

IPEF - ESALQ
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SCIENTIA
FORESTALIS

ISSN 1413-9324
Nº 53, Junho, 1998

Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook
cultivado sob diferentes doses de boro e sua relação
com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*

*Nutrient status of Eucalyptus citriodora grow under different
doses of boron and its relationship with the
aggressiveness of Botryosphaeria ribis*

Ronaldo L. V. de Arruda Silveira; Antonio N. Gonçalves;
Tasso Leo Krüger

RESUMO: Um experimento em casa de vegetação foi realizado para verificar o efeito de boro sobre a concentração de nutrientes de *Eucalyptus citriodora* e sua relação com a suscetibilidade das plantas a *Botryosphaeria ribis*, um patógeno comumente associado a cancrios e “dieback” no campo. Sete doses de boro em solução nutritiva foram estudadas: 0; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 mg L⁻¹. Em torno de um ano após o início dos tratamentos, foi feita uma coleta de folhas superiores e inferiores, conforme posição nos ramos para a determinação da concentração de boro. O fungo foi inoculado por ferimento na região basal, mediana e apical do caule, usando discos de micélio-agar. Sessenta dias após a inoculação as lesões foram avaliadas, medindo-se o comprimento no sentido longitudinal do caule. No final do ciclo, as plantas foram separadas em folhas superiores e inferiores, ramos e caule para análise química, visando determinar a concentração dos macro e micronutrientes, com exceção de Co, Cl e Mo. Os resultados obtidos mostraram que a omissão de boro aumentou a agressividade de *B. ribis*. O comprimento da lesão foi maior na posição basal do caule quando comparado com as outras. Concentrações foliares de boro na faixa de 30 a 240 mg kg⁻¹ não influenciaram a suscetibilidade das plantas a *B. ribis*. Observou-se também que a omissão de boro na solução induziu a deficiência de potássio.

PALAVRAS-CHAVE: *Eucalyptus citriodora*, *Botryosphaeria ribis*, Deficiência de boro.

ABSTRACT: A greenhouse experiment was carried out in order to verify the effect of boron on the nutrient concentration of *Eucalyptus citriodora* plants and their relationship with the susceptibility of the plants to *Botryosphaeria ribis*, a common secondary pathogen associated with cankers and dieback in the field. Seven doses of boron in nutrient solution were tested: 0, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 mg L⁻¹. Approximately one year after the initiation of the treatments a sampling of leaves (from the upper and lower portions of the plants) was made for the determination of boron concentration and the fungus was wound inoculated on the basal, median and apical portion of the stem, by using mycelium agar discs as inoculum length of the lesions was measured 60 days

after inoculation. Seventy days after inoculation, the plant parts (upper and lower leaves, branches and stem) were sampled for chemical analysis (macro and micronutrients, with the exception Co, Cl and Mo). The results obtained showed that boron omission increased the aggressiveness of *B. ribis*. Lesion size was bigger on the basal portion of the main stem than in the other portions. Boron concentration in the leaves in the range of 30 to 240 mg kg⁻¹ did not influence the susceptibility of the fungus. It was also concluded that boron deficiency induces potassium deficiency.

KEYWORDS: *Eucalyptus citriodora*, *Botryosphaeria ribis*, Boron deficiency.

INTRODUÇÃO

Normalmente, os povoamentos florestais no Brasil têm sido implantados em solos de baixa fertilidade natural, como areia quartzosa e latossolo arenoso distrófico ou álico, onde o boro e outros nutrientes ocorrem em níveis limitantes (Silveira et al., 1995a, 1995b).

