,1	1,2 1,4
Teste F	1,14ns	7,06**	8,80**	3,64** 8,36**
C.V. (%)	28,92	12,92	15,55	14,87 15,13

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 15. Teor em ppm de ferro contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta				
	Raízes	Caulo	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
Completo	668,7bc	21,2c	43,7b	231,0bc	242,5bc
Omissão de N	531,2c	60,0b	60,0b	211,2bc	182,5c
Omissão de P	731,2abc	23,7c	48,7b	235,0bc	246,2bc
Omissão de K	781,2abc	32,5c	48,7b	198,7c	231,2bc
Omissão de Ca	1112,5a	103,7a	130,0a	330,0a	350,0a
Omissão de Mg	843,7abc	35,0c	60,0b	287,5ab	307,5ab
Omissão de S	950,0ab	26,7c	48,7b	245,0abc	278,7ab
D.M.S. (5%)	394,9	23,7	28,5	87,5	86,3
Teste F	5,04**	34,03**	24,48**	5,94**	8,76**
C.V. (%)	21,07	23,52	19,44	15,08	14,07

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade

De acordo com MASCARENHAS (1977) é provável que essa tendência em crescer o nível de ferro nos tratamentos deficientes em nitrogênio e cálcio, seja o resultado do antagonismo na absorção do íon ferro, o que reforça os resultados obtidos no presente ensaio.

Finalmente, pela Tabela 15, verifica-se que as omissões de fósforo, potássio, magnésio e enxofre da solução não mostraram diferenças nos teores de ferro nas diversas partes da planta, em relação ao tratamento completo.

LINGLE *et alii* (1963) relatam que a absorção de ferro é extremamente influenciada pela competição de cátions como: Mn^{+2} , Cu^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} e K^{+} .

4.1.3.10. Manganês

Os valores médios dos teores em ppm de manganês nas partes das plantas e o resumo da análise de variância encontram-se na Tabela 16.

Omitindo nitrogênio da solução, houve um aumento significativo no teor de manganês nas folhas inferiores. Entretanto, quando se omitiu fósforo e enxofre da solução não houve influência na concentração do manganês nos diferentes órgãos da planta.

Verifica-se na Tabela 16, que no tratamento onde se omitiu o potássio originou um aumento na concentração de manganês na raiz e folhas inferiores. Com a omissão do cálcio, houve um aumento no teor de manganês na raiz, ramos, fo-

Tabela 16. Teor em ppm de manganês contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta			
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores Folhas superiores
Completo	33,7b	16,2bcd	18,7b	27,5e 33,7bc
Omissão de N	17,5b	11,2d	17,5b	43,7cd 31,2c
Omissão de P	50,0ab	12,5cd	20,0b	31,2e 31,2bc
Omissão de K	73,7a	18,7bc	27,5b	47,5c 53,7b
Omissão de Ca	73,5a	21,2ab	45,0a	68,7b 75,0a
Omissão de Mg	70,0a	27,5a	27,5b	83,7a 88,7a
Omissão de S	46,2ab	21,2ab	28,7b	35,0de 40,0bc
D.M.S. (5%)	33,5	6,7	12,2	11,8 20,7
Teste F	9,14**	15,36**	12,82**	69,10** 26,96**
C.V. (%)	27,54	15,60	19,90	10,53 17,61

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

** significativo a 1% de probabilidade

lhas inferiores e superiores, enquanto que omitindo o magnésio este aumento se verificou na raiz, caule, folhas inferiores e superiores, sendo todos eles superiores quando comparados ao tratamento completo. Estes efeitos já foram observados por AMARAL (1983) e SHORROCKS (1965) em seringueira.

Por outro lado, autores como LÖHNIS (1960) e MASS *et alii* (1969) relatam que há um efeito competitivo entre o manganês e cátions como cálcio e o magnésio.

4.1.3.11. Zinco

Os teores em ppm de zinco nas diversas partes da planta e o resumo da análise de variância acham-se na Tabela 17.

Pelos dados observa-se que a omissão de quais quer dos nutrientes estudados, não afetou a concentração de zinco nas diversas partes da planta quando comparados com o tratamento completo.

4.1.4. Níveis de nutrientes

Os teores médios dos macronutrientes contidos nas diversas partes das plantas em função dos tratamentos com plete e com omissão de nutrientes são apresentados na Tabela 18.

Tabela 17. Teor em ppm de zinco contido na matéria seca das diversas partes da planta cultivada em solução nutritiva, em função dos tratamentos e resumo da análise de variância (Média de 4 repetições).

Tratamentos	Partes da planta				
	Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
Completo	47,5bc	30,0a	37,5abc	46,2a	50,0a
Omissão de N	41,2c	30,0a	47,5a	50,0a	52,5a
Omissão de P	51,2bc	25,0a	32,5bc	53,7a	50,0a
Omissão de K	71,2ab	30,0a	38,7abc	41,2a	51,2a
Omissão de Ca	68,7abc	27,5a	42,5ab	51,2a	52,5a
Omissão de Mg	72,7ab	25,0a	40,0abc	48,7a	55,0a
Omissão de S	73,7ab	28,7a	28,7c	41,2a	45,0a
D.M.S. (5%)	27,5	11,6	13,6	21,8	22,0
Teste F	7,19**	0,82ns	4,52**	1,07ns	0,43ns
C.V. (%)	18,84	17,79	15,26	19,68	18,57

- Médias seguidas de letras não comuns, nas colunas, representam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

ns: não significativo

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 18. Teores médios de macronutrientes contidos nas diversas partes da planta em função dos tratamentos completo e com omissão de nutrientes.

Nutrientes		Raizes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
		%				
N	Completo	1,95	0,91	1,21	1,47	1,63
	Deficiente	0,94	0,53	0,66	0,88	1,03
P	Completo	0,15	0,18	0,28	0,15	0,19
	Deficiente	0,10	0,07	0,13	0,04	0,08
K	Completo	0,79	0,64	0,81	1,04	1,32
	Deficiente	0,32	0,40	0,36	0,07	0,33
Ca	Completo	0,83	0,53	1,06	3,11	2,21
	Deficiente	0,43	0,32	0,42	1,66	0,95
Mg	Completo	0,47	0,16	0,24	0,45	0,53
	Deficiente	0,25	0,09	0,12	0,26	0,34
S	Completo	0,20	0,07	0,09	0,17	0,15
	Deficiente	0,08	0,04	0,06	0,11	0,09

Tabela 19. Teores médios de micronutrientes contidos nas diversas partes da planta relativo ao tratamento completo.

Nutrientes		Raizes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
		ppm				
B		19,5	16,2	24,7	89,2	48,0
Cu		7,5	3,0	3,0	4,5	5,7
Fe		668,7	21,2	43,7	231,0	242,5
Mn		33,7	16,2	18,7	27,5	33,7
Zn		47,5	30,0	37,5	46,2	50,0

Os teores médios de micronutrientes nas diversas partes das plantas relativos ao tratamento completo expressos em partes por milhão acham-se na Tabela 19.

4.2. Experimento em campo

4.2.1. Desenvolvimento das plantas

O desenvolvimento das plantas foi avaliado através dos dados de altura das plantas, diâmetro do caule (DAP) e produção de matéria seca total e das diversas partes da planta.

4.2.1.1. Altura das plantas e diâmetro do caule

As médias da altura das plantas e do diâmetro médio dos caules em função das diferentes idades e o resumo da análise de variância encontram-se na Tabela 20, enquanto que as equações de regressão, acham-se na Tabela 21.

Analisando os dados de altura das plantas e do diâmetro dos caules, verifica-se como era de se esperar que houve diferenças acentuadas em função das idades com relação a estas variáveis.

Para ambos os parâmetros ajustaram-se regressões lineares, com altos coeficientes de determinação onde os

Tabela 20. Altura das plantas (m) e diâmetro (DAP) do caule (cm), em função das idades (Média de 5 repetições).

Idades (meses)	Altura das plantas (m)	Diâmetro do caule (DAP) (cm)
24	2,91d	4,44d
36	3,70c	6,35c
48	5,02b	9,30b
96	12,35a	17,75a
DMS (Tukey 5%)	0,72	1,62
Teste F	597,40**	214,50**
C.V. (%)	6,60	9,48

** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 21. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), para altura média das plantas (m) e diâmetro (DAP) médio do caule (cm), em função das idades (meses).

Parâmetro	Equação $y =$	R^2
Altura das plantas	$- 0,9453 + 0,1361x$	98,59**
Diâmetro do caule	$- 0,0205 + 0,1859x$	99,74**

x = representa a idade da planta em meses

y = representa a estimativa da altura das plantas e diâmetro do caule em função das idades.

** significativo a 1% de probabilidade

valores de altura das plantas e diâmetro dos caules aumentavam com a idade das plantas. Aos 96 meses de idade a altura estimada das plantas foi de 12,12 m e do diâmetro do caule de 17,82 cm.

4.2.1.2. Produção de matéria seca

Na Tabela 22 encontram-se as médias da produção de matéria seca das diversas partes e da planta inteira e resumo da análise de variância em função das idades, enquanto que as equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de mínimo são apresentados na Tabela 23.

Observa-se pela Tabela 22 que houve diferenças na produção de matéria seca nas diferentes partes e na planta inteira, em função das idades.

Os acúmulos de matéria seca nas folhas, ponta, meio e base do caule, assim como para planta inteira, ajustaram-se a equações de regressão quadráticas apresentando acúmulos mínimos de 1505,28 g aos 13 meses de idade para folhas; 363,93 g aos 23 meses para ponta do caule; 681,80 g aos 22 meses para meio do caule; 945,32 g aos 21 meses para a base do caule e 6624,36 g aos 19 meses de idade para planta inteira (Tabela 23).

Na Tabela 23 verifica-se ainda que o acúmulo de matéria seca nos ramos também foi crescente, aumentando linearmente com a idade das plantas.

Tabela 22. Peso da matéria seca (g/planta) acumulada nas diversas partes e na planta inteira em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	1767,72c	2070,86b	439,68c	853,59c	1220,92c	6352,77c
36	1908,54c	7692,56b	817,42bc	1480,61c	2190,12c	14089,25bc
48	3242,30b	5013,92b	2698,99b	4884,04b	7062,50b	22901,77b
96	10387,71a	23229,60a	19017,58a	32899,89a	46201,82a	131736,60a
DMS(5%)	805,93	6006,49	2127,59	2996,95	4647,90	10654,60
Teste F	423,46**	40,47**	287,30**	430,26**	351,22**	503,52**
C.V. (%)	10,28	34,90	20,45	16,49	18,11	13,43

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 23. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de matéria seca (g/planta), acumuladas nas diversas partes e na planta inteira em função das idades.

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$1733,0212 - 34,3944x + 1,2986x^2$	99,77**	13	1505,28
Ramos	$-5159,71 + 287,48x$	92,45**	-	-
Caule-ponta	$2139,0911 - 156,8883x + 3,4664x^2$	99,97**	23	363,93
Caule-meio	$3529,0906 - 258,9021x + 5,8854x^2$	99,96**	22	681,80
Caule-base	$4610,1996 - 344,7205x + 8,1061x^2$	99,96**	21	945,32
Total	$14793,9988 - 836,0699x + 21,3906x^2$	99,95**	19	6624,36

x = representa a idade da planta em meses

y = representa a estimativa do peso da matéria seca, em gramas/planta

** significativo a 1% de probabilidade

Aos 24 e 96 meses de idade a produção de matéria seca estimada foi de 1655,54 e 10398,00 g/planta para folhas, 1739,70 e 2243,80 g/planta para ramos; 370,43 e 19024,00 g/planta para ponta do caule; 705,45 e 32914,00 g/planta para meio do caule; 1006,00 e 46223,00 g/planta para base do caule e 7049,20 e 131667,05 g/planta para planta inteira.

4.2.2. Macronutrientes

4.2.2.1. Nitrogênio

a) Concentração

Os resultados analíticos referentes à concentração de nitrogênio nas diversas partes da planta, em função das idades, são apresentados nas Tabelas 24 e 25.

Constata-se que as concentrações de nitrogênio nas diversas partes da planta diminuem com a idade (Tabela 24), sendo estas diferenças mais efetivas quando se compara os teores aos 24 e aos 96 meses de idade, exceção feita para base do caule. Por outro lado, verifica-se que as maiores concentrações do elemento foram encontradas nas folhas.

Pela Tabela 25 observa-se que ajustou-se regressões quadráticas para as concentrações de nitrogênio em função das idades em todas as partes da planta, com mínimos de 2,28% aos 64 meses de idade para folhas; 0,51% aos 64 meses para ramos; 0,35% aos 67 meses para ponta do caule,

Tabela 24. Teor percentual de nitrogênio (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	2,73a	0,95a	0,80a	0,75a	0,68a
36	2,71a	0,74ab	0,51b	0,53b	0,60ab
48	2,61a	0,58b	0,47b	0,44b	0,46b
96	2,25b	0,76b	0,53b	0,51b	0,55ab
DMS (5%)	0,36	0,20	0,13	0,09	0,16
Teste F	6,13**	8,74**	20,33**	34,63**	5,53**
C.V. (%)	7,81	14,79	12,80	9,00	15,32

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 25. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de nitrogênio (% = y) nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$3,6271 - 0,0421x + 0,0003x^2$	65,07**	64	2,28
Ramos	$1,6183 - 0,0339x + 0,0002x^2$	92,10**	64	0,51
Caule-ponta	$1,3237 - 0,0305x + 0,0002x^2$	91,84**	67	0,35
Caule-meio	$1,2967 - 0,0279x + 0,0002x^2$	97,94**	67	0,35
Caule-base	$1,0870 - 0,0196x + 0,0001x^2$	93,67**	66	0,43

** significativo a 1% de probabilidade

0,35% aos 67 meses para meio do caule e 0,43% aos 66 meses de idade para base do caule.

Aos 24 e 96 meses de idade, as folhas apresentaram concentrações estimadas de 2,80% e 2,61%; ramos 0,95% e 0,77%; ponta do caule 0,78% e 0,53%; meio do caule 0,74% e 0,52% e base do caule 0,70% e 0,56%. No ensaio de casa de vegetação, com solução nutritiva, obteve-se os seguintes teores de nitrogênio para plantas submetidas a tratamento com omissão do elemento: folhas superiores 1,03%; folhas inferiores 0,88%; ramos 0,66% e caule 0,53%. Observa-se que os teores encontrados nas plantas com 24 e 96 meses de idade estão acima dos limites verificados em plantas carentes.

b) Acúmulo

Os resultados analíticos obtidos sobre o acúmulo de nitrogênio nas diversas partes da planta, em função das idades, acham-se nas Tabelas 26 e 27.

Verifica-se pela Tabela 26 que houve efeitos das idades nas quantidades de nitrogênio acumuladas pelas partes e para planta inteira. Observa-se que embora não tenha havido diferenças marcantes no acúmulo do elemento nas primeiras idades, este aumento foi gradativo associado à produção da matéria seca, sendo esta diferença expressiva aos 96 meses de idade.

