

# INFLUÊNCIA DA CALAGEM NO CRESCIMENTO E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* ST.HIL.)

Carlos Bruno REISSMANN<sup>1</sup>  
Beatriz Monte Serrat PREVEDELLO<sup>1</sup>

## RESUMO

Em casa de vegetação, mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) foram submetidas a doses crescentes de calcário com o objetivo de obter diferentes níveis de saturação de bases (V%). A partir da saturação de bases inicial do solo (V = 9,8%), que serviu como testemunha (T0) e com o objetivo de observar a clorose do calcário, calculou-se a necessidade de CaCO<sub>3</sub> necessária para atingir 40% (T1); 60% (T2); 80% (T3) e 100% (T4). Com o aumento da calagem observou-se uma nítida redução do crescimento e manifestação de clorose nas folhas jovens dos dois tratamentos, correspondendo às doses mais elevadas de calcário. Observaram-se também correlações positivas entre o aumento da calagem e a concentração de K, Ca, Mg e Fe nos tecidos das folhas de erva-mate. Constatou-se, conforme foi observado em estudos anteriores, baixos níveis de P, o que parece ser uma característica da espécie. Neste mesmo sentido, chamaram a atenção os baixos níveis de Cu e os altos de Zn. Este último ultrapassou o nível de 100 ppm.

**Palavras-chave:** Erva-mate, calagem, saturação de bases, análise foliar, clorose do calcário.

## ABSTRACT

In a greenhouse pot experiment, seedlings of erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.) were treated with increasing doses of lime to attain different levels of base saturation to force lime chlorosis. The lime doses to obtain 40% (T1); 60% (T2); 80% (T3) and 100% (T4) base saturation were calculated from the untreated soil (V = 9,8%), which was used as reference (T0). A clear inhibition of growth could be observed with increasing lime application. Furthermore, the young leaves in the two highest lime treatments showed chlorosis. Positive correlations between increasing lime application and the contents of K, Ca, Mg and Fe in the leaves were observed. In this experiment as well in earlier ones, extremely low leaf P contents were observed, indicating this may be characteristic of the species. Also low Cu contents and high Zn contents (> 100 ppm) were found.

**Key words:** Erva-mate, liming, base saturation, foliar analysis, lime chlorosis.

## 1 INTRODUÇÃO

Dada a evolução tecnológica que hoje se faz presente, há necessidade, mais que nunca de manter a preocupação com a qualidade dos produtos da floresta.

A erva-mate é alvo desta preocupação, uma vez que sua utilização abrange a exploração tanto no estado nativo quanto no sistema de agrossilvicultura. Quando submetida a este último sistema, está sujeita às alterações provocadas pelo mesmo. Uma das alterações, resultante da calagem necessária para o desenvolvimento das culturas agrícolas, está na elevação do pH, o qual pode afetar a disponibilidade de metais como Fe, Mn, Cu e Zn (MALAVOLTA, 1980).

Na literatura especializada, tratando do problema pH e absorção de metais, há referências enfatizando aspectos relativos a plantas calcífugas e calcícolas (GRIME & HODGSON, 1968). Enfatizam ainda, que todas as espécies calcífugas parecem ser resistentes à

toxidez do Al, e muitas são susceptíveis à clorose do calcário. Esta clorose é atribuída à deficiência induzida do Fe particularmente observada em solos calcários (MENGEL & KYRKBY, 1982; MENGEL, 1984; MARSCHNER, 1986).

Considerando os baixos níveis do quociente Fe/Mn (0,049), alto teor de Al nas folhas de erva-mate (800 ppm), e sua ampla distribuição em solos ácidos, suspeita-se que a mesma possa pertencer ao grupo das calcífugas (REISSMANN, 1989).

De acordo com GOODLAND (1971), a polêmica envolvendo plantas calcífugas e calcícolas, teria pouca ligação com o próprio cálcio, no sentido de que as calcífugas seriam mais resistentes ao Al, enquanto as calcícolas não se desenvolvem bem em solos ácidos devido a alta disponibilidade de Fe, Mn e Al.