A deficiência de boro tem sido comum nos plantios de eucalipto, principalmente nos de *Eucalyptus citriodora* Hook. Os sintomas dessa deficiência são: folhas novas cloróticas, encarquilhadas e coriáceas que se tornam quebradiças, morte de gema apical, fendilhamento da casca e tronco, com exsudação de goma e necrose dos tecidos (Tokeshi et al., 1976; Malavolta et al., 1978; Carvalho et al., 1980). Além de afetar o crescimento e desenvolvimento das árvores, essa deficiência parece ser um fator de predisposição à ocorrência de fungos patogênicos secundários, conforme levantamento feito em plantios de *Eucalyptus citriodora* de um ano de idade na região de São Manuel - SP (Silveira et al., 1995c). Nesta região e em outras nos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, especialmente em solos arenosos, verifica-se a ocorrência de dois fungos, *Botryosphaeria ribis* Grossenb & Dugg (sin. *B. dothidea* (Moug. ex Fr.) Ces & de Not) e *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl. (sin. *Botryodiplodia theobromae* Pat.). Esses fun-

gos são relatados em outros países associados a lesões necróticas no caule de espécies de *Eucalyptus* (Davison e Tay, 1983; Shearer et al., 1987). O fungo *Botryosphaeria ribis*, particularmente, tem sido também relatado como um patógeno que apresenta maior agressividade em plantas predispostas à infecção por fatores como desfolhamento e deficiência hídrica (Crist e Schoeneweiss, 1975; Schoeneweiss, 1975; Old et al., 1990; Mullen et al., 1991). O déficit hídrico é a principal causa de deficiência de boro em *E. citriodora* e *E. urophylla* no cerrado de Minas Gerais (Barros et al., 1992), uma vez que reduz a mineralização da matéria orgânica, diminuindo a disponibilidade de boro (Berger e Truog, 1946), bem como o mecanismo de absorção por fluxo de massa. Isto sugere que a deficiência de boro associada ao estresse hídrico seja um fator de predisposição à infecção por patógenos secundários, conforme relatado por Silveira et al. (1996b).

Os objetivos deste trabalho foram verificar o efeito de doses de boro em solução nutritiva sobre a sua concentração e sobre a dos demais nutrientes na planta e uma possível relação entre a concentração de boro em *E. citriodora* com a susceptibilidade a *B. ribis*, além de determinar a patogenicidade de *B. ribis* em diferentes posições do caule de *E. citriodora*.

MATERIAL E MÉTODOS

Condicionalamento do hospedeiro para obtenção de deficiência e excesso de boro

Foram utilizadas mudas de *E. citriodora* obtidas de sementes originárias de área de produção da procedência Ouriçangas - BA (ex. Zimbabue, origem Queensland, Austrália). As mudas foram formadas em tubetes com capacidade de 50 cm³, contendo substrato a base de vermiculita, terra de sub-solo e casca de arroz carbonizada nas proporções de 50%, 20% e 30% respectivamente. O substrato foi adubado com superfosfato simples na dose de 300 mg P kg⁻¹. As mudas receberam ainda adubações durante o período de 45 a 90 dias de idade, com aplicações semanais de 500 mg N L⁻¹, 150 mg P L⁻¹ e 300 mg K L⁻¹. Aos 120 dias de idade, as mudas com a altura em torno de 20 cm, foram selecionadas e após as raízes terem sido lavadas com água destilada para eliminar os resíduos do substrato, foram transplantadas, colocando-se uma por vaso de alumínio, com capacidade de 10 litros, revestido internamente com sacos plásticos e contendo sílica moída. Passados 15 dias do transplante, fez-se o retransplante das mudas que não sobreviveram.

As plantas foram irrigadas diariamente com solução nutritiva completa (Sarruge, 1975) e renovada a cada quinze dias. Aos 13 meses de idade, quando as plantas atingiram uma altura média de 2 m e um diâmetro médio basal de aproximadamente 3 cm, o qual possibilita a inoculação do fungo, foi realizada uma lavagem do substrato com água destilada para remover os nutrientes existentes. Em seguida, iniciaram-se os tratamentos que consistiram de solução contendo todos os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn), com exceção do boro, que foi testado nos níveis de 0; 0,125; 0,25; 0,50 ;1,0 ;2,0 e 4,0 mg L⁻¹. Os sete tratamentos foram repetidos 6 vezes, totalizando 42 vasos que foram

distribuídos de maneira inteiramente casualizada na casa de vegetação.