As quantidades de nitrogênio acumuladas nas partes e na planta inteira obedeceram equações de regressão

Tabela 26. Quantidades de nitrogênio (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	48,26b	19,86b	3,53b	6,44c	8,33b	86,42c
36	51,93b	28,52b	4,29b	7,85c	13,33b	133,51bc
48	73,15b	56,11b	12,91b	21,94b	32,68b	169,20b
96	272,94a	177,83a	100,55a	168,86a	261,63a	981,81a
DMS (5%)	40,50	44,38	14,37	8,29	62,48	70,41
Teste F	116,88**	44,54**	175,55**	75,23**	62,74**	604,28**
C.V. (%)	20,04	34,72	26,16	8,93	43,67	11,34

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 27. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de nitrogênio ($g=y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses= x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$73,6226-2,1383x+0,0439x^2$	99,98**	25	47,59
Ramos	$51,5343-1,6417x+0,0307x^2$	94,43**	27	29,58
Caule-ponta	$17,2222-1,0655x+0,0201x^2$	99,98**	26	3,13
Caule-meio	$29,7385-1,7994x+0,0338x^2$	99,98**	26	5,82
Caule-base	$44,0297-2,7339x+0,0521x^2$	99,99**	26	8,15
Total	$216,1474-9,3789x+0,1807x^2$	99,87**	26	94,44

** significativo a 1% de probabilidade

quadráticas com mínimos de 47,59 g aos 25 meses de idade para folhas; 29,58 g aos 27 meses para ramos; 3,13 g aos 26 meses para ponta do caule; 5,82 g aos 26 meses para meio do caule; 8,15 g aos 26 meses para base do caule e 94,44 g aos 26 meses de idade para planta inteira (Tabela 27).

Aos 24 meses de idade encontrou-se acúmulo estimado de 28,05 g de N/kg de folhas; 9,54 g de N/kg de ramos; 7,81 g de N/kg de ponta do caule; 7,44 g de N/kg de meio do caule e 7,00 g de N/kg de base do caule. Para plantas com 96 meses de idade a estimativa foi de 26,10 g de N/kg de folhas; 7,70 g de N/kg de ramos; 5,34 g de N/kg de ponta do caule; 5,20 g de N/kg de meio do caule e 5,60 de N/kg de base do caule.

As plantas com 24 e 96 meses de idade mostraram acúmulos estimados de nitrogênio (g/planta) em 47,59 e 273,00 g para folhas; 29,81 e 176,83 g para ramos; 3,25 e 100,58 g para ponta do caule; 6,04 e 168,90 g para meio do caule e 95,12 e 980,93 g para planta inteira.

4.2.2.2. Fósforo

a) Concentração

Os valores de concentração de fósforo nas diversas partes da planta, em função das idades, resumo da análise de variância e as equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de máximo acham-se expostos nas Tabelas 28 e 29.

Tabela 28. Teor percentual de fósforo (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	0,10a	0,05b	0,04b	0,04a	0,04a
36	0,13a	0,06b	0,06a	0,04a	0,04a
48	0,11a	0,09a	0,07a	0,03ab	0,04a
96	0,10a	0,05b	0,03b	0,02b	0,02b
DMS (5%)	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
Teste F	3,54ns	10,59**	10,36**	7,22**	12,66**
C.V. (%)	14,34	20,81	23,83	16,98	12,42

** significativo a 1% de probabilidade

ns não significativo

Tabela 29. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de máximo (PM) do teor percentual de fósforo (% = x) nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de máximo	
			x	y
Folhas	não significativo pelo teste F	-	-	-
Ramos	$-0,02719 + 0,00390x - 0,00004x^2$	83,27**	60	0,09
Caule-ponta	$-0,02114 + 0,00339x - 0,00003x^2$	98,46**	58	0,08
Caule-meio	$0,0508 - 0,0002x$	76,12**	-	-
Caule-base	$0,0470 - 0,0003x$	92,45**	-	-

** significativo a 1% de probabilidade

A análise de variância das concentrações de fósforo nas diversas partes da planta em função das idades mostra diferenças significativas nas partes estudadas, com exceção das folhas que tiveram comportamento semelhante em todas as idades.

Observa-se pela Tabela 29 que para ramos e ponta do caule as concentrações de fósforo em função das idades são representadas por equações de regressão quadráticas, com máximos de 0,09% aos 60 meses para ramos e 0,08% aos 58 meses de idade para ponta do caule.

Quanto ao meio e base do caule, ajustou-se equação da regressão linear, nos quais a concentração decresce com a idade da planta.

As concentrações estimadas aos 24 e 96 meses de idade foram para ramos 0,05% e 0,05%; para ponta do caule 0,04% e 0,03%; para meio do caule 0,04% e 0,03% e para base do caule 0,04% e 0,03%. Para folhas as concentrações observadas foram 0,10% e 0,10%. Observa-se que estes valores estão abaixo daqueles encontrados nos órgãos de plantas com nítidos sintomas visuais de carência do elemento, com exceção das folhas (folhas superiores 0,08%; folhas inferiores 0,04%; ramos 0,13% e caule 0,07%).

b) Acúmulo

Os resultados obtidos sobre o acúmulo de fósforo nas diversas partes da planta e resumo da análise da variância, acham-se na Tabela 30, enquanto que as equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de mínimo na Tabela 31.

Pela Tabela 30 observa-se que houve diferenças no acúmulo de fósforo em função das idades, tanto para a planta inteira como para as diversas partes amostradas.

As quantidades de fósforo acumuladas tanto nas folhas como no meio e base do caule, ajustaram-se equações de regressão do 2º grau com mínimos de 1,59 g aos 8 meses de idade para folhas; 0,03 g aos 2 meses de idade para meio do caule e 0,08 g aos 10 meses de idade para base do caule (Tabela 31).

Para ramos, ponta do caule e planta inteira houve um aumento na quantidade do elemento de forma linear com a maturidade da planta.

Aos 24 e 96 meses de idade verificou-se acúmulos estimados, respectivamente, de 1,06 e 1,06 g de P/kg de folhas; 0,50 e 0,50 g de P/kg de ramos; 0,43 e 0,34 g de P/kg de ponta do caule; 0,45 e 0,30 g de P/kg de meio do caule e 0,41 e 0,30 g de P/kg de base do caule.

Observou-se acúmulos estimados de fósforo (g/planta) aos 24 e 96 meses de idade em 1,89 e 11,03 g para fo-

Tabela 30. Quantidades de fósforo (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	1,88c	1,07c	0,18c	0,37c	0,49b	3,99c
36	2,56bc	4,92bc	0,54c	0,58bc	0,92b	9,52bc
48	3,50b	4,61b	1,93b	2,24b	2,53b	14,81b
96	11,04a	11,60a	6,43a	9,29a	11,93a	50,27a
DMS (5%)	1,52	3,80	0,94	1,85	2,27	6,75
Teste F	128,33**	21,93**	151,41**	83,46**	92,45**	157,07**
C.V. (%)	17,68	37,82	22,99	32,86	31,54	18,96

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 31. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) da quantidade de fósforo ($g=y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
Folhas	$1,6883-0,0209x+0,0012x^2$	99,99**	8	1,59
Ramos	$-1,3731+0,1358x$	94,92**	-	-
Caule-ponta	$-2,3452+0,0905x$	98,86**	-	-
Caule-meio	$-0,3258-0,0030x+0,0011x^2$	99,57**	2	0,03
Caule-base	$0,2444-0,0326x+0,0016x^2$	99,89**	10	0,08
Total	$13,9307+0,6585x$	98,94**	-	-

** significativo a 1% de probabilidade

lhas; 1,88 e 11,66 g para ramos; 0,17 e 6,34 g para ponta do caule; 0,22 e 9,28 g para meio do caule; 0,39 e 11,94 g para base do caule e 4,55 e 50,25 g para planta inteira.

4.2.2.3. Potássio

a) Concentração

Os resultados analíticos referentes à concentração de potássio nas diferentes partes da planta, em função das idades, são apresentados nas Tabelas 32 e 33.

Analizando-se a Tabela 32, verifica-se que houve diferenças nas concentrações de potássio em função das idades para todas as partes amostradas da planta. Por outro lado, observa-se que as maiores concentrações ocorreram aos 24 meses de idade em todos os órgãos da planta.

De acordo com a Tabela 33, constata-se que os valores de concentração de potássio nas folhas, ajustou-se a uma regressão quadrática, com alto valor de coeficiente de determinação e um máximo de 1,87% aos 35 meses de idade.

Para os ramos, ponta e meio do caule ajustaram-se também equações de regressão de 2º grau, com teor apresentando mínimos de 0,29% aos 72 meses para ramos; 0,29% aos 93 meses para ponta do caule e 0,23% de potássio aos 85 meses de idade para meio do caule.

O teor de potássio na base do caule diminuiu com a idade da planta, ajustando-se a uma equação linear.

Tabela 32. Teor percentual de potássio (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	1,78ab	0,62a	0,59a	0,58a	0,37a
36	1,96a	0,37b	0,44b	0,39b	0,34ab
48	1,74b	0,42b	0,44b	0,38b	0,27b
96	0,42c	0,36b	0,29c	0,24c	0,18c
DMS (5%)	0,18	0,09	0,08	0,12	0,08
Teste F	250,08**	28,43**	39,66**	21,01**	15,61**
C.V. (%)	6,83	11,59	10,08	16,79	16,26

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 33. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de máximo (PM), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de potássio ($\% = y$) nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			x	y	x	y
Folhas	$1,3939 + 0,0271x - 0,0004x^2$	99,13**	35	1,87	-	-
Ramos	$0,9582 - 0,0184x + 0,0001x^2$	74,06**	-	-	72	0,29
Caule-ponta	$0,81075 - 0,01125x + 0,00004x^2$	93,45**	-	-	93	0,29
Caule-meio	$0,86756 - 0,01496x + 0,00009x^2$	93,27**	-	-	85	0,23
Caule-base	$0,4257 - 0,0026x$	96,21**	-	-	-	-

** significativo a 1% de probabilidade

As concentrações estimadas de potássio aos 24 e 96 meses de idade foram de 1,82% e 0,41% para folhas; 0,59% e 0,36% para ramos; 0,57% e 0,29% para ponta do caule; 0,56% e 0,25% para meio do caule e 0,36% e 0,17% para base do caule. Comparando com os valores obtidos em plantas deficientes (folhas superiores 0,33%; folhas inferiores 0,07%; ramos 0,36% e caule 0,40%), observa-se que aos 24 meses de idade os teores encontrados estão acima dos limites de carência, enquanto para plantas com 96 meses de idade apenas as concentrações encontradas no caule estão abaixo.

b) Acúmulo

As quantidades de potássio acumuladas nas diferentes partes e na planta inteira, em função das idades e o resumo da análise de variância, são apresentados na Tabela 34 e as equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de máximo e mínimo na Tabela 35.

Pela Tabela 34 observa-se que houve diferenças no acúmulo do potássio em função das idades para as partes e planta inteira.

Os valores de acúmulo de potássio nas folhas, ponta, meio e base do caule ajustaram-se a equações de regressão quadráticas (Tabela 35), constatando-se um máximo de acúmulo igual a 58,17 g aos 66 meses de idade para folhas e mínimos de 0,74 g aos 12 meses para ponta do caule; 1,97 g aos 11 meses para meio do caule e 0,69g aos 7 meses para base do caule.

Tabela 34. Quantidades de potássio (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	31,48b	12,77b	2,61b	5,01b	4,60c	56,48c
36	37,39b	21,25b	3,58b	5,83b	7,34bc	82,30c
48	56,44a	28,16b	11,90b	18,87b	19,61b	128,08b
96	43,31ab	83,58a	54,98a	81,90a	83,51a	347,28a
DMS (5%)	10,98	22,48	9,99	28,18	13,49	40,82
Teste F	15,50**	33,34**	101,33**	27,58**	123,88**	172,85**
C.V. (%)	14,38	34,05	30,18	55,78	25,89	14,67

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 35. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), ponto de máximo (PM) e pontos de mínimo (Pm) das quantidades de potássio ($g=y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de máximo		Ponto de mínimo	
			x	y	x	y
Folhas	$-13,5857+2,1695x-1,6399x^2$	84,19**	66	58,17	-	-
Ramos	$-13,5709+0,9806x$	93,24**	-	-	-	-
Caule-ponta	$1,7618-0,1768x+0,0076x^2$	99,75**	-	-	12	0,74
Caule-meio	$3,3816-0,2511x+0,0111x^2$	99,65**	-	-	11	1,97
Caule-base	$1,2019-0,1469x+0,0105x^2$	99,81**	-	-	7	0,69
Total	$-59,5449+4,1781x$	99,01**	-	-	-	-

** significativo a 1% de probabilidade

Os ramos e planta inteira acumularam potássio com a maturidade da planta ajustando-se equações de regressão lineares.

Encontrou-se acúmulos de potássio aos 24 e 96 meses de idade estimados em 18,22 e 4,12 g de K/kg de folhas; 5,90 e 3,63 g de K/kg de ramos; 5,75 e 2,90 g de K/kg de ponta do caule; 5,60 e 2,50 g de K/kg de meio do caule e 3,63 e 1,74 g de K/kg de base do caule.

Aos 24 e 96 meses de idade os acúmulos estimados de potássio (g/planta) foram para folhas 29,03 e 43,56 g; para ramos 9,96 e 80,57 g; para ponto do caule 1,91 e 55,05 g; para meio do caule 3,77 e 82,02 g; para base do caule 3,70 e 83,60 g e para planta inteira 48,37 e 344,80 g.

4.2.2.4. Cálcio

a) Concentração

Nas Tabelas 36 e 37 acham-se expostos os resultados analíticos sobre a concentração de cálcio nas diversas partes da planta em função das idades.

Pela Tabela 36 constata-se que os teores de cálcio mostraram uma tendência a aumentar com a idade, enquanto que a concentração do nitrogênio, fósforo e potássio diminuiu com a idade da planta.

Tabela 36. Teor percentual de cálcio (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta, em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	0,66b	0,57a	0,27b	0,29b	0,41b
36	0,75b	0,36b	0,19bc	0,19b	0,47b
48	0,80ab	0,39b	0,25b	0,24b	0,43b
96	1,02a	0,67a	0,35a	0,42a	0,63a
DMS (5%)	0,25	0,13	0,08	0,11	0,11
Teste F	6,04**	19,93**	11,83**	13,10**	12,72**
C.V. (%)	17,26	14,90	15,73	21,72	13,07

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 37. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de cálcio (% = y) nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$0,5818+0,0045x$	84,44**	-	-
Ramos	$0,9618-0,0223x+0,0002x^2$	90,13**	55	0,34
Caule-ponta	$0,34239-0,00481x+0,00005x^2$	78,44**	47	0,22
Caule-meio	$0,45339-0,00966x+0,00009x^2$	90,10**	49	0,21
Caule-base	$0,3308+0,0030x$	88,98**	-	-

** significativo a 1% de probabilidade

Verifica-se pela Tabela 37, que o teor de cálcio nas folhas e na base do caule aumentaram linearmente com a idade da planta.

