

IMPORTÂNCIA DO BORO PARA O EUCALIPTO

Importance Of Boron To Eucalyptus

Evanisa F. R. Q. Melo⁽¹⁾ e Osmar S. dos Santos⁽²⁾

RESUMO

O consumo de produtos de origem florestal tem aumentado sensivelmente no Brasil e as matas nativas, que devem ser preservadas, não podem suprir todas as necessidades. Salienta-se desta forma a importância do Eucalipto (*Eucalyptus spp.*), planta de rápido crescimento que fornece madeira e outros produtos de boa qualidade, sendo utilizada para reflorestamento principalmente em solos de baixa fertilidade, nos quais muitos nutrientes são deficientes e, entre eles, o boro.

No presente trabalho são abordados aspectos relativos a boro no solo, na planta, análises de solo e de tecido, deficiência e toxidez de boro e resultados de pesquisas conduzidas com Eucalipto em soluções nutritivas e solos com carência e/ou excesso de boro.

O boro ocorre em proporções pequenas nos solos, podendo causar deficiência em Eucalipto. Os sintomas de deficiência de boro são mais comuns que os de toxidez, existindo variabilidade genética entre as espécies tanto para sensibilidade à deficiência quanto à toxidez. *Eucalyptus citriodora* tem grande sensibilidade à deficiência de boro e *E. urophylla*, à toxidez. Para correção da deficiência a adubação foliar é pouco utilizada, preferindo-se a aplicação no solo. As fontes mais comuns de boro são o borax e o ácido bórico. As doses recomendadas variam de 0,5 a 1,5 g B/cova.

UNITERMOS: Eucalipto, boro, teores, sintomas de deficiência, sintomas de toxidez, fontes.

(1) Eng^o Florestal e Eng^o Agr^o, Mestre em Agronomia.

(2) Eng^o Agr^o Doutor em Fitotecnia, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. 97.119 - Santa Maria, RS.

SUMMARY

The consumption of forest products has been increasing in Brazil. Native forests must be preserved and can't provide all necessities. Therefore the Eucalyptus tree (*Eucalyptus spp*) due to its rapid growth and good quality wood is used on reforestation projects many of them in low fertility soils, where boron deficiency is common.

In this paper some aspects related to boron in soil, plant, soil and plant tissue tests, deficiency and toxicity as well as research results using Eucalyptus in nutrient solutions with deficiency and/or excess of boron are reviewed.

Boron is presented in low proportions in the soils and can cause deficiencies in Eucalyptus. Deficiency symptoms are more frequently observed than toxicity and there is genetic variability among species in regard to sensibility to deficiency or toxicity. *Eucalyptus citriodora* is highly sensitive to deficiency whereas *E. urophylla* is to toxicity. To correct deficiencies of this nutrient, leaf application is little used. The most common sources of boron are borax and boric acid and the recommended doses are on the 0.5 - 1.5 g per hill range.

KEY WORDS: Eucalyptus, boron, levels, deficiency symptoms, toxicity symptoms, sources.

INTRODUÇÃO

O homem diante da necessidade de obter maior quantidade de produtos derivados das florestas, iniciou o estabelecimento de plantações florestais, utilizando, geralmente, espécies de rápido crescimento, destacando-se dentre elas o Eucalipto.

As florestas brasileiras com Eucalipto, em 1981, apresentavam uma área de 3,1 milhões de hectares, com plantio, no ano, de 289 mil hectares e corte de 176 mil hectares (FIBGE, 1981). Os valores de área implantada devem aumentar consideravelmente, a cada ano, por causa da necessidade de madeira e da conscientização em preservar as matas nativas.

O crescente interesse nos produtos de origem florestal torna necessário conhecer os meios para aumentar a produtividade das essências florestais, com baixo custo na produção. Com essa filosofia foi possível ocorrer algumas mudanças, visto que, na década de 1960 não era comum a prática da adubação florestal no Brasil. Entretanto, o estímulo proporcionado pelos incentivos fiscais ao reflorestamento levou a uma abertura de novas fronteiras e a ocupação de solos de baixa fertilidade, causando queda acentuada na produtividade florestal, sendo necessário utilizar a adubação, não só com macronutrientes, mas, também, com micronutrientes, para corrigir problemas de deficiência, em particular de boro.

A maior parte dos reflorestamentos situam-se em solos de baixa fertilidade natural, áreas marginais, a serem corrigidos por fertilizações, porém, o preço dos fertilizantes, aliado a um número limitado de estudos de como, quanto e quando adubar as florestas, fez com que as pesquisas com macronutrientes e, em menor número, com micronutrientes fossem realizadas. As pesquisas com micronutrientes, em especial com boro em Eucalipto, são recentes, contudo, sabe-se que este micronutriente é de fundamental importância para o desenvolvimento e produção desta espécie.