MARSCHNER (1986) cita que plantas calcícolas são mais eficientes na absorção de Fe do que as calcífugas, que estão adaptadas aos solos ácidos onde

(1) Professores do Departamento de Solos da UFPR.

a disponibilidade deste elemento é alta. Ressalta ainda que plantas calcícolas, são também altamente eficientes na absorção do P. Esta é mais uma razão para consolidar a suspeita, ou pelo menos justificar investigações neste sentido, uma vez que em levantamentos anteriores foi constatado um baixo nível de P em folhas de erva-mate (REISSMANN et alii, 1983; REISSMANN et alii, 1985). Se não efetivamente pertencente ao grupo das calcíugas, tem, na presença de altas doses de calcário, seu crescimento sensivelmente reduzido.

A calagem, como promotora do aumento do pH a índices elevados, influencia a absorção dos metais, reduzindo sua concentração na copa. Há exemplos desta natureza reportados para café (MALAVOLTA et alii, 1983), e específicos para essências florestais tais como eucalipto. Há referências também, à susceptibilidade diferenciada de *Eucalyptus viminalis* à clorose induzida pelo Fe (LADIGES, 1977). Porém, nem sempre as plantas com deficiência induzida pelo Fe apresentam concentrações baixas deste elemento nos tecidos, podendo inclusive superar os teores em plantas sadias (MENDEL, 1984).

A absorção do Fe é, entre outros, fortemente afetada pelo genótipo, havendo para o caso deste elemento evidências concretas de genótipos Fe-eficientes, os quais teriam condições de alterar o ambiente da rizosfera em condições inadequada para a absorção e disponibilidade do mesmo (MARSCHNER, 1986).

No caso do chá (*Camellia sinensis*) que é altamente tolerante ao Al, níveis altos de nutrientes metálicos, como o Cu e Zn, estão associados a sua alta qualidade comercial.

Se esta questão também é verdadeira para a erva-mate, necessita ainda de várias investigações complementares. Neste sentido foi elaborado o presente trabalho de pesquisa, o qual teve por objetivo específico o estudo do crescimento e da composição química da erva-mate, submetida a diversos níveis de calagem.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, Curitiba-PR. Foram utilizadas 100 mudas de erva-mate com 1 ano de idade em delineamento inteiramente casualizado, encerrando 10 repetições com duas mudas por parcela, a saber: (T0) V% natural de 9,8 com calagem zero; (T1) V% calculado para 40, com 2,24 t CaCO<sub>3</sub>/ha; (T2) V% calculado para 60, com 3,73 t CaCO<sub>3</sub>/ha; (T3) V% calculado para 80, com 5,21 t CaCO<sub>3</sub>/ha; (T4) V% calculado para 100, com 6,70 t CaCO<sub>3</sub>/ha. O corretivo utilizado foi o carbonato de cálcio leve. Como substrato foi empregado o solo do horizonte A de um Podzólico Vermelho Amarelo que ocorre na Fazenda Experimental do Canguiri, a 20 km de Curitiba. As características químicas deste solo, acham-se expressas na TABELA 1. Foi também fornecida adubação básica de N, P, K e Mg na ordem de 0,804g; 0,804g; 0,630g e 0,480g, respectivamente, por vaso.

TABELA 1- Características químicas do horizonte A relativo ao solo PVA utilizado no experimento

pH	meq/100 cm <sup>3</sup>					ppm
	CaCl <sub>2</sub>	Al <sup>+++</sup>	Ht <sup>+</sup> Al <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	
4,2	2,4	6,7	0,4	0,2	0,13	1

Para a avaliação do experimento foram utilizados os parâmetros da altura das mudas em cm após 180 dias de condução do experimento, e a composição química foliar para macro e micronutrientes. Neste sentido foram estabelecidos cálculos de correlação entre a variável crescimento, dose de calagem e teor de elementos nas folhas, que representaram uma amostra composta por tratamento<sup>1</sup>. A análise química foliar foi processada em folhas do ano, segundo a metodologia usual no laboratório de nutrição de plantas do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, (HILDEBRAND, 1977).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Morfologia