Nos ramos, ponta e meio do caule as concentrações de cálcio foram representadas por equações de regressão quadráticas, mostrando mínimos de 0,34% aos 55 meses para ramos; 0,22% aos 47 meses para ponta do caule e 0,21% aos 49 meses de idade para meio do caule.

Aos 24 e 96 meses de idade as concentrações estimadas de cálcio foram de 0,69% e 1,01% para folhas; 0,54% e 0,67% para ramos; 0,26% e 0,35% para ponta do caule; 0,28% e 0,42% para meio do caule e 0,40% e 0,62% para base do caule. Confrontando com as concentrações observadas para plantas carentes em cálcio (folhas superiores 0,95%; folhas inferiores 1,66%; ramos 0,42% e caule 0,32%) constata-se que o teor do elemento observado nas folhas de plantas com 24 meses foi inferior ao teor verificado em plantas carentes, enquanto que nos ramos foi superior. Nas plantas com 96 meses de idade os teores encontrados nos ramos e caule foram maiores do que os das plantas deficientes.

b) Acúmulo

As quantidades de cálcio acumuladas em função das idades das plantas e o resumo na análise de variância encontram-se na Tabela 38, enquanto que as equações de regres-

são, coeficientes de determinação e pontas de mínimo acham-se na Tabela 39.

Pela Tabela 38 verifica-se que embora não tenha havido diferenças significativas no acúmulo de cálcio nas primeiras idades para as diversas partes e planta inteira, estas diferenças foram se tornando evidentes com a maturidade da planta, pois como era de se esperar, os maiores valores estão diretamente relacionados com a quantidade de biomassa produzida.

As quantidades de cálcio acumuladas nas diferentes partes e para planta inteira ajustaram-se a equações de regressão quadráticas (Tabela 39), com mínimos de 11,84 g aos 20 meses de idade para folhas; 15,46 g aos 29 meses para ramos; 0,90 g aos 28 meses para ponta do caule; 1,44 g aos 30 meses para meio do caule; 4,76 g aos 27 meses para base do caule e 35,50 aos 27 meses de idade para planta inteira.

Aos 24 e 96 meses de idade encontrou-se acúmulos estimados de 6,90 e 10,11 g de Ca/kg de folhas; 5,43 e 6,74 g de Ca/kg de ramos; 2,60 e 3,53 g de Ca/kg de ponta do caule; 2,80 e 4,25 g de Ca/kg de meio do caule e 4,03 e 6,21 g de Ca/kg de base do caule.

Os acúmulos estimados para quantidades de cálcio em g/planta aos 24 e 96 meses de idade foram de 12,06 e 105,87 g para folhas; 16,24 e 157,07 g para ramos; 1,08 e 67,34 g para ponta do caule; 2,57 e 140,92 g para meio do caule; 5,41 e 290,31 g para base do caule e 37,36 e 761,54 g para planta inteira.

Tabela 38. Quantidade de cálcio (g) acumulada nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	13,33b	11,87b	1,21b	2,50b	5,02c	33,93b
36	12,79b	27,51b	1,58b	2,78b	10,28bc	54,94b
48	26,28b	20,33b	7,00b	11,73b	30,11b	95,45b
96	105,75a	157,87a	67,33a	140,93a	290,36a	762,24a
DMS (5%)	28,33	56,29	12,77	48,91	22,05	126,03
Teste F	70,29**	24,71**	103,87**	51,70**	642,55**	209,09**
C.V. (%)	28,32	57,23	36,56	53,36	14,50	22,95

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 39 - Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de cálcio ($g = y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$18,7069 - 0,6720x + 0,0165x^2$	99,74**	20	11,84
Ramos	$41,9020 - 1,8255x + 0,0315x^2$	98,78**	29	15,46
Caule-ponta	$11,7161 - 0,7840x + 0,0142x^2$	99,98**	28	0,90
Caule-meio	$30,1570 - 1,9168x + 0,0319x^2$	99,99**	30	1,44
Caule-base	$49,8119 - 3,3016x + 0,0605x^2$	99,99**	27	4,76
Total	$152,2940 - 8,4999x + 0,1546x^2$	99,96**	27	35,50

** significativo a 1% de probabilidade

4.2.2.5. Magnésio

a) Concentração

Os resultados analíticos referentes à concentração de magnésio nas diversas partes da planta em função das idades, acham-se nas Tabelas 40 e 41.

Embora não tenha ocorrido diferenças na concentração de magnésio nas idades de 24, 36 e 48 meses para ramos e caule (base, meio e ponta) observa-se pelos dados (Tabelas 40) que existe uma tendência de aumento da concentração do nutriente, uma vez que aos 96 meses de idade a concentração foi superior às outras idades. Para folhas, as diferenças na concentração do elemento já se evidenciaram a partir dos 36 meses de idade.

Através da Tabela 41 constata-se que equações de regressão de 1º grau, ajustaram-se ao acréscimo linear da concentração de magnésio nas folhas e ramos, aumentando o teor do elemento com a idade da planta.

Para ponta, meio e base do caule ajustaram-se equações de regressão quadráticas com mínimos de concentração de 0,03% aos 32 meses para ponta do caule; 0,04% aos 33 meses para meio do caule e 0,05% aos 23 meses de idade para base do caule.

Concentrações estimadas de magnésio aos 24 e 96 meses de idade da planta foram de 0,17% e 0,65% para folhas; 0,04% e 0,12% para ramos; 0,04% e 0,23% para ponta;

Tabela 40. Teor percentual de magnésio (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	0,17c	0,04b	0,03b	0,03b	0,05b
36	0,21c	0,05b	0,04b	0,04b	0,05b
48	0,34b	0,06b	0,05b	0,05b	0,08b
96	0,65a	0,12a	0,23a	0,21a	0,26a
DMS (5%)	0,11	0,02	0,05	0,03	0,05
Teste F	55,97**	30,04**	52,86**	104,51**	110,09**
C.V. (%)	18,36	19,80	33,02	21,72	18,41

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 41. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de magnésio (% = y) nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$0,0047+0,0067x$	98,67**	-	-
Ramos	$0,0169+0,0010x$	93,76**	-	-
Caule-ponta	$0,08329-0,00300x+0,00005x^2$	99,89**	32	0,03
Caule-meio	$0,08671-0,00291x+0,00004x^2$	99,41**	33	0,04
Caule-base	$0,07561-0,00178x+0,00004x^2$	99,80**	23	0,05

** significativo a 1% de probabilidade

0,04% e 0,21% para meio e 0,05% e 0,26% para base do caule. Comparando com os teores verificados para plantas deficientes em magnésio (folhas superiores 0,34%; folhas inferiores 0,26%; ramos 0,12% e caule 0,09%) observa-se que as concentrações estimadas para folhas e caule (ponta, meio e base) em plantas com 96 meses foram superiores aos órgãos correspondentes às plantas carentes, enquanto nos ramos as concentrações foram iguais. Nas plantas com 24 meses de idade os valores estimados para todas as partes foram inferiores aos das plantas deficientes.

b) Acúmulo

As quantidades de magnésio acumuladas nas diversas partes e na planta inteira em função das idades e o resumo de análise de variância encontram-se na Tabela 42 e as equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de mínimo na Tabela 43.

O acúmulo de magnésio nas diversas partes e na planta inteira foi crescente (Tabela 42), embora as primeiras idades não tenham mostrado diferenças entre si, acentuando-se, porém, aos 96 meses de idade, aliada a uma maior produção de matéria seca.

Para todas as partes, assim como na planta inteira, as quantidades acumuladas de magnésio aumentaram de acordo com equações de regressão quadráticas com mínimos de 2,86 g aos 23 meses de idade para folhas; 1,56 g aos 26 meses

Tabela 42. Quantidades de magnésio (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	3,28b	1,03b	0,18b	0,40b	0,71b	5,60b
36	3,99b	3,29b	0,26b	0,44b	1,22b	9,20b
48	11,14b	3,39b	1,37b	2,61b	5,93b	24,44b
96	67,43a	27,99a	43,60a	70,40a	121,12a	330,54a
DMS (5%)	8,36	8,68	12,22	15,26	9,72	26,10
Teste F	223,22**	35,34**	50,72**	84,51**	609,34**	708,10**
C.V (%)	21,50	53,72	59,45	45,63	16,65	15,58

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 43. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de magnésio ($g = y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$9,0901 - 0,5478x + 0,0120x^2$	99,93**	23	2,86
Ramos	$5,2876 - 0,2844x + 0,0054x^2$	99,43**	26	1,56
Caule-ponta	$12,1547 - 0,7573x + 0,0113x^2$	99,93**	33	0,50
Caule-meio	$19,1553 - 1,1965x + 0,0180x^2$	99,95**	33	0,60
Caule-base	$30,1872 - 0,1920x + 0,0298x^2$	99,96**	32	0,70
Total	$76,0537 - 4,7118x + 0,0767x^2$	99,96**	31	3,66

** significativo a 1% de probabilidade

para ramos; 0,50 g aos 33 meses para ponta do caule; 0,60 g aos 33 meses para meio do caule; 0,70 g aos 32 meses para base do caule e 3,66 g aos 31 meses de idade para planta inteira (Tabela 43).

Aos 24 e 96 meses de idade observou-se acúmulos estimados de 1,70 e 6,51 g de Mg/kg de folhas; 0,42 e 1,20 g de Mg/kg de ramos; 0,40 e 2,30 g de Mg/kg de ponta do caule; 0,42 e 2,12 g de Mg/kg de meio do caule e 0,55 e 2,64 g de Mg/kg de base do caule.

Constatou-se aos 24 e 96 meses de idade acúmulos estimados de magnésio (g/planta) em 2,87 e 67,47 g para folhas; 1,58 e 27,93 g para ramos; 0,48 e 43,57 g para ponta do caule; 0,82 e 70,36 g para meio do caule; 1,31 e 121,06 g para base do caule e 7,06 e 330,38 g para planta inteira.

4.2.2.6. Enxofre

a) Concentração

Nas Tabelas 44 e 45 encontram-se os dados analíticos referentes às concentrações de enxofre nas diversas partes da planta, em função das idades.

Observa-se que as concentrações de enxofre nas diferentes partes da planta foram afetadas pela idade, verificando-se pela Tabela 44, um decréscimo nos teores do elemento com o envelhecimento da planta, com exceção da base do caule onde os teores foram semelhantes.

Tabela 44. Teor percentual de enxofre (%) contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	0,38a	0,07a	0,05a	0,06a	0,05a
36	0,30ab	0,04b	0,02b	0,03b	0,05a
48	0,29ab	0,04b	0,01b	0,02bc	0,04a
96	0,27b	0,05ab	0,01b	0,01c	0,04a
DMS (5%)	0,09	0,02	0,01	0,01	0,02
Teste F	3,93*	6,82**	102,67**	35,11**	1,85ns
C.V. (%)	16,50	24,17	18,63	24,25	24,57

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

ns não significativo

Tabela 45. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor percentual de enxofre (% = y) nas diversas partes das plantas em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$0,52246 - 0,00754x + 0,00005x^2$	93,46**	72	0,25
Ramos	$0,13017 - 0,00322x + 0,00002x^2$	91,90**	63	0,03
Caule-ponta	$0,11322 - 0,00322x + 0,00002x^2$	80,62**	72	0,001
Caule-meio	$0,14251 - 0,00389x + 0,00003x^2$	98,80**	72	0,002
Caule-base	$0,08229 - 0,00151x + 0,00001x^2$	92,82*	63	0,03

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

Verifica-se através da Tabela 45 que as concentrações de enxofre em todas as partes estudadas foram ajustadas por equações de regressão quadráticas, com mínimos de concentração de 0,25% aos 72 meses de idade para folhas; 0,03% aos 63 meses para ramos; 0,001% aos 72 meses para ponta do caule; 0,002% aos 72 meses para meio do caule e 0,03% aos 63 meses de idade para base do caule.

Aos 24 e 96 meses de idade, as concentrações estimadas de enxofre na planta, foram de 0,37% e 0,28% para folhas; 0,07% e 0,06% para ramos; 0,05% e 0,01% para ponta do caule; 0,06% e 0,02% para meio do caule e 0,05% e 0,04% para base do caule. Confrontando-se com os teores encontrados em plantas deficientes (folhas superiores 0,09%; folhas inferiores 0,11%; ramos 0,06% e caule 0,04%) observa-se que os valores para folhas e ramos estimados para plantas com 24 meses estão acima daqueles correspondentes às plantas deficientes, sendo que para caule a concentração está no limite. Para plantas com 96 meses de idade, a concentração estimada para folhas está acima do limite de carência, para ramos semelhantes e para caule estes valores estão abaixo.

b) Acúmulo

Os dados de acúmulo de enxofre nas diversas partes da planta e planta inteira, em função da idade e resumo da análise de variância, acham-se na Tabela 46, enquanto que as

equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de mínimo são apresentados na Tabela 47.

Observa-se pela Tabela 46, que houve diferenças entre as partes e na planta inteira no acúmulo de enxofre, embora essas diferenças não tenham sido significativas nas primeiras idades, tornando-se mais expressivas aos 96 meses de idade.

Para ramos verifica-se que equação de 1º grau com alto coeficiente de determinação ajustou-se ao acréscimo linear do acúmulo de enxofre, mostrando que a quantidade aumenta com a idade da planta (Tabela 47).

No caso de folhas, ponta, meio e base do caule, assim como para planta inteira, ajustaram-se equações de regressão quadráticas no acúmulo do elemento com mínimos de 6,21 g aos 24 meses para folhas; 0,18 g aos 21 meses para ponta do caule; 0,51 g aos 29 meses para meio do caule; 0,61 g aos 27 meses para base do caule e 9,47 g aos 27 meses para planta inteira.

Constatou-se aos 24 e 96 meses de idade acúmulos estimados de 3,71 e 2,80 g de S/kg de folhas; 0,70 e 0,60 g de S/kg de ramos; 0,50 e 0,10 g de S/kg de ponta do caule; 0,65 e 0,20 g de S/kg de meio do caule e 0,53 e 0,44 g de S/kg de base do caule.