Inoculação e avaliação das lesões causadas por Botryosphaeria ribis

A inoculação de *B. ribis* (isolado de plantio de *E. citriodora* na região de São Manuel - SP) foi realizada quando a manifestação visual dos sintomas de deficiência de boro era máxima, 12 meses após o início dos tratamentos, com as plantas apresentando seca de ponteiro, folhas novas cloróticas e deformadas. O fungo foi inoculado na região basal, mediana e apical do caule, através da perfuração do caule, com o auxílio de um vazador metálico de 4 mm de diâmetro, que permitiu a retirada da casca e a exposição do lenho. Em cada orifício aberto foi colocado um disco de BDA com micélio de 3 mm de diâmetro, que ficou em contato com o lenho. Após a inoculação das 42 plantas, esses pontos foram envolvidos com plástico contendo algodão umedecido para proteção contra a dessecação, os quais foram mantidos até 15 dias após a inoculação.

A evolução das lesões foi acompanhada desde o seu início, em torno de 10 dias após a inoculação, até a cicatrização, 60 dias após a inoculação, quando foi medido o comprimento das lesões no sentido longitudinal do caule. Tecidos de caule lesionados de árvores inoculadas foram coletados para reisolamento. Estes foram plaqueados em batata dextrose agar (BDA), após desinfecção rápida em álcool (95%) e hipoclorito de sódio (2% de Cl ativo) por 30 segundos.

Observações, colheita e preparo de material vegetal para análise química

Os sintomas de deficiência foram caracterizados desde o início (5 meses) até 12 meses após a entrada dos tratamentos, época de inoculação de *Botryosphaeria ribis*.

Um mês antes da inoculação do fungo, foi realizada uma amostragem de folhas superiores e inferiores para determinar a concentração de boro. No final do experimento, (70 a 80 dias após a inoculação) todas as plantas foram separadas em folhas superiores, folhas inferiores, caule e ramos para determinação dos teores de macro e micronutrientes conforme metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974). As folhas superiores correspondiam à metade do número total de folhas localizadas nos ramos a partir do ápice, enquanto que as inferiores, correspondiam aos outros 50%. As partes da planta colhida foram lavadas inicialmente em água de torneira e, em seguida, em água desmineralizada. Posteriormente, o material vegetal foi acondicionado em saco de papel e colocado em estufa com circulação forçada de ar, temperatura de 70-75°C, até atingir peso constante. Em seguida, procedeu-se à moagem do material para a determinação química dos nutrientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de deficiência e excesso de boro

Aos 150 dias após o início dos tratamentos, as plantas cultivadas na ausência de boro mostravam os primeiros sintomas da deficiência, caracterizados por folhas mais novas de tamanho reduzido, deformadas, encarquilhadas e coriáceas, com uma leve clorose, geralmente marginal (Figura 1A).

Num estágio mais avançado, em torno de 300 dias após o início dos tratamentos, ocorria a morte das gemas apicais, seguida de morte descendente do ponteiro da planta, associada à emissão de brotação das gemas laterais ao longo do tronco (Figura 1B) ou na base do lignotuber, resultando em paralisação do crescimento em altura.

Os sintomas iniciais da deficiência de boro descritos na Figura 1A-B, foram observados em uma planta do total de 6 plantas do tratamento 0,125 mg B L⁻¹, sendo que nos demais tratamentos os mesmos não foram visualizados.

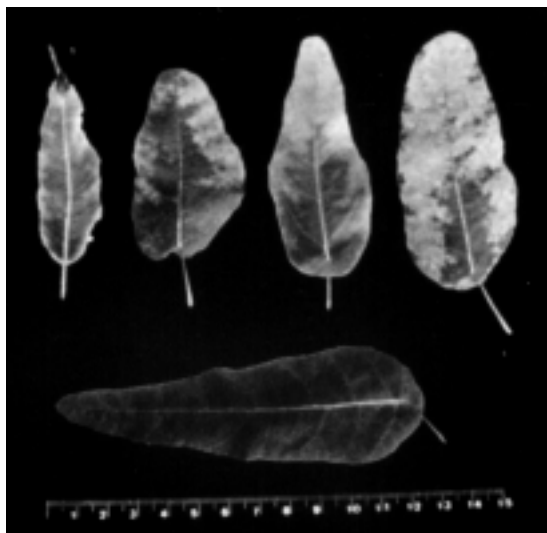
Os sintomas de deficiência de boro foram semelhantes àqueles descritos por Vail et al. (1957), Savory (1962), Tokeshi et al. (1976), Carvalho et al. (1980), Dell e Malajczuk (1994), Dell et al. (1995), Silveira et al. (1995 a-c) e Silveira et al. (1996a), verificando-se que a deficiência inicial, compreendida pelos sintomas foliares, pode sofrer pequenas variações de espécie para espécie, mas todas apresentam no estágio mais avançado a morte das gemas apicais, seguida da seca de ponteiro (“dieback”), sintoma de fácil identificação nas condições de campo.