A primeira evidência de resposta da erva-mate a níveis crescentes de calagem e aumento da saturação de bases de 9,8% a 100% foi uma sensível redução no crescimento ( $r = -0,93^{**}$ ). As doses de calcário utilizadas, bem como a altura das mudas acham-se relacionadas na TABELA 2. Ao lado disso, observou-se nas doses mais elevadas de 5,21 e 6,7 t CaCO<sub>3</sub>/ha, correspondendo a um V% desejado de 80% e 100%, a manifestação de clorose nas folhas mais jovens das mudas, caracterizada por uma descoloração do limbo foliar, tendendo ao amarelo claro, restando nas áreas imediatamente próximas às nervuras, uma tonalidade mais escura.

### 3.2 Análise química foliar - macronutrientes

O nitrogênio foi analisado apenas nas mudas da testemunha (sem calagem). O nível de 2,9% de N (TABELA 2) é elevado quando comparado com o detectado em árvores adultas, 1,5% a 2,2% de N (REISSMANN et alii., 1983). No presente caso, isto pode ser atribuído à adubação nitrogenada, bem como pelo fato de se tratarem de mudas. Folhas de plantas jovens geralmente encerram uma maior quantidade de nutrientes.

O fósforo variou de 0,05% a 0,07%, cuja variação é mínima, e aparentemente não indicando nenhuma correlação com a calagem ( $r = -0,43$  n.s.). Os resultados acham-se expressos na TABELA 2. Considerando que as mudas receberam adubação fosfatada parece confirmar a suspeita de que os baixos níveis de fósforo nas folhas da erva-mate são uma característica da espécie, hipótese já levantada por REISSMANN et alii. (1983).

(1) Agradecimento ao Prof. Antonio Carlos Batista pelos cálculos estatísticos.

TABELA 2 - Resultados da análise química foliar para macro e micronutrientes em folhas do ano, de mudas de erva-mate em relação à calagem e ao desenvolvimento em altura

Tratamentos Equivalente CaCO <sub>3</sub> t/ha	V% (a atingir)	Composição química foliar em relação à matéria seca										H (cm)
		N%	P%	K%	Ca%	Mg%	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppe	Zn ppm		
T0	0,0	9,8*	2,92	0,07	1,61	0,32	0,25	58	1087	8	138	64
T1	2,24	40	-	0,05	2,10	0,59	0,32	83	1462	4	116	50
T2	3,73	60	-	0,05	2,14	0,78	0,36	83	1450	6	123	43
T3	5,21	80	-	0,05	2,13	0,95	0,36	92	1535	5	168	39
T4	6,7	100	-	0,06	2,32	1,12	0,37	136	892	5	105	40

(\*) Saturação de bases natural do solo utilizado

Para o potássio, observou-se na testemunha um teor de 1,61% de K na matéria seca. Nas amostras que receberam calagem, todos os valores encontram-se acima de 2% na matéria seca, variando de 2,10% na menor dosagem de calcário (2,24 t de CaCO<sub>3</sub>/ha) à 2,32% para a maior dosagem (6,7 t CaCO<sub>3</sub>/ha). Neste caso, a correlação entre doses de calcário e teor de K nas folhas é positiva ( $r = 0,90^*$ ). Considerando-se que o aumento não é muito expressivo quantitativamente, e como houve redução no crescimento com o aumento da calagem, não se pode afirmar que a calagem beneficiou a absorção do K. Neste caso é possível que efeitos de concentração se façam presentes.

Estudos anteriores revelam, para árvores adultas, níveis de K situados entre 1,41% e 1,81% (REISSMANN et alii, 1983), o que situa a testemunha na faixa comumente encontrada para este elemento.