As plantas mostraram aos 24 e 96 meses de idade acúmulos estimados de enxofre (g/planta) em 6,21 e 28,74 g para folhas; 0,44 e 12,53 g para ramos; 0,18 e 1,91 g para

Tabela 46. Quantidades de enxofre (g) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições)

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	6,67bc	1,45b	0,23bc	0,56b	0,63b	9,54b
36	5,74c	3,24b	0,11c	0,50b	1,00b	10,59b
48	9,42b	1,95b	0,49b	0,97b	2,51b	15,34b
96	28,69a	13,24a	1,90a	5,87a	21,62a	71,32a
DMS (5%)	3,36	4,88	0,25	2,33	4,98	8,45
Teste F	170,53**	21,31**	172,67*	20,44**	68,00**	204,75**
C.V. (%)	14,66	54,17	20,52	65,08	42,74	17,46

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 47. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de enxofre ($g=y$) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x)

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$8,6744-0,2065x+0,0043x^2$	99,44**	24	6,21
Ramos	$-3,5946+0,1680x$	90,85**	-	-
Caule-ponta	$0,3078-0,0126x+0,0003x^2$	98,61**	21	0,18
Caule-meio	$1,5144-0,0694x+0,0012x^2$	99,96**	29	0,51
Caule-base	$3,8795-0,2408x+0,0044x^2$	99,98**	27	0,61
Total	$18,5667-0,6836x+0,0128x^2$	99,99**	27	9,47

** significativo a 1% de probabilidade

ponta do caule; 0,53 e 5,87 g para meio do caule; 0,65 e 21,62 g para base do caule e 8,01 e 70,67 g para planta inteira.

4.2.3. Micronutrientes

4.2.3.1. Boro

a) Concentração

Os resultados analíticos sobre a concentração de boro nas diversas partes da planta, encontram-se nas Tabelas 48 e 49.

Verifica-se que houve efeito da concentração de boro nas diversas partes da planta (Tabela 48) em função das idades, sendo esses teores mais elevados nas plantas com 24 meses quando comparadas às das demais idades, que embora não apresentem diferenças entre si, mostram uma tendência a diminuir gradativamente a concentração conforme foi observado até a idade de 96 meses.

Pela Tabela 49 observa-se que os teores de boro nas folhas e ponta do caule ajustaram-se a equações de regressão de 1º grau, mostrando que a concentração do elemento diminui linearmente com o desenvolvimento da planta.

Para ramos, meio e base do caule ajustaram-se equações de regressão quadráticas, com um mínimo de concentração de 11,6 ppm aos 74 meses para ramos; 7,6 ppm aos 73 meses para meio do caule e 6,1 ppm aos 70 meses de idade para base do caule.

Tabela 48. Teor em ppm de boro contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	81,2a	17,6a	15,6a	17,4a	12,8a
36	64,8ab	14,2b	12,8ab	11,2b	8,6b
48	70,8ab	13,6b	12,8ab	11,0b	8,2b
96	53,8c	12,6b	11,0b	9,6b	8,0b
DMS (5%)	16,8	2,8	2,8	2,7	2,4
Teste F	8,37**	9,80**	7,44**	27,42**	14,44**
C.V. (5%)	13,8	10,68	11,93	12,05	14,27

** significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 49. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor em ppm de boro ($\text{ppm} = y$) nas diversas partes da planta, em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$83,9638 - 0,3199x$	77,70**	-	-
Ramos	$24,0414 - 0,3346x + 0,0022x^2$	94,44**	74	11,6
Caule-ponta	$15,7228 - 0,0524x$	75,78**	-	-
Caule-meio	$27,8463 - 0,5545x + 0,0038x^2$	88,75**	73	7,6
Caule-base	$20,5487 - 0,4096x + 0,0029x^2$	90,47**	70	6,1

** significativo a 1% de probabilidade

Aos 24 e 96 meses de idade as concentrações estimadas de boro foram 76,3 e 53,2 ppm para folhas; 17,3 e 12,6 ppm para ramos; 14,5 e 10,7 ppm para ponta do caule; 16,7 e 9,7 ppm para meio do caule e 12,4 e 8,0 ppm para base do caule.

b) Acúmulo

As quantidades de boro acumuladas pelas diversas partes e pela planta inteira, em função da idade, e resumo da análise de variância encontram-se na Tabela 50, enquanto que as equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de mínimo na Tabela 51.

Observa-se que houve efeito no acúmulo de boro nas diversas partes da planta, bem como na planta inteira, em função das idades, com um aumento gradativo nas primeiras idades embora não tenham mostrado diferenças significativas entre si, tornando-se bastante acentuadas aos 96 meses de idade (Tabela 50).

Pela Tabela 51 constata-se que as folhas, ponta, meio e base do caule, assim como a planta inteira, acumularam boro obedecendo equações de regressão quadráticas com mínimos de 113,6 mg aos 8 meses para folhas; 5,0 mg aos 20 meses para ponta do caule; 12,0 mg aos 22 meses para meio do caule; 13,2 mg aos 23 meses para base do caule e 201,8 mg aos 17 meses de idade para planta inteira.

Para ramos acumularam boro segundo uma equa-

Tabela 50. Quantidades de boro (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	144,0c	36,2b	6,9b	14,8b	15,6c	217,5c
36	121,1c	109,2b	10,5b	16,6b	18,9c	276,3c
48	229,2b	67,9b	34,6b	53,3b	58,4b	443,4b
96	558,2a	298,9a	208,6a	317,0a	367,7a	1750,4a
DMS (5%)	83,6	100,9	33,6	61,9	31,6	130,6
Teste F	157,46**	22,35**	134,36**	90,48**	472,47**	505,87**
C.V. (%)	13,68	43,49	28,50	34,03	15,14	10,73

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 51. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de boro (mg = y) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$117,2867 - 0,9239x + 0,0576x^2$	98,19**	8	113,6
Ramos	$-53,3944 - 3,5577x$	90,93**	-	-
Caule-ponta	$19,3270 - 1,4245x + 0,0354x^2$	99,92**	20	5,0
Caule-meio	$39,4453 - 2,4753x + 0,0559x^2$	99,90**	22	12,0
Caule-base	$48,3543 - 3,0579x + 0,0665x^2$	99,93**	23	13,2
Total	$278,4368 - 8,7687x + 0,2511x^2$	99,98**	17	201,8

** significativo a 1% de probabilidade

ção linear, aumento e quantidade do elemento com a idade da planta.

Aos 24 e 96 meses de idade, observou-se acúmulo los estimados de 76,3 e 53,2 mg de B/kg de folhas; 17,3 e 12,6 mg de B/kg de ramos; 14,5 e 10,7 mg de B/kg de ponta do caule; 16,7 e 9,7 mg de B/kg de meio do caule e 12,4 e 8,0 mg de B/kg de base do caule.

As plantas mostraram aos 24 e 96 meses acúmulo los estimados de boro (mg/planta) para folhas em 128,3 e 559,7 mg; para ramos 31,9 e 288,1 mg; para ponta 5,5 e 208,8 mg; pa ra meio 12,2 e 317,3 mg; para base do caule 13,3 e 368,0 mg e para planta inteira 191,2 e 1741,9 mg.

4.2.3.2. Cobre

a) Concentração

Os resultados analíticos referentes à concentração de cobre nas diversas partes da planta, em função das idades, encontram-se nas Tabelas 52 e 53.

Pela análise dos dados observa-se que houve diferenças nas concentrações de cobre em função das idades, pa ra todas as partes estudadas (Tabela 52).

Verifica-se pela Tabela 53, que os teores de cobre para folhas, caule, ponto, meio e base do caule ajustaram-se a equações de regressão quadráticas, com mínimos de concentração para folhas de 12,2 ppm aos 53 meses de idade,

Tabela 52. Teor em ppm de cobre contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Médias de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	19,0b	12,0b	10,0a	10,0a	12,0a
36	17,0b	11,0b	7,0ab	10,0a	12,0a
48	11,0c	6,0c	6,0b	7,0b	6,0b
96	30,0a	20,0a	10,0a	10,0a	13,0a
DMS (5%)	5,9	3,8	3,2	2,5	4,7
Teste F	29,61**	38,38**	6,80**	6,00**	7,45**
C.V. (%)	16,93	17,03	21,42	14,80	24,39

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 53. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor em ppm de cobre (ppm = y) nas diversas partes da planta, em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$38,3292 - 0,9934x + 0,0094x^2$	95,95**	53	12,2
Ramos	$26,3658 - 0,7301x + 0,0069x^2$	93,96**	53	7,1
Caule-ponta	$18,0488 - 0,4266x + 0,0036x^2$	90,22**	60	5,3
Caule-meio	$15,8170 - 0,2751x + 0,0022x^2$	66,33**	62	7,3
Caule-base	$23,9634 - 0,5702x + 0,0047x^2$	65,82**	60	6,8

** significativo a 1% de probabilidade

ramos 7,1 ppm aos 53 meses, ponta do caule 5,3 ppm aos 60 meses, meio do caule 7,3 ppm aos 62 meses e base do caule 6,8 ppm aos 60 meses de idade.

As concentrações estimadas de cobre aos 24 e 96 meses foram 19,9 e 29,9 ppm para folhas; 12,8 e 19,9 ppm para ramos; 9,9 e 10,0 ppm para ponta do caule; 10,5 e 9,9 ppm para meio do caule e 13,0 e 12,9 ppm para base do caule.

b) Acúmulo

Nas Tabelas 54 e 55 acham-se expostos os resultados analíticos sobre o acúmulo de cobre nas diversas partes e na planta inteira em função das idades.

Observa-se pela Tabela 54 que houve diferenças entre as partes e planta inteira no acúmulo de cobre, embora essas diferenças não tenham sido expressivas nas primeiras idades.

O acúmulo de cobre nas diversas partes e na planta inteira obedeceram a equações quadráticas com mínimos de 26,6 mg aos 35 meses para folhas; 35,7 mg aos 33 meses para ramos; 3,3 mg aos 30 meses para ponta do caule; 8,4 mg aos 28 meses para meio do caule; 11,5 mg aos 31 meses para base do caule e 87,3 mg aos 32 meses de idade para planta inteira (Tabela 55).

Aos 24 e 96 meses de idade, observou-se um acúmulo estimado de 19,9 e 29,9 mg de Cu/kg de folhas; 12,8 e 19,9 mg de Cu/kg de ramos; 9,9 e 10,0 mg de Cu/kg de ponta do

Tabela 54. Quantidades de cobre (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	33,6b	24,3b	4,4b	8,5b	14,7b	85,5b
36	32,1b	84,7b	5,94b	14,8b	26,0b	163,5b
48	35,9b	30,3b	16,5b	33,8b	43,0b	159,5b
96	309,0a	464,6a	190,2a	309,0a	605,9a	1898,7a
DMS (5%)	33,9	117,1	22,4	30,2	154,5	192,5
Teste F	269,32**	53,12**	269,52**	379,23**	57,47**	344,44**
C.V. (%)	18,26	42,84	22,78	18,23	49,47	18,42

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 55. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de cobre (mg = y) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$120,1248 - 5,3342x + 0,0760x^2$	99,91**	35	26,6
Ramos	$151,6603 - 7,0484x + 0,1071x^2$	97,30**	33	35,7
Caule-ponta	$41,9271 - 2,5742x + 0,0429x^2$	99,98**	30	3,3
Caule-meio	$57,7987 - 3,5647x + 0,0643x^2$	99,98**	28	8,4
Caule-base	$153,3584 - 9,0021x + 0,1428x^2$	99,90**	31	11,5
Total	$531,4497 - 27,9238x + 0,4389x^2$	99,68	32	87,3

** significativo a 1% de probabilidade

caule; 10,5 e 9,9 mg de Cu/kg de meio do caule e 13,0 e 12,9 mg de Cu/kg de base do caule.

Os acúmulos estimados para quantidades de cobre em mg/planta aos 24 e 96 meses de idade foram respectivamente de 35,9 e 308,8 mg para folhas; 44,2 e 462,6 mg para ramos; 4,8 e 190,1 mg para ponta do caule; 9,3 e 308,9 mg para meio do caule; 19,6 e 605,4 mg para base do caule e 113,8 e 1875,8 mg para planta inteira.

4.2.3.3. Ferro

a) Concentração

Os dados analíticos referentes às concentrações de ferro nas diversas partes da planta em função das idades, encontram-se nas Tabelas 56 e 57.

Observa-se através da Tabela 56 que com exceção da base do caule, houve diferenças nas concentrações de ferro em função das idades para as demais partes da planta, sendo que as concentrações mais altas ocorreram nas folhas.

As concentrações de ferro nas folhas, ramos e base do caule, foram influenciadas significativamente pela idade das plantas, havendo um decréscimo no teor do nutriente segundo equações de regressão lineares (Tabela 57).

Nesta mesma tabela verifica-se que os teores de ferro na ponta e meio do caule obedeceram a equações de regressão quadráticas, apresentando teores mínimos de 18,3

Tabela 56. Teor em ppm de ferro contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	257,0a	65,0a	54,0a	49,0a	69,0a
36	140,0b	49,0a	25,0b	41,0a	82,0a
48	176,0b	50,0a	32,0b	26,0b	39,0b
96	57,0c	43,0a	28,0b	19,0b	25,0b
DMS (5%)	52,2	23,1	11,4	10,4	21,3
Teste F	41,31**	2,69ns	21,95**	28,31**	23,31**
C.V. (%)	18,32	24,63	18,05	17,05	22,44

** significativo a 1% de probabilidade
 ns não significativo

Tabela 57. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor em ppm de ferro ($\text{ppm} = y$) nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações $y =$	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$277,0120 - 2,3434x$	79,46**	-	-
Ramos	$63,7831 - 0,2359x$	63,30*	-	-
Caule-ponta	$90,9268 - 2,0759x + 0,0148x^2$	67,15**	70	18,3
Caule-meio	$84,5000 - 1,6685x + 0,0102x^2$	97,01**	81	16,6
Caule-base	$85,7831 - 0,6526x$	65,56**	-	-

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

ppm aos 70 meses para ponta do caule e de 16,6 ppm aos 81 meses de idade para meio do caule.

Aos 24 e 96 meses de idade as concentrações estimadas de ferro para folhas foram 220,8 e 52,0 ppm; para ramos 58,1 e 41,1 ppm; para ponta do caule 49,6 e 28,4 ppm; para meio do caule 50,4 e 18,9 ppm e para base do caule 70,1 e 23,1 ppm.

b) Acúmulo

As quantidades de ferro acumuladas pelas diversas partes da planta e na planta inteira, em função das idades e o resumo da análise de variância encontram-se na Tabela 58 enquanto que as equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de mínimo acham-se na Tabela 59.

Através da Tabela 58 verifica-se que houve diferenças no acúmulo de ferro em função das idades para todas as partes e planta inteira, sendo esses acúmulos mais acentuados aos 96 meses quando comparados com as demais idades.

As folhas, ramos e base do caule acumularam ferro com a maturidade das plantas havendo um aumento na quantidade do elemento de forma linear (Tabela 59).

Para ponta e meio do caule, assim como para a planta inteira, acumularam de acordo com equações de 2º grau com mínimos de 17,7 mg aos 23 meses para ponta do caule; 35,3 mg aos 18 meses para meio do caule e 592,4 mg aos 7 meses de idade para planta inteira.