O presente trabalho tem por objetivo reunir informações sobre teores de boro no solo e na planta, sintomas característicos da deficiência e toxidez e influência deste micronutriente no comportamento do Eucalipto.

DIAGNÓSTICO DA DEFICIÊNCIA E TOXIDEZ DE BORO

O diagnóstico da deficiência e toxidez de boro pode ser feito por meio da análise do solo, análise da planta e por diagnose visual, observando sintomas tidos como característicos da deficiência ou da toxidez do nutriente.

Diagnóstico no Solo

Na maioria dos solos, o boro total está compreendido entre 2 a 100 ppm (BRASIL SOBRINHO, 1987), porém o boro disponível varia de 0.1

a 2 ppm, resultante, quase que totalmente, da matéria orgânica (BERGER, 1949). Os teores de boro no solo são baixos e podem se concentrar tanto na superfície como em profundidade, mas o boro solúvel em água invariavelmente se concentra na superfície do solo (HODGSON, 1963; RAIJ et alii, 1987).

Em geral, os fatores que podem contribuir para a deficiência de boro são: solos com baixos teores de boro total; solos formados a partir de rochas ígneas ácidas ou de rochas sedimentares; solos lixiviados; solos ácidos ou alcalinos; baixo teor de matéria orgânica; deficiência hídrica (com a diminuição da umidade do solo, a mineralização da matéria orgânica e o crescimento das raízes são reduzidos), além de algumas práticas agrícolas como excesso de calagem, de adubação nitrogenada e potássica (WOODRUFF et alii, 1960; MENGEL & KIRKBY, 1982; MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985).

Quanto a análise dos teores de boro no solo, considerados como disponível às plantas, existem controvérsias na literatura. Os métodos de extração utilizados são da água quente e ácidos diluídos (Mehlich, Ácido clorídrico 0,1N, Ácido sulfúrico 0,05N, Ácido fosfórico e Ácido acético 0,05N), com maior eficiência para o método da água quente sobre os demais métodos químicos, e a determinação é feita pelos métodos colorimétricos da Curcumina e Azometina-H (BRASIL SOBRI-NHO, 1965; CASAGRANDE, 1978; SARABIA, 1982; CRUZ & FERREIRA, 1984; TEDESCO et alii, 1985; RAIJ et alii, 1987; RAIJ & BATAGLIA, 1988).

Para interpretação dos dados das análises de solo faz-se necessário estabelecer níveis críticos de boro no solo. Foi estabelecida por Reisenauer citado por CASAGRANDE (1978), para interpretação dos teores de boro solúvel em água quente, a seguinte classificação: teor insuficiente entre 0,1 a 0,7 ppm; teor normal de 0,7 a 1,0 ppm; teor tóxico de 1,0 a 5,0 ppm. MALAVOLTA & KLIEMANN (1985) sugerem para a interpretação dos teores de boro nos solos brasileiros, também extraídos com água quente, a seguinte classificação: teor baixo com valores menores do que 0,1 ppm; teor médio - entre 0,1 a 0,3 ppm; teor adequado com valores maiores do que 0,3 ppm.

Com uso do extrator Mehlich (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N), VOLKWEISS et alii (1983) sugerem o nível crítico de 0,3 ppm para culturas pouco exigentes em boro e 0,6 ppm para culturas mais exigentes. Acredita-se que o Eucalipto se inclua nesse último grupo. GUTTERRES (1986), também, trabalhando com extrator Mehlich, refere-se a 0,5 ppm como nível crítico para culturas em geral.

O IBRA Análises Químicas (s.d.) adota a seguinte classificação para extração com HCl 0,1N: pobre com teores menores do que 0,3 ppm; baixo/médio de 0,3 a 0,5 ppm; médio ou ideal de 0,5 a 1,0 ppm; alto acima de 1,0 ppm.

Desta forma, verifica-se bastante divergência quanto aos teores considerados como níveis críticos de boro no solo, além da influência das metodologias utilizadas para extração. Para o método de extração com água quente os valores considerados como níveis deficientes variam de 0,1 a 0,7 ppm, devendo-se aceitar no mínimo 0,3 ppm como índice para nível crítico. Já para extração com Mehlich e HCl 0,1N, 0,5 ppm parece ser um valor aceitável para nível crítico. Para uniformização da metodologia de extração utilizada pelos Laboratórios de Análise e obtenção de níveis críticos definitivos, faz-se necessária a execução de novos estudos com maior número de solos e métodos de extração, comparados a absorção de boro pelo Eucalipto.