Os sintomas de toxidez não ficaram bem evidenciados neste estudo. Verificou-se em duas do total de 6 plantas, cultivadas sob 4,0 mg B L⁻¹, uma necrose das margens das folhas velhas (Figura 1C). No entanto, a inconstância desse sintoma nas outras plantas do tratamento não permitiu um diagnóstico visual seguro em relação à toxidez de boro, como foi observado para a deficiência.

Concentrações dos nutrientes

As concentrações de boro obtidas antes da inoculação do fungo, tanto nas folhas superiores como inferiores, foram menores quando este não foi adicionado na solução nutritiva (Tabela 1).

As concentrações obtidas nas folhas superiores na ausência de boro estavam dentro da faixa considerada deficiente para *Eucalyptus spp* (Malavolta, 1987) e *E. urophylla* (Dell et al., 1995), as quais variam de 15 a 20 mg kg⁻¹ e 7 a 15 mg kg⁻¹, respectivamente, porém, acima da faixa considerada deficiente para *E. grandis* (5 a 8 mg kg⁻¹) e *E. globulus* (4 a 10 mg kg⁻¹). Verificou-se ainda que a concentração



A) Folha nova e recém madura clorótica, deformada e coriácea de planta cultivada na ausência de boro.

A) *Chlorotic malformed and corky young and mature leaves of plant grown in the absence of boron.*



B) Morte de ponteiro seguida de brotações das gemas laterais na base de inserção do ramo de planta cultivada na ausência de boro.

B) *Dieback followed by lateral bud growth at the base of branch of plant grown in the absence of boron.*



C) Folhas velhas com necrose marginal de planta cultivada na dose de 4,0 mg B L⁻¹.

C) *Old leaves with marginal necrosis of plant grown at the dose of 4.0 mg B L⁻¹.*

Figura 1

Sintomas de deficiência e toxidez de boro em *Eucalyptus citriodora*.

Deficiency and toxicity symptoms of boron Eucalyptus citriodora.

Tabela 1

Concentração de boro nas folhas superiores e inferiores de *Eucalyptus citriodora* antes da inoculação com *Botryosphaeria ribis* (11 meses após início dos tratamentos).

Boron concentration in upper and lower leaves of Eucalyptus citriodora before inoculation with Botryosphaeria ribis (11 months after the initiation of the treatments).

<i>B</i> na planta (mg kg ⁻¹)	B na solução (mg L ⁻¹)							Média
	0,0	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	
Folhas superiores	13	25	35	68	85	151	233	87,1
Folhas inferiores	22	36	48	87	135	200	251	111,3
Média	17,5	30,5	46,5	77,5	110,0	175,5	242,0	-

de boro nas folhas inferiores foi maior quando comparada às folhas superiores.

Houve efeito significativo das doses de boro sobre a sua concentração nas diferentes partes da planta no final do experimento. Como era esperado, para as folhas superiores, as plantas cultivadas na ausência de boro apresentaram menores concentrações deste micronutriente,

quando comparadas com as cultivadas na presença do nutriente (Tabela 2).

As doses de boro na solução nutritiva na faixa de 0,0 até 0,5 mg L⁻¹ não se refletiram em diferenças significativas na concentração deste micronutriente nos ramos e folhas inferiores. Para a concentração de boro no caule, não houve diferença significativa entre as do-

Tabela 2

Concentração de boro nas folhas superiores, folhas inferiores, ramos e caule de *Eucalyptus citriodora* no final do experimento em função das doses de boro na solução (14 meses após início dos tratamentos).