Tabela 58. Quantidades de ferro (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	452,2ab	133,6b	23,5b	41,6b	78,9b	729,8c
36	269,9b	375,3b	20,6b	61,3b	176,7b	903,8bc
48	574,6a	259,1b	86,4b	127,7b	277,4b	1325,2b
96	595,8a	1044,5a	528,6a	627,9a	1138,8a	3935,6a
DMS (5%)	198,4	514,7	106,4	108,4	419,6	690,0
Teste F	9,31**	10,22**	86,53**	107,73**	22,12**	126,56**
C.V. (%)	23,15	62,71	35,66	27,90	55,42	17,24

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 59. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de ferro (mg = y) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$322,5001+2,9539x$	38,86**	-	-
Ramos	$178,1856+12,3789x$	92,39**	-	-
Caule-ponta	$67,9567-4,3862x+0,0957x^2$	99,83**	23	17,7
Caule-meio	$65,9017-3,4441x+0,0969x^2$	99,97**	18	35,3
Caule-base	$360,8667+15,2714x$	97,80**	-	-
Total	$614,1069-6,0590x+0,4237x^2$	99,95**	7	592,4

** significativo a 1% de probabilidade

Constatou-se um acúmulo estimado aos 24 e 96 meses de idade de 220,8 e 52,0 mg de Fe/kg de folhas; 58,1 e 41,1 mg de Fe/kg de ramos; 49,6 e 28,4 mg de Fe/kg de ponta do caule; 50,4 e 18,9 mg de Fe/kg de meio do caule e 70,1 e 23,1 mg de Fe/kg de base do caule.

Aos 24 e 96 meses os acúmulos estimados para quantidades de cobre em mg/planta foram respectivamente de 393,4 e 606,1 mg para folhas; 118,9 e 1010,1 mg para ramos; 17,8 e 529,2 mg para ponta do caule; 39,0 e 628,1 mg para meio do caule; 5,6 e 1105,1 mg para base do caule e 574,7 e 3941,6 mg para planta inteira.

4.2.3.4. Manganês

a) Concentração

As concentrações de manganês acumuladas nas diversas partes da planta em função da idade e o resumo de análise de variância encontram-se na Tabela 60.

Observa-se que os teores médios de manganês nas folhas e ramos não variaram durante o período estudado, não havendo, portanto, influência da idade destas partes da planta na concentração do nutriente. Por outro lado, para ponta, meio e base do caule, as concentrações de cobre em função das idades foram representadas por equações de regressão superiores a 2º grau.

Aos 24 e 96 meses de idade, as concentrações ob

Tabela 60. Teor em ppm de manganês contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	35,0a	11,0a	10,0	10,0	10,0
36	46,0a	13,0a	40,0	24,0	15,0
48	41,0a	10,0a	13,0	13,0	12,0
96	39,0a	13,0a	25,0	16,0	11,0
DMS (5%)	16,5	7,5	10,5	10,3	4,5
Teste F	2,06ns	0,64ns	45,1**	5,58**	3,73*
C.V. (%)	17,67	35,60	20,64	36,19	20,83

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

ns não significativo

servadas de manganês foram 35,0 e 39,0 ppm para folhas; 11,0 e 13,0 ppm para ramos; 10,0 e 25,0 ppm para ponta do caule; 10,0 e 16,0 ppm para meio do caule e 10,0 e 11,0 para base do caule.

b) Acúmulo

Os resultados analíticos referentes ao acúmulo de manganês nas diversas partes e na planta inteira encontram-se nas Tabelas 61 e 62.

Pela análise de variância observa-se que houve diferenças no acúmulo de manganês em função das idades para as partes e planta inteira (Tabela 61), sendo esses acúmulos mais expressivos aos 96 meses quando comparados com as outras idades.

Nas folhas, as quantidades acumuladas de manganês ajustou-se a uma regressão linear observando-se acrêscimos com idade da planta (Tabela 62).

Para as demais partes e a planta inteira as acumulações crescentes ajustaram-se a equações de regressão quadráticas como altos coeficientes de determinação com mínimos de 31,7 mg aos 12 meses para ramos; 9,4 mg aos 29 meses para ponta do caule; 12,7 mg aos 25 meses para meio do caule; 8,5 mg aos 18 meses para base do caule e 129,5 mg aos 21 meses de idade para planta inteira.

Constatou-se aos 24 e 96 meses de idade acúmulos observados de 35,0 e 39,0 mg de Mn/kg de folhas, 11,0 e

Tabela 61. Quantidades de manganês (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	61,7b	22,2c	4,4b	8,5b	12,2b	109,9c
36	89,4b	81,8b	32,8b	35,6b	32,8b	272,4b
48	130,7b	50,1bc	36,0b	61,3b	83,8b	361,9b
96	407,1a	246,4a	482,1a	532,0a	513,2a	2180,8a
DMS (5%)	99,2	51,1	134,1	227,1	135,5	359,1
Teste F	42,22**	103,94**	47,92**	19,76**	50,18**	120,17**
C.V. (%)	31,78	22,00	53,35	78,70	46,61	27,11

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 62. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de manganês (mg = y) acumuladas nas diversas partes da planta em função da idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$-82,4017 + 4,9932x$	98,07**	-	-
Ramos	$36,1844 - 0,7376x + 0,0303x^2$	99,41**	12	31,7
Caule-ponta	$97,6721 - 6,0918x + 0,1051x^2$	99,66**	29	9,4
Caule-meio	$75,8949 - 5,0896x + 0,1025x^2$	99,91**	25	12,7
Caule-base	$36,2817 - 3,0424x + 0,0834x^2$	99,99**	18	8,5
Total	$284,5027 - 14,9675x + 0,3614x^2$	99,80**	21	121,5

** significativo a 1% de probabilidade

13,0 mg de Mn/kg de ramos; 10,0 e 25,0 mg de Mn/kg de pontado caule; 10,0 e 16,0 mg de Mn/kg de meio do caule e 10,0 e 11,0 mg de Mn/kg de base do caule.

Os acúmulos estimados para quantidades de manganês em mg/planta aos 24 e 96 meses de idade, foram respectivamente de 37,4 e 396,9 mg para folhas; 35,9 e 245,0 mg para ramos; 11,9 e 481,3 mg para ponta do caule; 12,8 e 531,6 mg para meio do caule; 11,3 e 513,3 mg para base do caule e 109,3 e 2168,1 mg para planta inteira.

4.2.3.5. Zinco

a) Concentração

As concentrações de zinco nas diversas partes da planta em função das idades e o resumo de análise de variância acham-se na Tabela 63, enquanto que as equações de regressão, coeficientes de determinação e pontos de mínimo na Tabela 64.

Pela análise de variância constata-se que houve diferenças nos teores de zinco em função das idades para folhas, ramos e base do caule, enquanto que para ponta e meio do caule não houve efeito da idade destas partes na concentração do nutriente (Tabela 63).

Para concentração de zinco nas folhas ajustou-se uma equação de regressão de 1º grau (Tabela 64) verificando-se um aumento no teor do nutriente com o desenvolvimento da planta.

Tabela 63. Teor em ppm de zinco contido na matéria seca das diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule		
			Ponta	Meio	Base
24	16,0b	36,0a	15,0a	15,0a	14,0a
36	15,0b	19,0b	19,0a	14,0a	10,0b
48	17,0b	25,0bc	15,0a	12,0a	10,0b
96	21,0a	34,0ab	19,0a	16,0a	11,0b
DMS (5%)	3,8	10,7	9,0	6,0	3,0
Teste F	70,90*	9,00**	1,77ns	1,37ns	7,16**
C.V. (%)	12,12	20,75	22,78	22,87	14,05

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

ns não significativo

Tabela 64. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) do teor em ppm de zinco (ppm = y) contidos nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$13,2048 + 0,0793x$	90,59**	-	-
Ramos	$58,3292 - 1,3079x + 0,0110x^2$	64,78**	59	19,5
Caule-ponta	não significat. pelo teste F	-	-	-
Caule-meio	não significat. pelo teste F	-	-	-
Caule-base	$21,1585 - 0,3865x + 0,0029x^2$	71,95**	66	8,4

** significativo a 1% de probabilidade

Ajustou-se equações de regressão quadráticas para ramos e base do caule com concentração mínima de 19,5 ppm aos 59 meses para ramos e 8,4 ppm aos 66 meses de idade para base do caule.

As concentrações estimadas de zinco aos 24 e 96 meses de idade foram de 15,1 e 20,8 ppm para folhas; 33,3 e 34,4 ppm para ramos; 13,6 e 11,0 ppm para base do caule; enquanto que as concentrações observadas foram de 15,0 e 19,0 ppm para ponta do caule e 15,0 e 16,0 ppm para meio do caule.

b) Acúmulo

Os dados analíticos referentes a acumulação de zinco nas diversas partes das plantas em função das idades encontram-se nas Tabelas 65 e 66.

Pela Tabela 65 observa-se que houve diferenças das quantidades acumuladas de zinco, para todas as partes e planta inteira, em função das idades, sendo essas diferenças mais acentuadas aos 96 meses de idade.

Para todas as partes estudadas, bem como para planta inteira, a acumulação de zinco obedeceu a equações de regressão de 2º grau com mínimos 25,5 mg aos 20 meses para folhas; 91,8 mg aos 26 meses para ramos; 6,9 mg aos 26 meses para ponta do caule; 12,0 mg aos 27 meses para meio do caule; 14,8 mg aos 25 meses para base do caule e 152,5 mg aos 26 meses de idade para planta inteira (Tabela 66).

Verificou-se um acúmulo estimado de zinco aos

Tabela 65. Quantidades de zinco (mg) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (Média de 5 repetições).

Idade (meses)	Folhas	Ramos	Caule			Total
			Ponta	Meio	Base	
24	28,3c	73,8b	6,6b	13,0b	17,0b	138,7b
36	28,6c	150,3b	15,6b	20,8b	21,9b	237,2b
48	54,9b	131,5b	41,3b	58,3b	70,6b	356,6b
96	216,9a	780,2a	367,6a	530,6a	502,7a	2398,0a
DMS (5%)	13,2	244,8	110,9	112,6	66,1	325,7
Teste F	772,33**	30,25**	40,31**	81,39**	205,88**	180,60**
C.V. (%)	8,87	47,59	56,79	39,92	23,85	22,97

** significativo a 1% de probabilidade

Tabela 66. Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), pontos de mínimo (Pm) das quantidades de zinco (mg = y) acumuladas nas diversas partes da planta em função das idades (meses = x).

Partes da planta	Equações y =	R^2	Ponto de mínimo	
			x	y
Folhas	$-38,7214 - 1,3228x + 0,0331x^2$	99,80**	20	25,5
Ramos	$187,0518 - 7,3117x + 0,1403x^2$	99,05**	26	91,8
Caule-ponta	$57,5130 - 3,8667x + 0,0739x^2$	99,99**	26	6,9
Caule-meio	$94,9845 - 6,0503x + 0,1103x^2$	99,99**	27	12,0
Caule-base	$72,5875 - 4,7042x + 0,0957x^2$	99,97**	25	14,8
Total	$450,4684 - 23,2426x + 0,4533x^2$	99,93**	26	152,5

** significativo a 1% de probabilidade

24 e 96 meses de idade para folhas de 15,1 e 20,8 mg de Zn/kg de folhas; 33,3 e 34,3 mg de Zn/kg de ramos e 13,6 e 11,0 mg de Zn/kg de base do caule. Por outro lado, foi observado acúmulo de 15,0 e 19,0 mg de Zn/kg de ponta do caule e 15,0 e 16,0 mg de Zn/kg de meio do caule.

Aos 24 e 96 meses de idade os acúmulos estimados para quantidades de zinco em mg/planta foram 26,1 e 217,1 mg para folhas; 92,4 e 778,3 mg para ramos; 7,3 e 367,6 mg para ponta do caule; 13,3 e 530,6 mg para meio do caule; 14,8 e 502,9 mg para base do caule e 153,9 e 2396,5 mg para planta inteira.

4.2.4. Concentração e quantidades de nutrientes acumuladas nas diversas partes e na planta inteira em função das idades

Na Tabela 67 são apresentadas as concentrações dos macro e micronutrientes nas diversas partes da planta nas quatro idades.

Constata-se que as maiores concentrações de nutrientes nas partes da planta ocorrem nas folhas, exceto para zinco que mostra maiores teores nos ramos em todas as idades estudadas. Quanto a concentração dos macronutrientes, observa-se que o nitrogênio é o elemento que apresenta os maiores teores em todas as partes, o qual juntamente com o fósforo e potássio tendem a decrescer com a idade da planta nos

Tabela 67. Concentração dos macro e micronutrientes nas diversas partes da planta de *Cordia goeldia* na em função das idades.

Partes da planta	Idade (meses)	%					ppm				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn
Folhas	24	2,80	0,10*	1,82	0,69	0,17	0,37	76,3	19,9	220,8	35,0*
	36	2,53	0,13*	1,87	0,74	0,25	0,32	72,4	14,8	192,6	46,0*
	48	2,36	0,11*	1,80	0,79	0,33	0,28	68,6	12,3	164,5	41,0*
	96	2,61	0,10*	0,41	1,01	0,65	0,28	53,2	29,9	52,0	39,0*
Ramos	24	0,95	0,05	0,59	0,54	0,04	0,07	17,3	12,8	58,1	11,0*
	36	0,73	0,07	0,46	0,42	0,05	0,05	14,9	9,0	55,3	13,0*
	48	0,59	0,08	0,37	0,35	0,07	0,03	13,1	7,2	52,4	10,0*
	96	0,77	0,05	0,36	0,67	0,12	0,06	12,6	19,9	41,1	13,0*
Caule-ponta	24	0,78	0,04	0,57	0,26	0,04	0,05	14,5	9,9	49,6	10,0*
	36	0,58	0,06	0,48	0,23	0,04	0,03	13,8	7,3	35,4	40,0*
	48	0,44	0,07	0,41	0,23	0,05	0,01	13,2	5,8	25,5	13,0*
	96	0,53	0,03	0,29	0,35	0,23	0,01	10,7	10,0	28,4	25,0*
Caule-meio	24	0,74	0,04	0,56	0,28	0,04	0,06	16,7	10,5	50,4	10,0*
	36	0,56	0,04	0,44	0,23	0,04	0,04	12,8	8,8	34,7	24,0*
	48	0,43	0,04	0,35	0,21	0,05	0,02	10,0	7,7	28,0	13,0*
	96	0,52	0,03	0,25	0,42	0,21	0,02	9,7	9,9	18,9	16,0*
Caule-base	24	0,70	0,04	0,36	0,40	0,05	0,05	12,4	13,0	70,1	10,0*
	36	0,57	0,04	0,33	0,44	0,06	0,04	9,6	9,5	62,2	15,0*
	48	0,48	0,04	0,30	0,47	0,08	0,04	7,6	7,5	54,5	12,0*
	96	0,56	0,03	0,17	0,62	0,26	0,04	8,0	12,9	23,1	11,0*

* Dados observados

componentes, folhas, ramos, ponta, meio e base do caule. Com relação a micronutrientes verifica-se que a concentração de ferro é nitidamente superior em todas as partes, mostrando uma diminuição do teor também com a maturidade da planta.