A análise de 575 amostras de solos do Rio Grande do Sul, com uso do extrator Mehlich, permitiu verificar que 90% delas possuíam teores menores que 1,01 ppm de boro, 55% com teores menores que 0,51 ppm e 19% com teores menores que 0,26 ppm (GUTTERRES, 1986).

No Estado de São Paulo, a determinação dos teores de boro, extraídos com água quente, em amostras de nove dos principais grupos de solos revelou que 87,5% delas apresentaram teores menores que 0,3 ppm (BRASIL SOBRINHO, 1965). Outro estudo, realizado com 30 solos de São Paulo, revelou variação de 0,22 a 0,54 ppm de boro, também extraídos com água quente (CRUZ & FERREIRA, 1984).

Em solos de Minas Gerais os teores de boro variaram de 0,30 a 0,40 ppm (SARABIA, 1984) e, em solos de Pernambuco, de 0,58 a 4,34 ppm

extraídos com água quente (HOROWITZ e DANTAS, 1973).

Verifica-se, pois, que os teores de boro disponíveis variam bastante de um solo para outro, mas, em geral, tendem a ser baixos.

Normalmente o boro não aparece em quantidades tóxicas na maioria dos solos. Porém a toxidez de boro pode ocorrer em regiões áridas e semi-áridas, onde os níveis são freqüentemente altos, ou quando aplicado em doses excessivas, ou pela água de irrigação rica em boro, com teores que variam de 0,3 a 4,0 ppm, ou ainda pela poluição industrial (VOLKWEISS e MEURER, 1980; MENGEL e KIRKBY, 1982; DECHEN et alii, 1988).

Diagnóstico na Planta

Para avaliação do teor dos nutrientes na planta diversos fatores devem ser considerados, uma vez que o teor dos nutrientes pode variar em função do órgão que é analisado, da época em que é coletado, das condições climáticas e da presença ou ausência de frutos.

A análise de tecido é um método eficiente para diagnosticar deficiência e toxidez de boro. Em Eucalipto geralmente são analisadas folhas, ramos e tronco (caule) para a determinação dos nutrientes.

Os processos para extração de micronutrientes são a via úmida, usando várias combinações de HNO_3 ; HClO_4 e H_2SO_4 , e a via seca com incineração a cerca de 500°C e posterior diluição das cinzas em HCl . Para determinação de boro recomenda-se a via seca, já que no processo por via úmida ocorre perda do nutriente (SARRUGE & HAAG, 1974; BATAGLIA, 1988). Os métodos colorimétricos da Curcumina e Azometina-H podem ser usados na determinação do boro (BATAGLIA et alii, 1983; TEDESCO et alii, 1985; BATAGLIA, 1988).

A interpretação dos resultados é a fase mais importante em uma análise de planta.

A concentração de boro, nas plantas em geral, tem ampla faixa de variação entre espécies, encontrando-se valores desde 5 ppm na matéria seca para plantas deficientes até 1000 ppm para plantas com sintomas de toxidez. Os valores normais variam entre 10 a 100 ppm de boro nas fo-

lhas (SARRUGE & HAGG, 1974; TEDESCO et alii, 1985; DECHEN et alii, 1988).

Para *Eucalyptus urophylla* foi encontrado nível de deficiência de 8 ppm de boro (ROCHA FILHO et alii, 1978), enquanto que em *Eucalyptus grandis* a deficiência foi observada com nível de 46 ppm e a toxidez com 100 ppm de boro (ROCHA FILHO et alii, 1979a).

Sintomas de deficiência e toxidez de boro

A deficiência de micronutrientes, seja pela "fome oculta", seja por sintomas visíveis de anormalidades, se manifesta quando a reserva de solo é insuficiente ou a disponibilidade é reduzida (MALAVOLTA et alii, 1988).

Os sintomas de deficiência de boro em Eucalipto aparecem, em geral, nos tecidos dos órgãos mais novos, fato explicado pela pouca mobilidade do nutriente e pelas características de transporte unidirecional (MALAVOLTA, 1976).

Estes sintomas gerais, tidos como característicos da deficiência de boro, são: morte dos pontos de crescimento; tecidos duros e quebradiços; folhas encarquilhadas e deformadas; caule enrugado e rachado, muitas vezes com exudação de goma e manchas e estrias de cortiça; alteração no florescimento e no sistema radicular. Infecções bacterianas podem ser, em certos casos, uma consequência secundária da deficiência tanto no sistema radicular como na parte aérea (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1987).