Boron concentration in upper and lower leaves, branches and stem of Eucalyptus citriodora at the end of the experiment, as a function of boron doses in the solution (14 months after the initiation of the treatments).

B na solução (mg L ⁻¹)	B na planta (mg kg ⁻¹)			
	Folhas superiores	Folhas inferiores	Ramos	Caule
0,0	7,2e	13,8d	10,4c	5,2e
0,125	29,4d	31,9d	16,3bc	8,7de
0,25	31,7d	35,6d	23,2abc	8,5cde
0,5	51,0d	57,1cd	23,6abc	14,0bc
1,0	84,4c	113,2bc	25,2abc	13,0bcd
2,0	132,2b	155,8b	25,8a	16,3ab
4,0	201,2a	240,3a	29,3ab	21,0a
Teste F	87,65**	42,06**	8,92**	19,99**
C.V.(%)	22,37	32,07	22,64	22,88

** significativos ao nível 1 % de probabilidade, pelo teste Tukey.

ses de 0,0 e 0,25 mg L⁻¹. Em relação aos níveis mais elevados de boro na solução (2,0 e 4,0 mg B L⁻¹), constataram-se diferenças significativas para as concentrações desse micronutriente tanto para folhas superiores como inferiores, ao contrário do que foi observado para os ramos e caule. Na ausência de boro, as concentrações obtidas nas folhas superiores e inferiores foram de 7,2 mg B kg⁻¹ e 13,8 mg B kg⁻¹, valores estes considerados deficientes por Malavolta (1987) para o gênero *Eucalyptus* e por Dell et al. (1995) para *E. urophylla*. Silveira et al. (1995a e 1995b) encontraram concentrações próximas das obtidas no presente estudo, quan-

do analisaram folhas de plantios de *E. grandis* deficientes em potássio, boro e zinco. As concentrações de boro obtidas variaram de 6 a 12 mg kg⁻¹ na parte superior e de 9 a 17 mg kg⁻¹ na parte inferior da copa. Rocha Filho et al. (1979), ao cultivar plantas de *E. grandis* na ausência de boro, obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo, sendo que as concentrações desse micronutrientes nas folhas novas e velhas foram de 12 mg B kg⁻¹ e 10 mg B kg⁻¹, respectivamente.

Em relação à dose mais elevada de boro, as concentrações obtidas foram de 201,2 mg kg⁻¹ e 240,3 mg kg⁻¹ para folhas superiores e e

inferiores, respectivamente (Tabela 2). Esses valores foram bem menores que os encontrados por Rocha Filho et al. (1979) para *E. grandis* cultivado na mesma dose, os quais foram de 314 mg B kg⁻¹ para folhas novas e 374 mg B kg⁻¹ para as velhas.

Foram observadas ainda correlações positivas e significativas entre a dose de boro na solução e a concentração desse micronutriente nos tecidos, sendo que a concentração de boro nas folhas superiores foi a que melhor expressou a presença deste na solução (Tabela 3).

Isso pode ser explicado pela baixa mobilidade de boro no floema, o que se reflete numa melhor expressão do estado nutricional em relação ao boro nesse órgão e nos pontos de crescimento, como sistema radicular e gemas apicais, locais de máxima manifestação de sintomas dessa deficiência (Gupta, 1979; Malavolta, 1980; Malavolta et al., 1989). Em

relação aos outros órgãos, notou-se que as concentrações de boro nos ramos foram as que menos correlacionaram tanto com a dose de boro na solução (Tabela 3) como com as concentrações nas diferentes partes da planta analisada (Tabela 4), mostrando que os ramos foram os órgãos da planta menos indicados para avaliação da condição nutricional de boro em *E. citriodora*.

O potássio foi o nutriente, exceto o boro, que sofreu a maior influência da presença de boro no meio, conforme ilustra a Figura 2.

Observa-se uma resposta linear para o boro e quadrática para o potássio. Adições crescentes de boro na solução resultaram em aumentos crescentes das concentrações foliares de boro. Já em relação ao potássio esses aumentos ocorreram para as folhas superiores até 2,48 mg B L⁻¹ e para as inferiores até 2,54 mg B L⁻¹ na solução. Portanto, para se ter

Tabela 3

Coefficientes de correlação entre nível de boro na solução e a concentração de boro nas diferentes partes das plantas de *Eucalyptus citriodora*.