O cálcio mostrou-se bastante concordante com as dosagens de calcário, cujos teores variaram de 0,32% de Ca nas folhas da testemunha, a 1,12% nas folhas do tratamento correspondendo à maior dosagem (6,7 t CaCO<sub>3</sub>/ha) (TABELA 2). A correlação entre as doses de calcário e o cálcio nas folhas é positiva ( $r = 0,99^{**}$ ) e altamente significativa. Considerando a grande diferença de concentração dos teores de cálcio no tecido, não se pode atribuir sua totalidade a efeitos de concentração em função da redução de produção de biomassa, uma vez que a calagem propiciou grande quantidade de Ca em solução permitindo sua absorção. Além de que, a partir da dosagem de 3,73 t CaCO<sub>3</sub>/ha, os valores da altura foram semelhantes e no entanto, os valores de Ca no tecido foram crescentes. Do mesmo modo não se pode atribuir a redução do crescimento aos altos níveis atingidos no tecido foliar, mas sim ao seu efeito no solo, sobre os demais nutrientes, especialmente os micronutrientes conforme será discutido adiante. Plantas adultas de erva-mate, apresentam normalmente níveis de 0,57% a 0,70% de Ca nas folhas do ano (REISSMANN et alii, 1983). O baixo nível de Ca encontrado nas folhas da testemunha (0,32%) pode ser atribuído à baixa fertilidade do solo, em que o teor de Ca+Mg representa apenas 0,6 meq/100g de solo (TABELA 1).

O magnésio, à semelhança do cálcio, também mostrou um aumento considerável de acordo com a calagem ( $r = 0,92^{**}$ ), embora de forma menos expressiva que o cálcio. Neste sentido, o Ca apresenta uma concentração nas folhas 3,5 vezes superior na maior dosagem de calcário em relação à testemunha. Para o Mg isto ocorre em termos de apenas 1,5 vez, correspondendo a 0,25% de Mg na testemunha e 0,37% de Mg na dose mais elevada de calcário. Considerando que as mudas receberam adubação de magnésio, estes são valores baixos, uma vez que em árvores nativas foram encontrados valores que se situam entre 0,27% a 0,50% de Mg (REISSMANN et alii, 1983). Além do que, efeitos de concentração pela redução na produção de biomassa (menor altura) podem estar incluídos. Estes resultados acham-se expressos na TABELA 2.

### 3.3 Análise química foliar - micronutrientes

O cobre foi o único elemento micronutriente que apresentou um decréscimo de sua concentração no tecido das folhas, e de certa forma coerente com o aumento da calagem. A correlação entre estas duas variáveis foi negativa embora não significativa ( $r = -0,59$  n.s.). Apesar do seu decréscimo não ter sido seqüencial observa-se que o teor mais alto foi detectado na testemunha (8 ppm). O nível mais baixo foi constatado na menor dosagem de calcário (2,24 t CaCO<sub>3</sub>/ha) com 4 ppm de Cu nas folhas, seguidos dos tratamentos com 5,21 t CaCO<sub>3</sub>/ha e 6,7 t CaCO<sub>3</sub>/ha, ambos com 5 ppm de Cu e finalmente seguido do tratamento com 3,73 t CaCO<sub>3</sub>/ha com 6 ppm de Cu, como pode ser observado na TABELA 2. Normalmente, árvores adultas de erva-mate apresentam níveis de Cu em torno de 19 ppm a 29 ppm de Cu nas folhas do ano (REISSMANN et alii, 1983). O teor mais baixo encontrado nas mudas da testemunha pode ser o resultado do desenvolvimento da planta. Normalmente o teor de cobre nas partes vegetativas das plantas varia de 4 a 20 ppm (AMBERGER, 1989). MARSCHNER (1986), salienta que o nível crítico de Cu para diferentes culturas situa-se entre 3 ppm e 5 ppm, podendo ser mais amplo,

dependendo da espécie, órgão, estágio de desenvolvimento e suprimento de nitrogênio. Como pode ocorrer uma menor disponibilidade do Cu com o aumento do pH (MENGEL, 1986), os teores mais baixos nos tratamentos com calcário podem ser uma conseqüência deste fato. No entanto, a possibilidade de deficiência parece por hora descartada, uma vez que devido ao comportamento distinto do Cu nas formas orgânica e inorgânica, o pH por si só teria apenas pouca influência nos teores totais de Cu na solução do solo dos horizontes superficiais. Isto porque ocorre facilmente na forma de complexos orgânicos (SCHEFFER & SCHATSCHABEL, 1989). Há indicações que até 98% do Cu estão presentes na forma de complexos orgânicos solúveis em solos calcários (Lucas & Knezek, 1972)<sup>1</sup> apud BATAGLIA (1988). Neste caso depreende-se que sua maior ou menor disponibilidade estaria ligada ao grau de decomposição da matéria orgânica, sendo fortemente fixado por compostos orgânicos de elevado peso molecular. Mormente em solos onde mineralogicamente seu teor total é mais baixo. Também a sintomatologia observada, não corresponde àquela relatada por BELLOTE & STURION (1983), em que se observou encarquilhamento das folhas mais novas.