Os sintomas de deficiência de boro para diferentes espécies são semelhantes, variando na severidade. O sintoma inicial descrito por Savory citado por BALLONI (1980) é caracterizado pelo enrugamento e descoloração das folhas recém formadas do ramo principal, o que se repete pelos outros ramos da parte superior da copa; já os brotos tornam-se descoloridos e desprendem-se dos ramos. A progressão do sintoma culmina com escurecimento e necrosamento dos ramos e folhas da parte superior.

BALLONI (1980) também verificou que a severidade dos sintomas va-

ria com a espécie cultivada, e a seca da ponteira ("die back"), necrosamento das folhas, bem como rachadura dos ramos apicais são os sintomas que mais preocupam em regiões de deficiência hídrica.

Foram observados sintomas de deficiência de boro em *Eucalyptus citriodora*, *E. grandis* e *E. urophylla*, apresentando comportamento diferenciado, quanto a sensibilidade, para cada espécie. Em *Eucalyptus urophylla* a principal característica da deficiência de boro foi o atrofiamento do sistema radicular (TOKESHI et alii, 1976; MALAVOLTA et alii, 1978; ROCHA FILHO et alii, 1978; ROCHA FILHO et alii, 1979a.).

Os teores limites entre deficiência e toxidez de boro são muito próximos (MALAVOLTA, 1988).

Os sintomas de toxidez de boro são caracterizados por clorose (amarelecimento progressivo), seguida de necrose no final das nervuras, acompanhando a margem das folhas (BALLONI, 1980; MALAVOLTA, 1980).

Em *Eucalyptus grandis* os sintomas de toxidez ocorreram em folhas jovens e maduras com teores superiores a 100 ppm de boro (ROCHA FILHO et alii, 1979a).

A sensibilidade das espécies quanto a toxidez de boro varia sendo que *Eucalyptus urophylla* é mais sensível que *E. grandis* e este, por sua vez, o é mais que *E. citriodora* (MALAVOLTA et alii, 1978).

ESTUDOS COM BORO EM EUCALIPTO

De modo geral, os plantios de Eucalipto são realizados em solos de baixa fertilidade natural e, muitas vezes, com alguns nutrientes em níveis limitantes como, por exemplo, o boro. Alguns problemas envolvendo o boro no desenvolvimento do Eucalipto têm sido observados por diversos autores, através de estudos em solução nutritiva, ou com aplicação de boro no solo ou nas folhas.

Estudos com solução nutritiva

Tem sido realizados estudos com solução nutritiva Nº 1 de HOAGLAND & ARNON e de CLARK, com algumas espécies de Eucalipto, e ní-

veis crescentes de boro. A obtenção de maior produção de matéria seca de *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora* e *E. paniculata* foi possível com nível médio de 0,1 ppm de boro na solução nutritiva (NOVELINO et alii, 1982).

Com relação aos teores de boro nas folhas, em *Eucalyptus urophylla* foram encontrados como valores normais 30,5 ppm e de deficiência 8,2 ppm (ROCHA FILHO et alii, 1978). Já para *Eucalyptus grandis*, nas folhas novas, foram determinados teores tidos como deficiente (46 ppm), crítico (61 ppm), ótimo (68,5 ppm) e tóxico (100 ppm), e nas folhas maduras os teores variaram de 85,5 ppm para deficiência a 124 ppm para toxidez (ROCHA FILHO et alii, 1979a). Verifica-se, pois, que os teores de boro nas folhas variam em função da idade da folha e da espécie analisada.

Estudos com aplicação de boro no solo

Para melhor entendimento, as pesquisas com aplicação de boro no solo foram agrupadas em estudos em casa-de-vegetação e no campo.

Estudos em casa-de-vegetação

Alguns autores tem realizado trabalhos com mudas de Eucalipto em solo, em casa-de-vegetação, com calagem e adubação N, P, K, associados com níveis de boro. Os níveis usuais são 2 e 4 ppm de boro e os resultados, de modo geral, tem sido positivos para *Eucalyptus grandis*, com aumento no desenvolvimento em altura; interação significativa com calagem, fósforo e zinco, ocasionando alterações nas concentrações de macronutrientes nas folhas e, ainda, eliminação de efeito negativo do potássio, cuja aplicação acentua a deficiência de boro (WOODRUFF, 1960; CARVALHO et alii, 1978a; ROCHA FILHO et alii, 1979a; 1979c; 1979d). Entretanto, para *Eucalyptus urophylla*, em estudo de diagnose por subtração, a omissão de boro não teve efeito significativo na produção de matéria seca (EMBRAPA, 1980 citada por GALRÃO, 1988).