Verifica-se quanto à ordem relativa das concentrações de nutrientes nas folhas a seqüência: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, ferro, boro, manganês, cobre e zinco. Os ramos apresentam a seguinte ordem: nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio, fósforo, enxofre, ferro, zinco, boro, cobre e manganês. Para ponta e meio do caule a seqüência: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, ferro, manganês, zinco, boro e cobre. Finalmente para base do caule a seqüência: nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio, enxofre, fósforo, ferro, manganês, zinco, cobre e boro.

Na Tabela 68 apresentam-se os dados comparativos dos teores de nutrientes em folhas de plantas adultas de *Cordia goeldiana* em relação a outras espécies florestais.

Verifica-se através da Tabela 68, que a *Cordia goeldiana* apresenta concentração de nitrogênio nas folhas bem superior aos valores observados nas espécies coníferas e folhosas exóticas, algumas folhosas nativas como *Carapa guianen*s*is* ("andiroba"), *Aspidosperma polyneuron* ("peroba") e a conífera nativa *Araucaria angustifolia* ("pinheiro-do-paraná"), sendo que as demais mostram teores bem próximos ao da espécie estudada.

Tabela 68. Dados comparativos de nutrientes em folhas e/ou acículas de diversas espécies florestais e *Cordia goeldiana*.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Fonte
	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	ppm	-----	-----	
Espécies coníferas e folhosas exóticas												
<i>Eucalyptus citriodora</i>	1,38	0,10	1,23	0,74	0,16	0,12	52	7	167	725	23	ROCHA FILHO et alii (1978a)
<i>Pinus taeda</i>	1,06	0,07	0,32	0,50	0,19	0,12	30	3	149	700	23	
<i>Pinus oocarpa</i>	1,59	0,08	0,54	0,18	0,08	-	-	-	232	217	16	CASTRO et alii (1980)
<i>Eucalyptus grandis</i>	1,72	0,09	0,71	0,72	0,19	0,16	23	5	182	400	12	BELLOTE (1979)
Espécies coníferas e folhosas nativas												
<i>Araucaria angustifolia</i>	1,68	0,15	0,99	0,58	0,22	-	21	6	59	330	20	HOPPE (1980)
<i>Carapa guianensis</i> (1)*	1,65	0,05	0,41	0,39	0,25	0,13	52	7	38	11	18	Dechen e Hagg (1981) citados por HAAG et alii (1981)
<i>Pithecolobium racemosum</i> (2)*	2,53	0,05	0,48	0,20	0,16	0,13	27	4	25	24	11	
<i>Scleronema micranthum</i> (3)*	2,59	0,08	0,56	0,27	0,28	0,09	21	5	45	44	17	
<i>Cedrela fissilis</i> (4)*	2,35	0,13	0,81	0,68	0,27	0,27	16	8	177	54	23	HAAG et alii (1977)
<i>Aspidosmema polyneuron</i> (5)*	1,63	0,23	1,44	1,62	0,39	-	-	12	139	60	25	DALL'ORTO et alii (1976)
<i>Cordia goeldiana</i> (6)*	2,61	0,10	0,41	1,01	0,65	0,28	53	30	52	39	21	Presente estudo

(1) andiroba; (2) angelim-rajado; (3) cardeiro; (4) cedro; (5) peroba; (6) freijó
* espécies arbóreas nativas da Amazônia

A concentração de 0,10% de fósforo em *Cordia goeldiana* é mais elevada do que as observadas nas espécies na tivas, com exceção de *Cedrela fissilis* ("cedro"), *Aspidosperma polyneuron* e *Araucaria angustifolia*. Com relação as espécies exóticas apenas a concentração verificada em *Eucalyptus citriodora* foi igual a da *Cordia goeldiana*.

Confrontando os valores da concentração de potássio, observa-se que as diversas espécies mostraram teores mais elevados, excluindo *Pinus taeda* que mostrou concentração mais baixa e *Carapa guianensis* com teor similar.

Quanto a concentração de cálcio, apenas *Aspidosperma polyneuron* mostrou teor mais elevado quando comparado ao da *Cordia goeldiana*, enquanto que as demais espécies apresentaram concentrações mais baixas.

Por outro lado, verifica-se que os teores de magnésio e enxofre em *Cordia goeldiana* são mais elevados quando confrontados com aqueles observados nas diversas espécies, o mesmo acontecendo com boro e cobre.

Com relação a ferro, as concentrações das espécies coníferas e folhosas exóticas foram bastante superiores ao da *Cordia goeldiana* e das espécies nativas apenas *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Aspidosperma polyneuron*.

Para manganês observa-se que a *Cordia goeldiana* mostrou teor mais elevado somente em comparação às espécies nativas *Carapa guianensis* e *Pithecolobium racemosum* ("angelim-rajado").

Finalmente na Tabela 68, constata-se que a concentração de zinco foi maior do que aquela apresentada pelas espécies exóticas *Pinus oocarpa*, *Eucalyptus grandis* e pelas nativas *Carapa guianensis*, *Pithecolobium racemosum* e *Scleroneⁿema micronthum* ("cardeiro"), sendo portanto, mais baixa que as demais espécies.

A quantidade de nutrientes extraída e distribuída nas diversas partes da planta em função das idades é apresentado na Tabela 69.

Verifica-se que a quantidade de nutrientes aumenta com o incremento da matéria seca. Entretanto, este acrêscimo não é diretamente proporcional, uma vez que a razão nutriente/matéria seca decresce com o aumento da idade da planta. Aos 24 meses de idade por exemplo, em cada quilograma de matéria seca há 31,7 g dos 11 nutrientes analisados, enquanto que aos 96 meses esta relação diminui para 19,4 g/kg de matéria seca.

Este decrêscimo pode ser justificado pela menor quantidade de matéria seca nas partes da planta com maiores teores de nutrientes (folhas e ramos) nas plantas de maior idade, associado ao rápido decrêscimo da concentração da maioria dos nutrientes.

Verifica-se que aos 24 meses de idade, a copa (folhas + ramos) representa 60,4% da matéria seca total e contém 81,4% do nitrogênio; 82,8% do fósforo; 80,6% do potássio; 75,7% do cálcio; 63,0% do magnésio; 83,0% do enxofre; 83,8%

Tabela 69. Distribuição e quantidades de nutrientes acumuladas pelas diversas partes da planta de *Cordia goeldiana* em função das idades.

Partes da planta	Idade (meses)	g					mg					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folhas	24	47,59	1,89	29,03	12,06	2,87	6,21	128,3	35,9	393,4	37,4	26,1
	36	53,54	2,53	43,26	15,84	4,97	6,85	158,7	26,6	428,8	97,3	34,0
	48	72,40	3,52	52,77	24,37	10,54	8,73	205,7	39,3	464,2	157,2	51,5
	96	273,00	11,03	44,56	105,87	64,47	28,74	559,7	308,8	606,1	396,9	217,1
Ramos	24	29,81	1,88	9,96	16,24	1,58	0,44	31,9	44,2	118,9	35,9	92,4
	36	32,22	3,51	21,73	17,02	2,07	2,45	32,0	36,8	267,4	48,9	105,7
	48	43,46	5,14	33,50	26,88	4,12	4,47	74,7	60,2	416,0	70,7	159,4
	96	176,83	11,66	80,57	157,07	27,93	12,53	288,1	462,6	1010,1	215,0	778,3
Caule-ponta	24	3,25	0,17	1,91	1,08	0,48	0,18	5,5	4,8	17,8	11,9	7,3
	36	4,97	0,91	5,28	1,90	0,47	0,25	13,9	4,8	34,1	14,5	14,1
	48	12,49	1,99	10,84	6,81	1,83	0,40	32,5	17,2	78,0	47,4	42,2
	96	100,58	6,34	55,05	67,34	43,56	1,91	208,8	190,1	592,2	481,3	367,6
Caule-meio	24	6,05	0,22	3,77	2,57	0,82	0,53	12,2	9,3	39,0	12,8	13,3
	36	8,82	0,96	8,79	2,60	0,56	0,56	22,8	12,9	67,5	25,4	20,1
	48	21,34	2,00	17,01	11,84	3,24	0,94	49,5	35,0	123,8	67,7	58,7
	96	168,90	9,28	82,02	140,92	70,36	5,87	317,3	308,9	628,1	531,6	530,6
Caule-base	24	8,42	0,39	3,70	5,41	1,31	0,65	13,3	19,6	5,6	11,3	14,8
	36	13,11	1,16	9,48	9,35	0,23	0,95	24,5	14,4	165,3	34,9	27,2
	48	32,81	2,39	18,30	30,70	6,83	2,53	54,9	50,3	284,5	138,4	67,3
	96	261,62	11,94	83,60	290,31	121,06	21,62	368,0	605,4	1105,1	512,3	502,9
Total/planta	24	95,12	4,55	48,37	37,36	7,06	8,01	191,2	113,8	574,7	109,3	153,9
	36	112,66	9,07	88,54	46,71	8,30	11,06	251,9	95,5	963,1	221,0	201,1
	48	182,24	15,04	132,42	100,60	26,56	17,07	417,3	202,0	1366,6	481,4	379,1
	96	990,93	50,25	344,80	761,51	330,38	70,67	1741,9	1875,8	3941,6	2168,1	2396,5

do boro; 70,4% do cobre; 89,1% do ferro; 67,1% do manganês e 77,0% do zinco acumulado na matéria seca. Por outro lado, nas plantas com 96 meses de idade, a copa representa apenas 25,5% e contém 45,4% do nitrogênio; 45,1% do fósforo; 36,0% do potássio; 34,5% do cálcio; 28,9% do magnésio; 58,4% do enxofre; 48,7% do boro; 41,1% do cobre; 41,0% do ferro; 29,6% do manganês e 41,5% do zinco acumulado na matéria seca.

Fazendo-se uma análise do total das quantidades de nutrientes acumuladas pelas plantas nas diversas idades estudadas, observa-se que aos 24 meses de idade a ordem decrescente de acúmulo de nutrientes foi nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre, magnésio, fósforo, ferro, boro, zinco, cobre e manganês. Aos 36 meses a ordem foi nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre, fósforo, magnésio, ferro, boro, manganês, zinco e cobre. Aos 48 meses a ordem foi nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, fósforo, ferro, manganês, boro, zinco e cobre. Aos 96 meses de idade a ordem decrescente foi a seguinte: nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio, enxofre, fósforo, ferro, zinco, manganês, cobre e boro.

As quantidades de nutrientes acumuladas pela *Cordia goeldiana* em relação a outras espécies florestais são apresentadas na Tabela 70 com valores comparativos do acúmulo de macro e micronutrientes.

Constata-se através dos dados, que a *Cordia goeldiana* apresenta valores de acúmulo de macronutriente aos 24 meses de idade superiores aos obtidos por HAAG *et alii*

Tabela 70. Dados comparativos das quantidades de nutrientes acumuladas pelas diversas espécies em função das idades.

Espécies		g/planta					mg/planta					Fonte	
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn		Zn
<i>Eucalyptus alba</i>	24	22,21	2,33	22,28	32,44	7,82	-	-	-	-	-	-	HAAG et alii (1961b)
<i>Eucalyptus grandis</i>	24	22,80	2,55	19,06	33,71	8,10	-	-	-	-	-	-	
<i>Eucalyptus grandis</i>	24	132,76	7,64	65,37	51,90	16,37	21,37	292,1	130,9	1099,8	4069,0	175,6	BELLOTE (1979)
<i>Cordia goeldiana</i>	24	95,12	4,55	48,37	37,36	7,06	8,01	191,2	113,8	547,7	109,3	153,9	Presente trabalho
<i>Eucalyptus grandis</i>	36	195,72	13,00	92,83	168,18	35,93	55,98	313,1	287,9	2385,6	4901,1	345,7	BELLOTE (1979)
<i>Cordia goeldiana</i>	36	112,66	9,07	88,54	46,71	8,30	11,06	251,9	95,5	963,1	221,0	201,1	Presente trabalho
<i>Pinus elliottii</i>	43	12,24	1,11	4,09	2,51	1,81	-	-	-	-	-	-	MELLO et alii (1960)
<i>Eucalyptus grandis</i>	48	170,77	18,24	117,98	206,11	34,54	64,12	426,8	388,8	2430,4	3242,1	280,3	BELLOTE (1979)
<i>Cordia goeldiana</i>	48	182,24	15,04	132,42	100,60	26,56	17,07	417,3	202,0	1366,6	481,4	379,1	Presente trabalho
<i>Eucalyptus grandis</i>	84	286,13	21,15	192,82	424,00	86,22	82,77	870,3	774,6	3343,5	11396,2	275,9	BELLOTE (1979)
<i>Pinus oocarpa</i>	96	116,99	8,00	57,85	33,42	10,76	-	-	-	2118,4	2896,6	345,8	CASTRO et alii (1980)
<i>Eucalyptus saligna</i>	96	181,83	23,75	146,92	155,17	34,92	-	-	208,3	6416,6	9250,0	116,6	POGGIANI et alii (1983)
<i>Cordia goeldiana</i>	96	990,93	50,25	344,80	761,51	330,38	70,67	1741,9	1875,8	3941,6	2168,1	2396,5	Presente trabalho

(1) Dados observados

(2) Dados recalculados

(1961b) em *Eucalyptus alba* e *Eucalyptus grandis*, porém observa-se que as quantidades de macro e micronutrientes alcançadas por BELLOTE (1979) em *Eucalyptus grandis* foram maiores que as de *Cordia goeldiana*.

Confrontando-se as quantidades acumuladas aos 36 meses de idade, verifica-se que o *Eucalyptus grandis* mostrou também maior acúmulo de nutrientes.

Aos 48 meses de idade, a *Cordia goeldiana* mostra maiores quantidades de macronutrientes acumuladas do que *Pinus elliottii*, entretanto, quando comparados com os valores obtidos por BELLOTE (1979) em *Eucalyptus grandis*, verifica-se que esta espécie apresenta quantidades mais elevadas de nutrientes acumulados com exceção de nitrogênio e potássio.

Acredita-se que as diferenças observadas entre os valores de acúmulo de nutrientes em *Eucalyptus grandis* encontradas por BELLOTE (1979) aos 24, 36 e 48 meses e *Cordia goeldiana* sejam em virtude das adubações empregadas, uma vez que aos 84 meses de idade esta diferença passa a ser a favor da espécie nativa.