Correlation coefficients between boron level in the solution and the boron concentration in different plant parts of Eucalyptus citriodora.

	B na planta (mg kg ⁻¹)			
	Folhas superiores	Folhas inferiores	Ramos	Caule
B na solução (mg L ⁻¹)	0,95559**	0,92173**	0,57638**	0,82143**

** significativos ao nível de 1 % de probabilidade.

Tabela 4

Coefficientes de correlação das concentrações de boro entre diferentes partes da planta.

Correlation coefficients of boron concentration among different plant parts.

	Folhas Inferiores	Caule	Ramos
Folhas Superiores	0,86470 **	0,84090 **	0,64738 **
Folhas Inferiores	-	0,77512 **	0,59822 **
Caule	-	-	0,57405 **

** significativos ao nível de 1% de probabilidade.

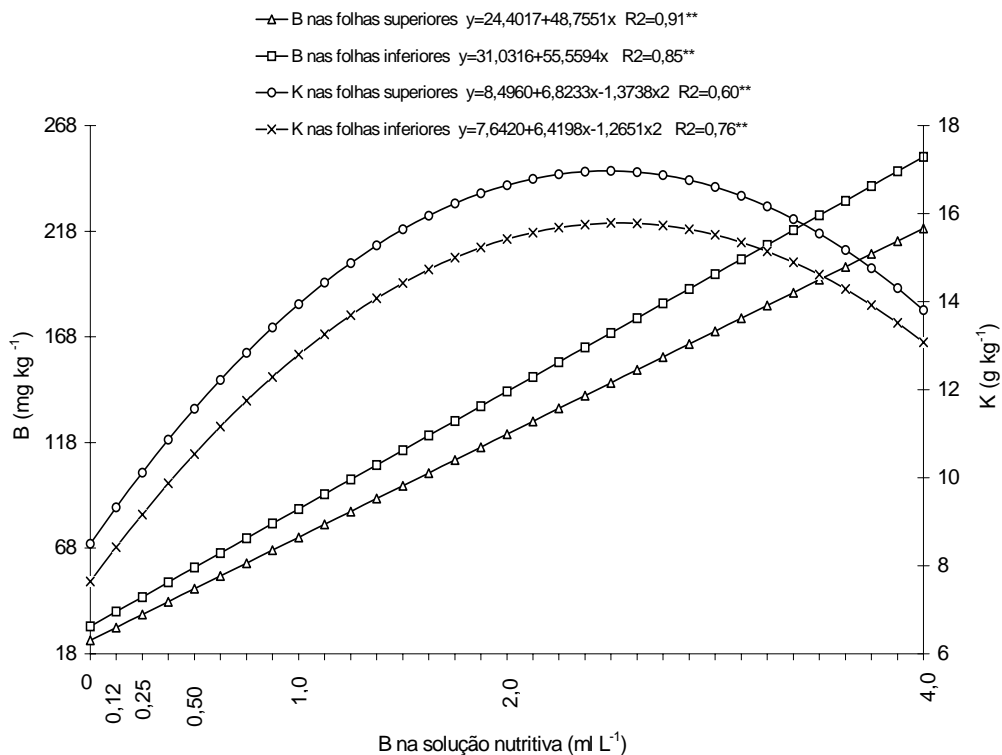


Figura 2

Concentração de boro, potássio nas folhas superiores e inferiores de *Eucalyptus citriodora* em função das doses de boro na solução nutritiva.

Boron and potassium concentration in Eucalyptus citriodora leaves as a function of boron doses in the nutrition solution.

uma boa condição nutricional em potássio para *E. citriodora*, é essencial o suprimento de boro na solução.

Agressividade de Botryosphaeria ribis e sua relação com o boro

Os sintomas de infecção iniciaram-se uma semana após a inoculação do fungo, sendo caracterizados pelo escurecimento da casca e do lenho nas proximidades do ponto de inoculação. Num estágio mais avançado, em torno de 20 dias após a inoculação, verificou-

se nas plantas deficientes em boro, que esses escurecimentos progrediam rapidamente ao longo do tronco, dando origem a extensas lesões (Figura 3 A).