Gesso agrícola (0,1 e 2 t/ha) e boro (0,05 e 0,10 ppm) foram a-

dicionados ao solo para o cultivo de mudas de *Eucalyptus citriodora*, verificando-se o máximo em crescimento e produção de matéria seca com 2 t/ha de gesso e 0,05 ppm de boro. A aplicação de 0,10 ppm de boro reduziu a altura e produção de matéria seca, indicando toxidez. Os teores de potássio e boro na parte aérea aumentaram com a aplicação de boro (CHRISTO & SANTOS, 1990).

Estudos de campo

Diversas espécies de Eucalipto foram avaliadas a nível de campo, em vários solos, quanto a sensibilidade ao boro.

Os teores de boro nas folhas de cinco espécies de eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *E. microcorys*, *E. resinifera*, *E. robusta* e *E. saligna*), aos sete anos de idade, variaram de um local para o outro, assim como entre as espécies. Na localidade de Areia Branca, SP, os teores foliares variaram de 18 a 28 ppm de boro e, em Mogi-Guaçu, SP, de 19 a 34 ppm (HAAG et alii, 1977a.) Dessa forma verifica-se que há variabilidade genética entre as espécies.

Estudos sobre absorção de nutrientes em *Eucalyptus grandis*, até sete anos de idade, mostraram que a máxima acumulação ocorreu nas folhas e no final do período. Verificou-se tendência de aumento nas concentrações dos nutrientes nas folhas a cada três anos; assim no terceiro e sexto anos a concentração dos nutrientes segue um padrão de incremento que pode estar associado a produção de flores e frutos ou a seca prolongada nesses intervalos. Verificou-se ainda que os micronutrientes são extraídos e exportados na seguinte ordem decrescente $Mn < Fe < B < Cu < Zn < Mo$ (BELLOTE et alii, 1980).

Em *Eucalyptus citriodora*, com quatro anos de idade, foram analisadas folhas com sintomas acentuados, leves e sem sintomas de deficiência de boro, verificando-se que a deficiência ocorreu em maior intensidade no período seco do ano (HAAG et alii, 1977a). Este fato vem confirmar que a deficiência hídrica diminui a decomposição da matéria orgânica (principal fonte de boro) e reduz a absorção de boro pela planta, porque o fluxo de massa, principal mecanismo de carreamento de

boro para a planta, é reduzido

Em povoamentos com 12 meses de idade foi aplicado boro no solo, por planta, e em pulverização foliar, observando-se que a adubação com níveis crescentes de boro (6, 12, 18 g/planta) reduziu o número de plantas com deficiência, de 67,5% para 2,45 e 2,85% nas doses mais altas, e uma aplicação foliar de boro (6 g/l) aumentou em 65% as plantas com fuste reto e sem ramificações, além de provável aumento no desenvolvimento do fuste em altura e diâmetro (TOKESHI et alii, 1976).

Avaliações do efeito de geadas em povoamentos de *Eucalyptus saligna*, com seis anos de idade, evidenciam que o boro aumentou a resistência a esse fenômeno. A adição de 2 g de bórax por muda e uma mistura de 5 g de bórax e 3 g de sulfato de zinco por muda, provocaram incrementos de 40,9% e 58,3%, respectivamente, na altura das plantas. Em outro experimento a mistura boro e zinco não causou efeito significativo no crescimento do *E. saligna*, apresentando tendência à redução da altura e do volume em *E. grandis* com 4,5 anos de idade (CARVALHO et alii, 1978b); BARROS et alii, 1981; Knudson et alii, citado por GALRÃO, 1988).

Estudos com aplicação foliar

Existem poucos estudos com adubação foliar em Eucalipto. Sabe-se, porém, que é um meio eficiente e rápido de corrigir deficiência, especialmente de micronutrientes.

Para realizar adubação foliar diversos fatores devem ser considerados, pois afetam a eficiência dessa técnica, tais como: estrutura, composição química e idade da folha como fatores internos; temperatura, umidade atmosférica e do solo como fatores externos; ainda os fatores inerentes aos nutrientes e à solução como mobilidade, interação, concentração, agentes protetores e capacidade de molhamento da solução (CAMARGO & SILVA, 1971; FREIRE et alii, 1981; MALAVOLTA, 1981).

A adubação foliar com boro pode ser realizada em mudas, no viveiro, antes do transplântio para o campo (MALAVOLTA, 1981). A incidência de "die back" em Eucalipto foi reduzida com a aplicação de boro,

em tempo hábil, isto é, no primeiro ano depois do plantio. Entretanto, novas aplicações foram necessárias nos anos posteriores, tornando-se anti-econômica e de difícil execução devido ao tamanho das árvores (Savory, citado por BALLONI, 1980).