Os teores de zinco podem ser considerados altos e não correlacionados com o tratamento da calagem (TABELA 2). Árvores adultas de erva-mate apresentam teores de Zn entre 21 e 38 ppm (REISSMANN et alii, 1983). Plantas agrícolas podem apresentar teores de até 100 ppm de Zn (AMBERGER, 1989). Não existe a princípio uma explicação para os altos teores de Zn, quer seja na testemunha (138 ppm), quer nos tratamentos com calagem, onde mesmo na maior dose de calcário (6,7 t CaCO<sub>3</sub>/ha) observou-se uma concentração de 105 ppm de Zn. Como para o Zn existe a possibilidade de maior fixação em óxidos de Fe e minerais de argila com o aumento do pH (AMBERGER, 1989), e adsorção no próprio CaCO<sub>3</sub> (MARSCHNER, 1986), permanece a necessidade de investigações mais detalhadas neste aspecto. O mesmo autor ainda faz referência ao fato de que em relação ao tipo de solo e teor de matéria orgânica pode-se esperar a formação de quelatos de Zn, que representariam uma expressiva reserva deste elemento. Na literatura há indicações de que 75% do Zn solúvel pode estar na forma de complexos orgânicos, mesmo em solos calcários (Lucas & Knezek, 1972) apud BATAGLIA (1988). É possível que o presente fenômeno se deva às características do solo empregado, que pode naturalmente encerrar grandes quantidades de Zn-total, que por sua vez pode passar para formas absorvíveis, ou sua absorção tem sido aumentada por algum distúrbio nutricional causado pelos tratamentos empregados. De qualquer maneira, o fato é intrigante face às afirmações de MARSCHNER (1986) de que em solos calcários o Zn é freqüentemente associado à deficiência de Fe ("clorose

do calcário"). Além disso, a absorção e translocação do Zn, seria fortemente inibida pela alta concentração de HCO<sub>3</sub>. Aparentemente não foi o que ocorreu. Os sintomas observados na deficiência de Zn em erva-mate, folhas coriáceas, bordos fortemente ondulados e acentuadamente recurvados (BELLOTE & STURION, 1983), também não coincidem com os observados no presente estudo. Todos estes aspectos exigem uma investigação complementar mais aprofundada.

O manganês apresentou altas concentrações, que são coerentes com o comportamento das essências florestais. Para a erva-mate, são comuns valores acima de 1000 ppm, atingindo até 2300 ppm de Mn nas folhas de árvores adultas (REISSMANN, et alii, 1983). No presente estudo, a testemunha apresentou 1087 ppm de Mn. Dos tratamentos empregados a dose mais elevada é que revelou a menor concentração deste elemento (892 ppm). Por outro lado, as menores dosagens de calcário apresentaram valores mais elevados de Mn (TABELA 2). É provável que já na primeira dose de calcário, com redução do crescimento em altura, e conseqüente decréscimo de biomassa, um efeito de concentração se faça presente. Mas tudo indica que o efeito do pH sobre o Mn parece prevalecer pelo menos na dose mais elevada de calcário, uma vez que houve redução na concentração do elemento. É preciso, no entanto, considerar que a solubilidade do Mn não é só uma função do pH, mas também do potencial redox do solo (AMBERGER, 1989; SCHEFFER & SCHATSCHABEL, 1989). MARSCHNER (1986) enfatiza ainda que a redução e posterior absorção do Mn em plantas deficientes em Fe aumenta, tanto em soluções nutritivas quanto em solo, a ponto de levar a planta a sofrer toxidez deste elemento em solos calcários. Isto é justificado como sendo a Mn-eficiência por parte da planta, neste caso de menor importância para adaptação em solos alcalinos, nos quais ele é rapidamente reduzido por microorganismos do solo bem como por raízes de dicotiledôneas em resposta à deficiência de Fe induzida pelo alto pH, aspecto ao qual a planta é mais sensível. Este aspecto parece não se fazer presente no caso em estudo, uma vez que os níveis de Mn não passaram dos limites normalmente encontrados na erva-mate. Além disso, a relação Fe/Mn parece não ter sofrido uma alteração pronunciada nos tratamentos, aquém da maior dosagem de calcário, permanecendo em torno de 0,05 a 0,06, que corresponde ao observado normalmente nesta espécie (REISSMANN, 1989).