Nas plantas do tratamento 0 mg B L⁻¹, verificou-se o achatamento do caule, enquanto que nos outros tratamentos notou-se uma maior reação das plantas, ficando o desenvolvimento das lesões delimitado pela formação de calo cicatricial, originando cancos típicos (Figura 3 B e C).

Nesta fase, as células do câmbio e do parênquima floemático multiplicaram-se numa alta velocidade em todos os lados da lesão, embo-



A) Falta de cicatrização das lesões nas plantas cultivadas na ausência de boro.

Lack of cicatrization of the lesions in plant grown in the absence of boron;



B) Delimitação das lesões através da formação de calo cicatricial, em planta cultivada na dose de 0,25 mg de B.L⁻¹.

Delimitation of lesions by the formation of callus tissue in plant grown at the dose of 0.25 mg B L⁻¹.

ra mais ativa nas laterais. A formação de calos também foi verificada por Shearer et al. (1987) em *E. calophyla* e *E. cladocalyx* como forma de reação à infecção causada por *Cytospora eucalypticola* e *Botryosphaeria ribis*. Ferreira (1989), ao descrever cancrios causados por *B. ribis* em espécies de *Eucalyptus*, também relata que é comum a delimitação das lesões através da formação de calos cicatriciais.

Outro sintoma foi a formação de bolsas de quino, na casca e no lenho, cujo extravasamento originou o surgimento de gomose típica (Figura 3C). A gomose tem sido associada à infecção por fungos do gênero *Botryosphaeria* em espécies de *Eucalyptus*, principalmente em *E. citriodora* conforme descritos por Auer e Krügner (1989).

Na carência de boro, as plantas apresentaram baixa capacidade de cicatrizar as lesões.



C) Reação de planta cultivada na dose de 0,25 mg de B L⁻¹ através da formação de calo cicatricial e gomose.

Reaction of plant grown at the dose of 0.25 mg B L⁻¹ by formation of callus tissue and gummosis.

Figura 3

Lesões necróticas produzidas 60 dias após a inoculação de *Botryosphaeria ribis* em plantas de *Eucalyptus citriodora*.

Necrotic lesions formed 60 days after inoculation of Eucalyptus citriodora plants with Botryosphaeria ribis.

A menor capacidade de defesa dessas plantas pode ser explicada pela deficiência de boro diminuir a atividade meristemática e, em situações extremas, causar até a morte do câmbio (Tokeshi et al., 1976, Carvalho et al., 1980), tecido este responsável pela formação dos calos cicatriciais, os quais tem a função de recompor a estrutura afetada, bem como impedir a colonização de novos tecidos pelo patógeno (Mullick, 1977)

A interação dose de boro e local de inoculação sobre o comprimento de lesão não foi significativa. No entanto, verificou-se que a dose de boro e o ponto de inoculação na região do caule influenciaram significativamente o comprimento das lesões. Para o local de inoculação, constatou-se que a região basal do caule foi mais suscetível à infecção por *Botryosphaeria ribis* em relação a região apical, não havendo diferenças destas duas regiões para a mediana (Figura 4).

Considerando as lesões causadas por *B. ribis*, observou-se que a omissão de boro aumentou a suscetibilidade das plantas à infecção pelo fungo, quando comparada com as doses de 0,125 até a 4,0 mg B L⁻¹, as quais não diferiram estatisticamente quanto ao tamanho da lesão (Figura 5). A dose de 0,125 mg B L⁻¹ foi suficiente para diminuir a patogenicidade do fungo, reduzindo em 40 % o comprimento das lesões em relação a ausência de boro.

As plantas que foram mais suscetíveis a *B. ribis* apresentaram concentrações de boro de 7,2 mg kg⁻¹ nas folhas superiores e 13,8 mg kg⁻¹ nas inferiores, as quais são consideradas deficientes para as espécies de *Eucalyptus* spp por Rocha Filho et al. (1978), Malavolta (1987), Dell et al. (1995) e Silveira et al. (1995b e 1996a). Observou-se ainda que plantas com concentrações de boro na faixa de 29,4 a 201,2 mg kg⁻¹ nas folhas superiores e 31,9 a 240,3 mg B kg⁻¹ nas inferiores não apresentaram diferenças quanto a agressividade do fungo (Figura 5).