FONTES E DOSES DE BORO PARA USO FLORESTAL

A adubação tem por objetivo aumentar a concentração dos nutrientes essenciais na solução do solo, sempre que as reações de transferências da fase sólida apresentarem velocidade limitante (MALAVOLTA, 1984).

Teoricamente a adubação pode ser feita com fontes de baixa concentração ou com fontes mais concentradas do nutriente.

Existem adubos e corretivos que contêm boro em baixa concentração, o qual resulta como impureza da matéria prima ou dos reagentes empregados na fabricação. A percentagem de boro encontrada varia entre os produtos, sendo 0,03% no cloreto de potássio, 0,02% no fosfato monoamônico, 0,01% no superfosfato triplo e no esterco de curral (seco) e 0,001% no calcário.

As fontes concentradas de boro comumente utilizadas como adubos são bórax, ácido bórico, colemanita, boratos granulados com PK granulados e fritas (MALAVOLTA, 1981; LOPES & CARVALHO, 1988). Boro originado de fontes orgânicas pode ser usado em aplicação foliar.

As recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC, 1989), Paraná (OLEYNIK, 1980), São Paulo (Instituto Agrônomo, 1985) e Bahia (INGLE, 1980) não incluem a indicação de boro na adubação do Eucalipto.

Já a Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais (1989) recomenda a aplicação de 5 g de borax/cova em cobertura, juntamente com o nitrogênio e/ou o potássio.

Por sua vez, a Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988) prescreve a aplicação de boro nas seguintes situações:

a) Adubação de substrato - acrescentar 20 a 30 g de boro/m³ de terra usada na formação de mudas de Eucalipto, junto com a adubação

N-P-K+Zn.

b) Adubação de plantio definitivo - aplicar 1,5 g de boro/cova , junto com a adubação convencional e zinco.

As 20 a 30 g de boro/m³ de terra usada na formação de mudas, recomendadas no Estado de Goiás, equivalem a aproximadamente 20 a 30 ppm, valores excessivamente altos se comparados com os resultados de CHRISTO & SANTOS (1990), nos quais 0,10 ppm causaram toxidez de boro em mudas de *Eucalyptus citriodora*.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O boro ocorre em proporções pequenas nos solos, podendo causar deficiência em Eucalipto.

A análise de solo e a análise foliar se constituem em métodos eficientes para diagnosticar deficiência e toxidez de boro, porém há necessidade de se uniformizar a metodologia e estabelecer níveis críticos mais seguros.

Os sintomas de deficiência de boro são mais comuns que os de toxidez, existindo variabilidade genética entre as espécies tanto para sensibilidade à deficiência quanto à toxidez. *Eucalyptus citriodora* tem grande sensibilidade à deficiência de boro e *E. urophylla* à toxidez.

Pesquisas em casa-de-vegetação e no campo permitiram obter resultados sobre teores foliares e acumulação de boro, bem como produção de matéria seca em resposta a doses de boro.

Para correção da deficiência a adubação foliar é pouco utilizada, preferindo-se a aplicação no solo. As fontes mais comuns de boro são o bórax e o ácido bórico. As doses recomendadas variam de 0,5 a 1,5 g de boro/cova.

Há necessidade de pesquisas com boro em Eucalipto para avaliar fontes, doses, modos e épocas de aplicação, juntamente com teores críticos nos solos e nos tecidos, em povoamentos com idades mais avançadas, verificando-se a influência na produção e qualidade da madeira.