Particularmente em relação ao Fe em solos calcários é que se concentram as maiores atenções. Neste caso, citam-se plantas Fe-eficientes, onde o aspecto genético desempenha o papel fundamental no sentido de melhorar o suprimento do Fe às mesmas (MARSCHNER, 1986; MENGEL, 1984; AMBERGER, 1989). O fato de no presente estudo constatar-se um aumento do teor de

(1) LUCAS, R.E. & KNEZEK, D. B. 1972. Climatic and soil conditions promoting micronutrients deficient in plants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., eds. *Micronutrients in agriculture* Madison, Soil Science Society of America, 1972. p. 265-288.

(2) JACOBSON, L. 1945. Iron in the leaves and chloroplasts of some plants in relation to their chlorophyll content. *Plant Physiol.* 20:233-245.

Fe nas folhas da erva-mate com o aumento das doses de calcário ( $r = 0,91^*$ ), não significa que as plantas estão a utilizar o Fe nos processos fisiológicos. Isto porque este nível, como o dos demais elementos, representa o Fe total. Neste caso, Jacobson (1945)<sup>2</sup> apud MENGEL (1984), já definiu a deficiência fisiológica do Fe como resultado de uma "nutrição alcalina". Neste caso, o ferro fisiologicamente ativo seria obtido a partir de uma extração com HCl 0,5N. Assim, uma planta pode apresentar deficiência de Fe, na presença de altos níveis deste elemento. Isto foi constatado experimentalmente por MENGEL & MALISSIOVAS (1981), adicionando-se  $\text{HCO}_3$  em solução nutritiva, cultivando-se aveia em substrato de areia. Constatou-se que as plantas cloróticas, e submetidas ao tratamento Fe +  $\text{HCO}_3$  apresentaram níveis de Fe superiores (184 ppm) contra aquelas sadias sem bicarbonato (106 ppm). A "nutrição alcalina" da planta, seria ocasionada pela presença de  $\text{HCO}_3$ , que de um lado é produto da dissolução do calcário (RAIJ, 1991), resultado da exudação radicular em troca de  $\text{NO}_3$  (MARSCHNER, 1986), além da alta pressão do  $\text{CO}_2$  particularmente em solos úmidos aliado à hidrólise do  $\text{CaCO}_3$  (BOXMA, 1972). Neste caso, a clorose induzida pelo calcário, não seria a simples precipitação do Fe com hidróxido ou carbonato, mas sim pela inativação do mesmo dentro da planta. Isto explica porque plantas deficientes em Fe, podem apresentar níveis mais elevados deste elemento no tecido, salvaguardando sempre os efeitos possíveis de concentração. Neste sentido vem a contribuição de Bübl (1981)<sup>1</sup> apud MENGEL (1984) em que o  $\text{HCO}_3$  impediria o transporte do Fe das nervuras para os tecidos jovens das folhas em formação. MARSCHNER (1986) enfatiza ainda que o  $\text{HCO}_3$  também inibe o transporte da citocinina, requerida para a síntese de proteínas e desenvolvimento de cloroplastos. O acúmulo de Fe, nas folhas cloróticas seria a consequência da limitação de outros fatores envolvidos na formação de clorofila. Vale lembrar ainda que os sintomas de deficiência observados (clorose) são muito semelhantes aos observados por BELLOTE & STURION (1983). Estes autores enfatizam ser a erva-mate uma ótima indicadora da falta de Fe.