Finalmente, aos 96 meses de idade, observa-se que a *Cordia goeldiana* acumula quantidades de nutrientes, bem superiores ao *Pinus oocarpa*, exceção feita ao manganês. Comparando-se com os valores obtidos em *Eucalyptus saligna*, constata-se que esta espécie mostra maiores quantidades acumuladas apenas em ferro e manganês.

A *Cordia goeldiana* parece mostrar, portanto,

ser uma espécie mais exigente em nutrientes em relação as folhosas exóticas como *Eucalyptus alba*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* e as espécies exóticas como *Pinus elliottii* e *Pinus oocarpa*, quando plantadas em condições semelhantes.

4.2.5. Exportação de nutrientes

Na Tabela 71 encontram-se as quantidades de nutrientes e porcentagem de exportação pelo caule das plantas de *Cordia goeldiana* aos 96 meses de idade.

Observa-se que entre os macronutrientes, o magnésio, cálcio e potássio foram os mais exportados do total extraído por planta, enquanto entre os micronutrientes, foram manganês e ferro. Em porcentagem de extração, o magnésio foi o nutriente mais exportado pelo caule, vindo a seguir em ordem decrescente manganês, cálcio, potássio, ferro, cobre, zinco, fósforo, nitrogênio, boro e enxofre.

Tabela 71. Quantidades de nutrientes e percentagem de exportação pelo caule de *Cordia goeldiana* aos 96 meses de idade.

Nutrientes	Extração/planta	% exportada da extração total *
	g	
N	531,10	53,4
P	27,56	54,8
K	220,67	64,0
Ca	498,57	65,5
Mg	234,98	71,1
S	29,40	41,6
	mg	
B	894,1	51,3
Cu	1104,4	58,9
Fe	2325,4	59,0
Mn	1526,2	70,4
Zn	1401,1	58,5

* : a percentagem exportada foi calculada através da relação quantidade de nutrientes acumuladas no caule pela quantidade total de nutriente extraído pela planta.

5. CONCLUSÕES

Através das análises e interpretações dos resultados de acordo com a metodologia empregada na presente pesquisa, pode-se concluir que:

- A produção de matéria seca total das plantas foi afetada em todos os tratamentos com omissão de nutrientes, obedecendo a seguinte ordem decrescente: nitrogênio, fósforo, cálcio, potássio, enxofre e magnésio.

- Os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre apresentam - se bem definidos e de fácil caracterização.

- As plantas apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos elementos mostraram valores iguais e abaixo de: Nas folhas superiores - 1,03% de N; 0,08% de P; 0,33% de K; 0,95% de Ca; 0,34% de Mg e 0,09% de S. Nas folhas inferiores - 0,88% de N; 0,04% de P; 0,07% de K; 1,66% de Ca; 0,26% de Mg e 0,10% de S. Nos ramos - 0,66% de N; 0,13% de P; 0,36% de K; 0,42%

de Ca; 0,12% de Mg e 0,06% de S. No caule - 0,53% de N; 0,07% de P; 0,40% de K; 0,32% de Ca; 0,09% de Mg e 0,04% de S, Nas raízes - 0,94% de N; 0,10% de P; 0,32% de K; 0,43% de Ca; 0,25% de Mg e 0,08% de S.

- Os efeitos da omissão de um nutriente aumentando ou diminuindo a concentração do mesmo e dos outros nos órgãos foram os seguintes:

Nutr. Def.		Raízes	Caule	Ramos	Folhas inferiores	Folhas superiores
N	aumenta diminui	- N,S	P,Fe N,Mg,S	- N,Ca	P,K,B,Mn N,Ca	P,B N,Ca
P	aumenta diminui	- P	- P	K P,N	K P,N	K P,N
K	aumenta diminui	S,Mn K	- K,B	Mg K,B	P,Mg,Mn K,N	P,Ca,Mg,B K
Ca	aumenta diminui	K,S,Fe,Mn Ca	K,Fe Ca	K,Fe,Mn Ca	P,Mg,K,S,Fe,Mn C,N,B	P,Mg,K,S,B,Fe,Mn Ca
Mg	aumenta diminui	K,S,Mn Mg	K,Mn Mg,B	K Mg,Ca,B	P,K,Mn Mg,B	P,K,Mn Mg
S	aumenta diminui	K S	K S,B,Cu	K S,B	K S,B,Cu	K S,N,Cu

- A *Cordia goeldiana* é uma espécie exigente em nutrientes.

- A distribuição da matéria seca total, nas quatro idades estudadas (24, 36, 48 e 96 meses), obedece a seguinte ordem decrescente: caule (base, meio e ponta), ramos e folhas.

- Nas plantas as maiores concentrações de nu-

trientes ocorrem nas folhas, exceto para zinco que mostra teores mais elevados nos ramos.

- A concentração dos nutrientes nas partes da planta difere de modo a evidenciar a translocação dos mesmos no interior do vegetal.

- A ordem relativa das concentrações de nutrientes de acordo com a sequência N, K, Ca, Mg, S, P, Fe, B, Mn, Cu, Zn nas folhas; N, Ca, K, Mg, P, S, Fe, Zn, B, Cu, Mn nos ramos; N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Mn, Zn, B, Cu na ponta e meio do caule e N, Ca, K, Mg, S, P, Fe, Mn, Zn, Cu na base do caule.

- A quantidade (gramas) dos nutrientes analisados por quilograma de matéria seca decresce em relação à idade das plantas. Esta relação é de 31,7 g de nutrientes aos 24 meses de idade e 19,4 g aos 96 meses de idade.

- Considerando a idade de maior acúmulo (96 meses) o nitrogênio foi o macronutriente mais extraído seguido em ordem decrescente do cálcio, potássio, magnésio, enxofre e fósforo. Quanto aos micronutrientes, o elemento extraído em maior quantidade foi o ferro seguido do zinco, manganês, cobre e boro.

- Aos 96 meses de idade o magnésio é o nutriente que apresenta maior porcentagem de exportação pelo caule, vindo a seguir em ordem decrescente manganês, cálcio, potássio, ferro, cobre, zinco, fósforo, nitrogênio, boro e enxofre.

6. LITERATURA CITADA

- AMARAL, W. do, 1983. Deficiências de macronutrientes e de boro em seringueira (*Hevea brasiliensis*, L.). Piracicaba, ESALQ-USP. 44p. (Dissertação de Mestrado).
- BALLARD, R., 1979. Diagnosis of fertilizer requirements of forest. In: BALLARD, R. Forest soils short course. Raleigh, NCSU. p.41-54.
- BALLONI, E.A., 1979. O uso intensivo da floresta e seus reflexos na fertilidade do solo. Bol. Téc. SIF, Viçosa, 2 (nº especial): 83-93.
- BALLONI, E.A., 1984. Efeitos da fertilização mineral sobre o desenvolvimento do *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* (Griseb) Barret et Golfari em solo de cerrado do Estado de São Paulo. Piracicaba. 121p. (Dissertação de Mestrado-ESALQ).
- BARTOS, D.L. e K.S. JOHNSTON, R.S., 1978. Biomass and nutrient content of quaking aspen at two sites in the Western United States. Forest Science, Washington, 24(2): 283-90.

- BATAGLIA, O.C.; J.P.F. TEIXEIRA; P.R. FURLANI, A.M.C. FURLANI e J.R. GALLO, 1978. Análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, 31p. (Circular, 87).
- BAULE, H., 1975. World-wide use of fertilizer in forestry at present and in the near future. South African Forestry Journal, Pretoria (94):13-9.
- BELLOTE, A.F.J., 1979. Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden) em função da idade. Piracicaba, ESALQ/USP, 129p. (Dissertação de Mestrado).
- BHIMAYA, C.P. e R.N. KAUL, 1966. Levels of macro and micro elements in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn (*E. rostrata* Schlecht). Nature, London, 212: 319-320.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; F.A.F. de MELLO, N. RODRIGUES e H.A. MELLO, 1961. Competição entre diferentes tipos de localização de adubos no plantio de Eucaliptos (*Eucalyptus saligna* Smith) - Nota Prévia. In: II Conferência Mundial de Eucalipto, São Paulo, v.2, p.919-925.
- BRASIL/SUDAM. Departamento de Recursos Naturais. Centro de Tecnologia Madeireira, 1979. Pesquisas e informações sobre espécies florestais da Amazônia. Belém, p.49-51.
- BRIENZA JUNIOR, S., 1982a. *Cordia goeldiana*, Huber (Freijó) em sistema "taungya" na região do Tapajós - Estado do Pará. Belém, EMBRAPA-CPATU. 10p. (EMBRAPA-CPATU. Circular Técnica, 33).
- BRIENZA JUNIOR, S., 1982b. Freijó em sistemas agroflorestais. Belém, EMBRAPA-CPATU, 15p. (EMBRAPA-CPATU. Circular Técnica, 38).

- BRIENZA JUNIOR, S., 1982c. Programa agroflorestal da EMBRAPA /PNPF para a Amazônia Brasileira. Belém, EMBRAPA - CPATU. 11p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 9).
- BUKOVAC, M.J. e S.H. WITTEW, 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. Plant Physiol., Washington, 32: 428-435.
- CARPANEZZI, A.A., 1980. Autoecologia de *Cordia goeldiana* e de *Cordia alliodora* na Amazônia Brasileira. Belém, EMBRAPA-CPATU. 3p. (EMBRAPA-CPATU. Comunicado Técnico, 31).
- CARPANEZZI, A.A. e J.A.G. YARED, 1981. Crescimento de freijão (*Cordia goeldiana*, Huber) em plantios experimentais. Belém, EMBRAPA-CPATU. 10p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 26).
- CARPANEZZI, A.A.; J.A.G. YARED; S. BRIENZA JUNIOR; L.C.T. MARQUES e J. do C.A. LOPES, 1983. Regeneração artificial de freijão (*Cordia goeldiana*, Huber). Belém, EMBRAPA - CPATU. 21p. (EMBRAPA-CPATU. Circular Técnica, 39).
- CARPANEZZI, A.A. e M. KANASHIRO, 1982. Informações sobre a ecologia do freijão-cinza (*Cordia goeldiana*, Huber). Belém. EMBRAPA-CPATU. 13p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 14).
- CASTRO, C.F.A.; F. POGGIANI e N. NICOLIELO, 1980. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. IPEF, Piracicaba, (20): 61-74.
- CATANI, R.A. e A.O. JACINTHO, 1974. Avaliação da fertilidade do solo: métodos de análises. Piracicaba, ESALQ /USP. 61p.

- CIBES, H. e G. SAMUELS, 1955. Mineral deficiency symptoms displayed by coffee trees under controled conditions. Agric. Exp. Sta. Un. Puerto Rico. Rio Piedras. Technical Paper 14(8).
- CLELAND, R., 1960. Effect of auxin upon loss of calcium from cell walls. Plant Physiol., Washington, 35: 581-584.
- CROW, T.R. e R.W. BLANK, 1978. Distribution of biomass and production for several northern woody species. North Central Forest Experimental Station, Research Note NC - 239. 33p.
- CURLIN, J.W., 1970. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNGBERG, C.T. and DAVEY, C.B. Ed. Tree growth and forest soils. Oregon, Oregon State University Press. p.313-326.
- DALL'ORTO, F.A.C.; R.C.D. GARLIPP; J.L. BRAUNER e M.T. de MIRANDA, 1976. Concentrações de alguns macro e micronutrientes em essências florestais do Parque da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 33: 233-242.
- DOI, S.; S. BARROS SILVA; H. de C. FERREIRA; L. GOES FILHO; F. de J.F. COELHO e E.F. de M. TEREZO, 1975. Folha NA 21 Tumucumaque e parte da NB 21 - IV. Vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos, estudo fitogeográfico. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha NA 21 Tumucumaque e parte da folha NB 21. Rio de Janeiro. p.264-6, 299-330 (Levantamento de Recursos Naturais, 9).

- EGUNJOBI, J.K. e S.O. BADA, 1979. Biomass and nutrient distribution in stands of *Pinus caribaea* L. in the dry forest zone of Nigeria. *Biotropica*, Fairfax, 11(2): 130-5.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL, 1984a. Programa Nacional de Pesquisas de Florestas, Curitiba, 42p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL, 1984b. Relatório Técnico do Programa Nacional de Pesquisa Florestal, período 1982-1983. Brasília. 88p.
- EPSTEIN, E., 1975. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 341p.
- EVANS, J., 1979. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of *Gmelina arborea*. *Plant and Soil*, The Hague, 52(4): 547-552.
- FASSEL, V.A., 1979. Simultaneous or sequential determination of the elements at all concentration levels - the renaissance of an old approach. *Analytical Chemistry*, 5(13).
- FORREST, W.G. e J.D. OVINGTON, 1970. Organic matter changes in age series of *Pinus radiata* plantations. *Journal Applied Ecology*, 7: 177-80.
- FORREST, W.G. e J.D. OVINGTON, 1971. Variation in dry weight and mineral nutrient content of *Pinus radiata* progeny. *Silvae Genetica*, Frankfurt, 20(5/6): 174-9.

- FOWELLS, H.A. e R.W. KRAUSS, 1959. The inorganic nutrition of Loblolly Pine and Virginia Pine with special reference to nitrogen and phosphorus. *Forest Science*, 5: 95-112.
- FRAZÃO, D.A.C., 1983. Efeitos dos elementos e suas deficiências., In: HAAG et alii. *Nutrição e Adubação da Seringueira no Brasil*. Campinas, Fundação Cargil, 116p.
- GILBERT, F.A., 1951. The place of sulfur in plant nutrition. *The Bot. Rev.*, 17(9): 671-691.
- GONZALES ESPARCIA, E. e J.J. GARCIA NUÑO, 1964. Some aspects of N nutrition in Eucalypt seedling. *Ann. Inst. For. Invest. Exp.*, Madrid, 36(9): 81-101.
- HAAG, H.P., 1958. Efeitos das deficiências e excessos de macronutrientes no crescimento e na composição do cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. Bourbon (B. Roch.) Chouss) cultivado em solução nutritiva. Piracicaba, SP, ESALQ/USP., 103p. (Tese de Doutorado).
- HAAG, H.P.; A.N. GONÇALVES; Z. TENÓRIO e U.A. TENÓRIO, 1981. Distúrbios nutricionais em *Gmelina arborea*. *O Solo*, Piracicaba, 73(2): 33-8.
- HAAG, H.P.; F.A.F. de MELLO; M.O.C. BRASIL SOBRINHO; W.R. ACCORSI; E. MALAVOLTA e S. ARZOLLA, 1961a. Estudos sobre a alimentação mineral do eucalypto: sintomas das deficiências dos macronutrientes e composição mineral. In: *II Conferência Mundial do Eucalypto*, São Paulo, v.2., p.926-932.
- HAAG, H.P.; H.A. MELLO; F.A.F. de MELLO; M.O.C. BRASIL SOBRINHO e A.A. VEIGA, 1961b. Composição química de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden : resultados preliminares. In: *II Conferência Mundial do Eucalypto*, São Paulo, v. 2, p.1329-34.