LITERATURA CITADA

1. BALLONI, E.A. A utilização de boro em florestas plantadas. *Journal dos Reflorestadores*, 1(83):13-16, 1980.
2. BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M. & DEFELIPO, B.V. Produção de Eucalipto em solos do cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. *Rev. Árvore*, 5(1):90-103, 1981.
3. BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P. R. & GALLO, J.R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim técnico, n.78).
4. BATAGLIA, O.C. Análise química de plantas para micronutrientes: In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, Jaboticabal, 1988. Anais ... Jaboticabal, FCAV/UNESP-IAC-ANDA-POTAFÓS, 1988, v.2, p.473-501.
5. BELLOTE, A.F.J.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. & OLIVEIRA, G.D. Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden em função da idade. 2. Micronutrientes. IPEF, (20): 27-45, 1980.
6. BERGER, K.C. Boron in soil and crops. *Adv. Agronomy*, 1: 321-51, 1949.
7. BRASIL SOBRINHO, M.O.C. *Levantamento do teor de boro em alguns solos do estado de São Paulo*. Piracicaba, ESALQ, 1965, 135p. (Tese Livre Docente de Química Agrícola).
8. CAMARGO, P.N & SILVA, O. *Manual de adubação foliar*. São Paulo, Herba, 1975. 258p.
9. CARVALHO, C.M.; BAENA, E.s.; COUTINHO, C.J.; FREITAS, M. & FERREIRA, C.A. Estudos das relações B/Ca e B/K na cultura de *Eucalyptus saligna* Smith (resultados preliminares). *Silvicultura*, 2 (14):264-6, 1978a.
10. CARVALHO, C.M.; VEIGA, R.A.A.; BAENA, E.S. & COUTINHO, C.J. Efeitos da adubação (NxPxKxB) na resistência à geadas do *Eucalyptus saligna* Smith aos seis meses de idade. *Silvicultura*, 2(14):57-9, 1978b.
11. CASAGRANDE, J.C. *O boro em solos do Município de Piracicaba*. São Paulo, ESALQ/USP, 1978, 122p. (dissertação de Mestrado).
12. CHRISTO, S.S.M. & SANTOS, O.S. Efeitos do gesso e do boro na produção de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, 20(1-2):173-184, 1990.
13. COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. *Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás*. Goiânia, UFG, 1988.
14. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 4ª aproximação Lavras 1989. 176p.

15. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. *Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 2ª ed. Passo Fundo, SBCS e EMBRAPA/CNPT, 1989, 128p.
16. CRUZ, M.C.P. & FERREIRA, M.E. Seleção de métodos para avaliação do boro disponível em solos. *Pesq. Agropec. Bras.*, 19(12):1457-64 1984.
17. DECHEN, A.R.; HAAG, H.P. & CARMELLO, O.A.C. Micronutrientes: Diagnose visual. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRÔNUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, Jaboticabal, 1988. Anais ... Jaboticabal, FCAV/UNESP-IAC-ANDA-POTAFÓS, 1988, v.2, p.451-71.
18. EPSTEIN, E. *Nutrição mineral de plantas. Princípios e perspectivas*. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
19. FIBGE (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). *Silvicultura. Brasil-Grandes regiões-unidades da federação-microrregiões homogêneas-municípios*. Rio de Janeiro, FIBGE, 1981. 380p.
20. FREIRE, F.M.; MONNERAT, P.H.; NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Nutrição foliar: princípios e recomendações. *Inf. Agropec.*, 7 (81): 54-62, 1981.
21. GALRÃO, E.Z. Respostas das culturas aos micronutrientes boro e zinco. In: ENXOFRE E MICRÔNUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1988. Anais... Londrina, EMBRAPA/CNPSO-IAPAR-SBCS, 1988. 317p. p. 205-37.
22. GUTERRES, J.F. *Disponibilidade de boro para as plantas em solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, UFRGS, 1986, 135p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia)
23. HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.S.; POGGIANI, F. & FERREIRA, C.A. Análise foliar em cinco espécies de *Eucalyptus*. *Anais da ESALQ*, 34(1):31-44, 1977a.
24. HAAG, H.P.; SIMÕES, J.W.; OLIVEIRA, G.D.; SARRUGE, J.R. & POGGIANI, F. Distúrbios nutricionais em *Eucalyptus citriodora*. *IPEF*, (14):56-68, 1977b.
25. HODGSON, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. *Adv. Agronomy*, 15:119-59, 1963.
26. HOROWITZ, A. & DANTAS, H.S. Boro disponível nos solos da Zona Litoral-Mata de Pernambuco. *Pesq. Agropec. Bras. Série Agronomia*, 8:163-8, 1973.
27. IBRA-ANÁLISES QUÍMICAS. *Orientação para análises do solo e de plantas*. Campinas, (s.d.), n.p.
28. INGLE, W.D.G. *Recomendações de adubação para o estado da Bahia - 1ª aproximação*. Salvador, EMATERBA, 1980. 89p.
29. INSTITUTO AGRONÔMICO. *Recomendações de adubação e calagem para o*

Estado de São Paulo, Campinas, IAC, 1985. 107p. (Boletim técnico nº 100).