#### 4 CONCLUSÕES

Doses crescentes de calcário promovem a redução do crescimento da erva-mate;

Os sintomas observados, clorose das folhas mais novas, podem ser caracterizados como "clorose do calcário", podendo também significar ser a erva-mate uma planta pouco Fe-eficiente;

Os baixos níveis de P nas folhas, apesar da adubação fosfatada, podem significar uma característica da espécie.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBERGER, A. 1989. *Pflanzennährung. Ökologische und Physiologische Grundlagen*. Stuttgart. V.E.U. 264p.  
 BATAGLIA, O. C. 1988. Enxofre e micronutrientes na Agricultura Brasileira. In: XVII REUNIÃO BRASILEI-

RA DE FERTILIDADE DO SOLO. Londrina-PR. Jun 1988. EMBRAPA, IAPAR/SBCS. 121-132p.

BELLOTE, A. F. & STURION, J. A. 1983. Deficiências minerais em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.). Resultados Preliminares. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, SILVICULTURA DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St.Hil.) Curitiba - PR, Nov 28-30 1985. EMBRAPA. 124-127p.

BOXMA, R. 1972. Bicarbonate as the most important soil factor in lime induced chlorosis in the Netherlands. *Plant and soil*, 37: 233-243.

GOODLAND, R. 1971. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: III SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. São Paulo, Jan 15-19, 1971. (Ed. Mário Guimarães Ferri) Edusp. p. 44-60.

GRIME, J. P.; HODGSON, J. G. 1968. The ecological significance of limechlorosis. In: ECOLOGICAL ASPECTS OF THE MINERAL NUTRITION OF PLANTS - A SYMPOSIUM OF THE BRITISH ECOLOGICAL SOCIETY. Sheffield ABR 1-5, 1968. (Ed. I.H. Rorison) BSP p. 67-99.

HILDEBRAND, C. 1977. *Manual de análise química de solos e plantas*. Curitiba - PR. UFPR. 579p.

LADIGES, P.Y. 1977. Differential susceptibility of two populations of *Eucalyptus viminalis* Labil. to iron chlorosis. *Plant and soil*. 48: 581-597.

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

\_\_\_\_\_; CARVALHO, J.G. & GUIMARAES, P.T.G. 1983 Effect of micronutrients on coffee (*Coffea arabica* L.). *Journal of Coffee Research*, 13 (3): 64-77.

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. 1982. *Principles of plant nutrition*. Bern: International Potash Institute. 592p.

\_\_\_\_\_. 1984. *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. Stuttgart. G.F.V. 431p.

RAIJ, B. van. 1991. *Fertilidade do Solo e Adubação*. Piracicaba. CERES, POTAFOS. 343 p..

REISSMANN, C.B.; ROCHA, H.O. da; KOEHLER, C.W. et al. 1983. Bioelementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) sobre cambissolos na região de Mandirituba-PR. *Floresta*, v.14, nº 2, p. 49-54.

\_\_\_\_\_. 1985. Avaliação das exportações de macronutrientes pela exploração da erva-mate. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS. *Silvicultura da erva-mate* (*Ilex paraguariensis* St.Hil.). Curitiba-PR. Nov. 28-30 1985. EMBRAPA. p. 128-139.

\_\_\_\_\_. 1989. Der einfluß des Zeitpunktes der Blattprobeentnahme auf den Gehalt an Narelementen und des Aluminiums in den Blättern von *Ilex paraguariensis*. In: SYMPOSIUM FÜR MINERALSTOFFVERSORGUNG TROPISCHE WALDBAEUME. BAYREUTH. ALEMANHA. JUL 13-15. *Bayreuther Bodenkundliche Berichte*. p. 137

SCHEFFER, F. & SCHATSCHABEL, P. 1989. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Stuttgart. V.F.E. 394p.

(1) BÜBL, W., 1981. Eisenchlorose beider Weinrebe - Löslichkeit und Verteilung von Eisen in grünen und chlorotischen Blättern so wie die Bedeutung des Bicarbonates. Dess. Fachbereich 19, Justus-Liebig - Universität, Giessen.