- HAAG, H.P.; J.R. SARRUGE; G.D. de OLIVEIRA; F. POGGIANI e C.A. FERREIRA, 1976. Análise foliar em cinco espécies de *Eucalyptus*. IPEF, Piracicaba (13): 99-116.
- HAAG, H.P.; J.W. SIMÕES; G.D. de OLIVEIRA; J.R. SARRUGE e F. POGGIANI, 1977. Distúrbios nutricionais em *Eucalyptus citriodora*. IPEF, Piracicaba (14): 59-68.
- HAAG, H.P.; J.V. de C. ROCHA FILHO e G.D. de OLIVEIRA, 1978. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. II. Contribuição das espécies de nutrientes na manta. O Solo, Piracicaba, 70(2):28-31.
- HEWITT, E.J., 1951. Role of the mineral elements in plant nutrition. Ann. Rev. Plant Physiology, 11: 25-52.
- HOAGLAND, D.R., 1948. Lectures on the inorganic nutrition of plants. 2^a ed. Waltham, Massachussets, Chronica Botânica Company, 226p.
- HOPPE, J., 1980. Correlações entre condições edáficas e o crescimento da *Araucaria angustifolia* na flora de Passo Fundo, RS. Curitiba (Dissertação de Mestrado - UFP).
- JONES, H.E. e G.D. SCARSETH, 1944. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. Soil Science, 57: 15-24.
- JORDAN, H.V. e L.E. ENSMINGER, 1958. The role of sulfur in soil fertility. Advances in Agronomy, New York, 10: 407-34.
- KAUL, O.N.; P.B.L. SRIVASTAVA e H.M. MATHUR, 1966. Nutrition studies on *Eucalyptus*. II. N, P, K requirements of *Eucalyptus* hybrid seedlings. Indian Forestry, 92(12): 772-778.

- KAUL, O.N.; P.B.L. SRIVASTAVA e V.N. TANDON, 1968. Nutrition studies on *Eucalyptus*. III. Diagnosis of mineral deficiencies in *E. grandis* seedlings. *Indian Forestry*, 94 (11): 831-834.
- KILMER, V.J. e L.T. ALEXANDER, 1949. Method of making mechanical analysis of soils. *Soil Science*, Baltimore, 68: 12-26.
- KING, K.F.S., 1968. *Agri-silviculture*. Ibadan, University of Ibadan, Department of Forestry. 109p.
- KRAMER, P.J. e I.I. KOSLOWSKI, 1960. Mineral nutrition and salt absorption. In: *Physiology of trees*. New York, McGraw-Hill Book Co. Inc. p.224-75. 642p.
- LINGLE, J.C.; L.O. TIFFIN e J.C. BROWN, 1963. Iron uptake - transport of soybeans as influenced by other cations. *Plant Physiology*, Lancaster, 38: 71-76.
- LÜHNIS, M.P., 1960. Effect of magnesium and calcium supply on the uptake of manganese by various crop plants. *Plant and Soil*, The Hague, 12: 339-376.
- LUCAS, R.E. e G.D. SCARSETH, 1947. Potassium, calcium and magnesium balance and reciprocal relationship in plants. *J. Amer. Soc. Agron.*, 39: 887-897.
- MACHICADO, M. e D. BOYNTON, 1961. Effects of K, Mg and Ca deficiencies on the intermediary N constituents of cocoa leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 77: 231-235.
- MADGWICK, H.A.I., 1976. Mensuration of forest biomass. In: *Oslo Biomass Studies*. Orono, University of Maine. p.13-27.

- MAINIERI, C., 1958. Identificação das principais madeiras do comércio no Brasil. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 189p. (IPT, Boletim 46).
- MALAVOLTA, E., 1963. Cultura e adubação do cafeeiro. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa. 277p.
- MALAVOLTA, E., 1977. O potássio e a planta. Boletim Técnico. Instituto da Potassa e Fósforo. Piracicaba, (1) 60p.
- MALAVOLTA, E.; H.P. HAAG; F.A.F. de MELLO e M.O.C. BRASIL SOBRINHO, 1974. Nutrição mineral e adubação das plantas cultivadas. São Paulo, Ed. Pioneira. 727p.
- MALAVOLTA, E.; H.P. HAAG; J.R. SARRUGE e R. VENCovsky, 1964. Influência do nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição química do *Pinus elliottii* Engelmann cultivado em solução nutritiva. *Silvicultura em São Paulo*, 3: 115-128.
- MALAVOLTA, E.; J.R. SARRUGE; H.P. HAAG; R. VENCovsky; C.F.O. SANTOS; O. VALSECHI; L.C. SCOTON e R.S.G. COELHO, 1970. The relation of the concentration of macronutrients in the substrate and in the foliage to cell wall thickness and cellulose concentration in the xylem of slash pine (*Pinus elliottii*). *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 27: 295-333.
- MASCARENHAS, H.A.A., 1977. Cálcio, enxofre e ferro no solo e na planta. Fundação Cargill. 95p.
- MASS, E.V.; D.P. MOORE e B.J. MASON, 1969. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. *Plant Physiology*, Lancaster, 44: 796-800.
- MELLO, H.A.; A.A. VEIGA; F.A.F. de MELLO; M.O.C. BRASIL SOBRINHO; H.P. HAAG e E. MALAVOLTA, 1960. Composição de *Pinus elliottii* Engelmann. *Fertilité*, Paris, 9: 11-4,

- MELLO, F.A.F. de; M.O.C. BRASIL SOBRINHO; H.A. MELLO; A.A. VEIGA e S. ARZOLLA, 1961. Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica sobre o "stand" em *Eucalyptus* (*Eucalyptus alba* Reiw). In: II Conferência Mundial do Eucalipto. São Paulo, v.2, p.933-37.
- MENGEL, K. e E.A. KIRKBY, 1978. **Principles of plant nutrition**. Berne, International Potash Institute, 593p.
- * MENGEL, K.; M. VIRO e G. HEHL, 1976. Effect of potassium uptake and incorporation of ammonium-nitrogen of rice plants. *Plant and Soil*, 44: 547-558.
- MENGEL, K. e T. ASKAI, 1954. The potassium concentrations of the soil solution and its effect on the yields of spring wheat. *Soil Science*, 77: 419-426.
- METRO, A.E. e G. BEAUCORPS, 1958. Influência dos povoamentos de Eucalipto sobre a evolução dos solos arenosos do RHARB. *Fertilidade*, 4: 3-13.
- MUHR, G.R., 1942. Plant symptoms of boron deficiency and effects of borax on the yield and chemical several crops. *Soil Science*, 54: 55.
- NIELSEN, W.A. e C. PALZER, 1977. Analysis of foliar samples of healthy and dieback *Eucalyptus obliqua*. *Australian Forestry*, 40(3): 219-222.
- OVERSTREET, R.; L. JACOBSON e R. HANDLEY, 1952. The effects of Ca on the absorption of K by barley. *Plant Physiology*, Lancaster, 27: 583-590.

- OVINGTON, J.D. e H.A.L. MADGWICK, 1959. Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of Scots Pine. **Forest Science**, Washington, 5(4): 344-55.
- PIO CORREA, M., 1952. **Dicionários das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola. v. III. p.311-312.
- PIMENTEL GOMES, F., 1973. **Curso de estatística experimental**. 7ª ed. São Paulo, Livraria Nobel S.A. 430p.
- POGGIANI, F.; H.T.Z. do COUTO e J.W. SIMÕES, 1979. Aspectos ecológicos das mini-rotações e do aproveitamento dos resíduos florestais. Circular Técnica, IPEF, Piracicaba (74): 1-7.
- POGGIANI, F.; H.T.Z. do COUTO; L. CORRADINI e E.C.M. FAZZUO, 1983. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. IPEF, Piracicaba (25): 37-39.
- POGGIANI, F.; H.T.Z. do COUTO e W. SUITER FILHO, 1980. **Biomass and nutrient estimates removal in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis***. Águas de São Pedro, IUFRO. 11p.
- PRITCHETT, W.L., 1979. **Properties and management of forest soils**. New York, John Wiley & Sons. 500p.
- RASMUSSEN, H.P., 1967. Calcium and strenght of leaves. I. Anatomy and histochemistry. **Bot. Gaz.**, 128: 219-223.
- REEVE, E. e J.W. SHIVE, 1944. Potassium-boron and calcium relationships in plants nutrition. **Soil Science**, 57: 1-14.

- RICHARDS, E.J. e E. BERNER, 1954. Physiological studies in plant nutrition. XVII. A general survey of the free aminoacids of barley as affected by mineral nutrition with special reference to potassium supply. **Annals of Botany**, London, 18: 15-33.
- RIZZINI, C.T., 1971. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**. São Paulo, E. Blücher. 292p.
- ROCHA FILHO, J.V. de C.; H.P. HAAG; G.D. de OLIVEIRA e R.A. PITELLI, 1978a. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*, distribuição no solo e na manta. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, SP., 35: 113-123.
- ROCHA FILHO, J.V. de C.; H.P. HAAG e G.D. de OLIVEIRA, 1978b. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. **Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, SP, 35: 19-34.
- RODRIGUES, I.A., 1982. **Informações botânicas sobre *Cordia goeldiana*, Huber**. Belém, EMBRAPA-CPATU. 4p. (EMBRAPA-CPATU. Comunicado Técnico, 36).
- SARRUGE, J.R., 1968. **Estudo sobre as relações cálcio-boro e potássio-boro no cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. **Mundo Novo**)**. Piracicaba, ESALQ/USP (Tese de Doutorado).
- SARRUGE, J.R., 1975. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, 1: 231-233.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. **Análise química em plantas**. Piracicaba, ESALQ/USP. 56p.

- SILVA, M.F., 1977. **Nomes vulgares de plantas amazônicas**. Belém, INPA. 22p. ilustr.
- SILVA, H.D. da, 1983. **Biomassa e aspectos nutricionais de cinco espécies do gênero *Eucalyptus*, plantadas em solo de baixa fertilidade**. Piracicaba. 91p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).
- SIMÕES, J.W., 1973. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Itze. cultivado em vaso. In: **II Congresso Florestal Brasileiro**, Curitiba, Anais. Curitiba, FIEP. p.112-21.
- SINGH, B., 1982. Nutrient content of standing crop and biological cycling in *Pinus patula* ecosystem. **Forest Ecology and Management**, 4: 317-32.
- SHORROCKS, V.M., 1964. **Mineral deficiencies in hevea and associated cover plants**. Rubber, Res. Inst. Malaya. 76p.
- SHORROCKS, V.M., 1965. Mineral nutrition growth and nutrient cycle of *Hevea brasiliensis*. I. Growth and nutrient content. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaya**, 19: 32-47.
- SHOULDERS, E., 1981. Concentration and distribution of selected elements in above-ground biomass of 8-year-old Slash-Pine. **General Technical Report 50-34**. New Orleans, Southern Forest Experimental Station: 254-58.
- SLOOTEN, H.J. van der; C.D.J. LISBOA; M. SOBRAL FILHO e F. PASTORE JUNIOR, 1976. **Espécies florestais da Amazônia - características, propriedades e dados de engenharia da madeira**. Brasília, IBDF-PRODEPEF. 90p. (PRODEPEF. Série Técnica, 6).

- SUCOFF, E.I., 1961. Potassium, magnesium and calcium deficiency symptoms of Loblolly and Virginia Pine seedlings. Sta. Pap. Ntheast. For. Exp. Sta. No., 164. 18p. In: **Forestry Abstracts**, 23 n° 5325.
- SWITZER, G.L. e L.E. NELSON, 1972. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.). Plantations Ecology systems: The first twenty years. Soil Science Society American Proceedings, Madison, 36(1): 143-7.
- SWITZER, G.L.; L.E. NELSON e W.H. SMITH, 1968. The mineral cycle in forest stands. In: **Forest Fertilization: theory and practice**. Knoxville, Tennessee Valley Authority. p.1-9.
- TABATABAI, M.A. e J.M. BREMNER, 1970. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. **Agron. J.**, 62: 805-806.
- TAMM, C.O., 1964. Determinations of nutrient requirements of forest stands. In: ROMBERGER, J.A. and MIKOLA, P. **International review of forest research**. New York, Academic Press. p.115-59.
- TARAS, M.A., 1978. Biomass of Souther Pines and their product yields. In: **Complete Tree Utilization of Southern Pine**. Wisconsin, Forest Products Research Society. p.15-23.
- THOMAZ, M.D.; R.H. HENDRICKS e G.R. HILL, 1950. Sulfur content of vegetation. **Soil Science**, 70(1): 9-17.
- ULRICH, A. e K. OHKI, 1966. Potassium. In: H.D. Chapman (ed.). **Diagnostic criteria for plants and soils**. Univ. California, Div. of Agricultural Sciences. p.362-393.

- VILLALOBOS-DOMINGUES, C. e VILLALOBOS, J., 1947. Atlas de los colores. Librería El Ateneo, Buenos Aires, Argentina. 147p.
- WHITACKER, R.H., 1975. Communities and ecosystems. 2a. ed, New York, MacMillan Publishing Company. 385p.
- WILL, G.M., 1961a. Some notes on nutrient deficiency *Eucalyptus* spp. In: II Conferência Mundial do Eucalipto, São Paulo, vol. 2 .938-941.
- WILL, G.M., 1961b. The mineral requirements of *Radiata* Pine seedlings. N.Z.J. Agric. Res. 4(3/4), (309-27). In: Forest Abstracts, 23 Nº 3738.
- YARED, J.A.G., 1983. Comportamento e variabilidade de proce-
dências de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, no planal-
to do Tapajós - Belterra - PA. Piracicaba. 109p. (Disser-
tação de Mestrado - ESALQ).
- YARED, J.A.G. e A.A. CARPANEZZI, 1981. Conversão da capoeira
alta da Amazônia em povoamento de produção madeireira: O
método do "recru" e espécies promissoras. Brasil Flores-
tal, Brasília, 9(45): 57-73.
- YARED, J.A.G.; A.A. CARPANEZZI e A.P. CARVALHO FILHO, 1980.
Ensaio de espécies florestais no planalto do Tapajós. Be-
lém, EMBRAPA-CPATU. 22p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pes-
quisa, 11).
- ZÁKIA, M.J.B.; F. POGGIANI e H.T.Z. do COUTO, 1983. Correla-
ção entre a concentração de nutrientes nas copas e a altu-
ra das árvores de eucalipto plantadas em povoamentos pu-
ros. IPEF, Piracicaba, (25): 29-32.

ZEN, S.; F. POGGIANI e H.T.Z. do COUTO, 1981. Variação da concentração de nutrientes ao longo do caule de *Eucalyptus saligna*: implicações na utilização energética dos resíduos florestais. Circular Técnica. IPEF, Piracicaba, (136): 1-7.