30. LOPES, A.S. Micronutrientes: filosofia de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, Jaboticabal, 1984. *Anais...* Jaboticabal, FCAV/UNESP-IAC-ANDA-POTAFÓS, v.2, p. 573-631.
31. LOPES, A.S. & CARVALHO, J.G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, *Anais ...* Londrina, EMBRAPA/CNPSo-IAPAR-SBCS, 1988, p. 133-77.
32. MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola; Nutrição de plantas e fertilidade do solo*. São Paulo. Ceres, 1976. 528p.
33. MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Ceres, 1980. 253p.
34. MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: Adubos e adubações*. São Paulo, Ceres, 1981. 596p.
35. MALAVOLTA, E. Exigências nutricionais das plantas e necessidade de fertilizantes e de corretivos. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. *Anais...* Brasília, EMBRAPA/ANDA/POTAFÓS, 1984, p. 159-78.
36. MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas, In: FERNANDES, F.M. & NASCIMENTO, V.M. (coords.) Curso de Atualização em Fertilidade do Solo. Campinas, Fundação Cargill. 1987. p.31-101.
37. MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A.E.; PAULINO, V.T. Micronutrientes - uma visão geral. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, Jaboticabal, 1988. *Anais...* Jaboticabal, FCAV/UNESP - IAC-ANDA-POTAFÓS, 1988, v.1, p.1-74.
38. MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J. *Desordens nutricionais no cerrado*. Piracicaba, POTAFÓS, 1985. 136p.
39. MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E.; ATHAYDE, M.F.; BRAGA, N.F.; NOGUEIRA, S.S. & MORAES, S.A. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*. *Rev. de Agricultura*, 53(4):243-6, 1978.
40. MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. *Principles of plant nutrition*. 3ª ed. Bern, International Potash Institute, 1982. 687p.
41. NOVELINO, J.O.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & MUNIZ, A.S. Efeitos de níveis de boro em solução nutritiva no crescimento de *Eucalyptus spp*. *Rev. Árvore*, 6(1):45-51, 1982.
42. OLEYNIK, J. *Manual de fertilização e correção dos solos - 1980*. Curitiba, EMATER-PR/ACARPA, 1980. 90p.

43. RAIJ, B. & BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1, Jaboticabal, 1988. *Anais...* Jaboticabal, FCAV/UNESP-IAC-ANDA - POTAFÓS, 1988, v.2, p.537-69.
44. RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A. S. & BATAGLIA, O.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
45. ROCHA FILHO, J.V.C.; HAAG, H.P. & OLIVEIRA, G.D. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. *Anais da ESALQ*, 35(1):19-34, 1978.
46. ROCHA FILHO, J.V.C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. & SARRUGE, J.R. Influência do boro no crescimento e na composição química de *Eucalyptus grandis*. *Anais da ESALQ*, 36(1):139-51, 1979a.
47. ROCHA FILHO, J.V.C.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. & OLIVEIRA, G.D. Efeitos da aplicação de P, B, Zn e calagem no teor de boro e zinco nas folhas de mudas de *E. grandis*. *Anais da ESALQ*, 36(1):119-37, 1979b.
48. ROCHA FILHO, J.V.C.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. & OLIVEIRA, G.D. Efeitos da aplicação de fósforo, boro, zinco e calagem na altura e produção de matéria seca em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill, ex-Maiden) cultivadas em solo de cerrado. *Anais da ESALQ*, 36(1):483-92, 1979c.
49. ROCHA FILHO, J.V.C.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. & OLIVEIRA, G.D. Efeitos da aplicação de fósforo, boro, zinco e calagem no teor de macronutrientes das folhas de mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em solo de cerrado. *Anais da ESALQ*, 36(1):493-507, 1979d.
50. SARABIA, W.A.T. *Avaliação dos teores de zinco e boro disponíveis em latossolos do Triângulo Mineiro*. Viçosa, UFV, 1982. 61p. (Dissertação de Mestrado).
51. SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974. 56p.
52. TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. *Análises de Solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, UFRGS, Fac. Agronomia, 1985. n.p., (Boletim técnico, nº 5).
53. TOKESHI, F.; GUIMARÃES, R.F. & TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. *Summa Phytopathologica*, 2(2): 122-6, 1976.
54. VOLKWEISS, S.J. & MEURER, E.J. *Micronutrientes*. Porto Alegre, UFRGS, 1980. 39p. (Palestra apresentada no Curso de Fertilidade do Solo, Porto Alegre, 1980).
55. VOLKWEISS, S.J.; TEDESCO, M.J.; BOHNEN, H.; BISSANI, R.A.; GUTERRES, J.F.; KLAMT, E.; SCHNEIDER, P. & KAMPF, N. *Levantamento*

dos teores de nutrientes das plantas em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 1983. 60p. (Relatório à FINEP)

56. WOODRUFF, C.M.; McINTOSH, J.L.; MIKULCIK, J.D. & SINHA, H. How potassium caused boron deficiency in soybeans. *Better crops with plant food, July-August:4-11, 1960.*