Estes resultados estão de acordo com Silveira et al. (1996b), os quais constataram baixa agressividade de *B. ribis* e *Lasiodiplodia theobromae* em *Eucalyptus citriodora* com concentrações foliares na faixa de 30 a 35 mg B kg⁻¹ de matéria seca, enquanto que plantas com concentrações inferiores a 10 mg B kg⁻¹ foram altamente suscetíveis a ambos os fungos. Portanto, concentrações de boro nas folhas em torno de 30 mg kg⁻¹ são suficientes para reduzir a agressividade do fungo, sem restringir o crescimento do *E. citriodora*, como verificado anteriormente.

Esses resultados mostram que o *B. ribis* é um patógeno secundário, conforme relatado na doença da Seca do Eucalipto do Vale do Rio Doce por Ferreira (1989), uma vez que sua agressividade depende de fatores de estresse, seja nutricional (Silveira et al., 1996b), hídrico ou por desfolhamento (Crist e Schoeneweiss, 1975; Schoeneweiss, 1975; Schoeneweiss, 1978; Old et al., 1990, Mullen et al., 1991).

Como observado anteriormente, a ausência de boro na solução nutritiva afetou a concentração de potássio nas folhas, principalmente inferiores (Figura 2). Na carência de boro, as concentrações de potássio nas folhas inferiores foram de 6,8 g kg⁻¹, estando dentro da faixa deficiente para *E. globulus* (4 a 7 g kg⁻¹) e para o gênero *Eucalyptus* (6 a 8 g kg⁻¹) segundo Dell et al. (1995) e Malavolta (1987), respectivamente. Para as outras doses de boro, as concentrações de potássio variaram de 8,6 g kg⁻¹ na dose de 0,25 mg B L⁻¹ até 15,2 g K kg⁻¹ na de 2,0 mg B L⁻¹, fora da zona considerada deficiente por Malavolta (1987) e Dell et al. (1995).

Portanto, constatou-se que a deficiência de boro induziu a de potássio, e que nessas condições as plantas apresentaram menor resistência a *B. ribis*. Huber (1980) e Malavolta et al. (1989) citam que a deficiência de boro e a de potássio estão bastante relacionadas com a ocorrência de doenças, sendo que a carência de boro predispõe a cevada à infecção por

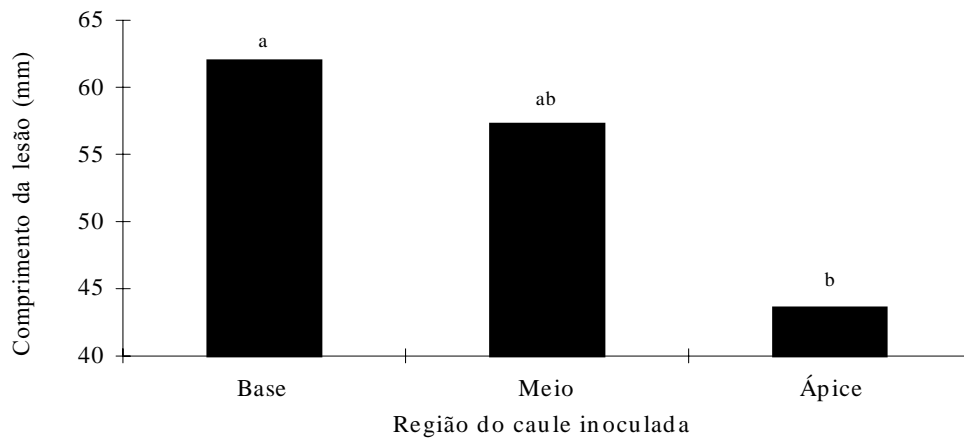


Figura 4

Comprimento de lesões de *Botryosphaeria ribis* em diferentes posições do caule de *Eucalyptus citriodora*.

Lenght of Botryosphaeria ribis at different positions in the system of Eucalyptus citriodora plants growth at different boron doses

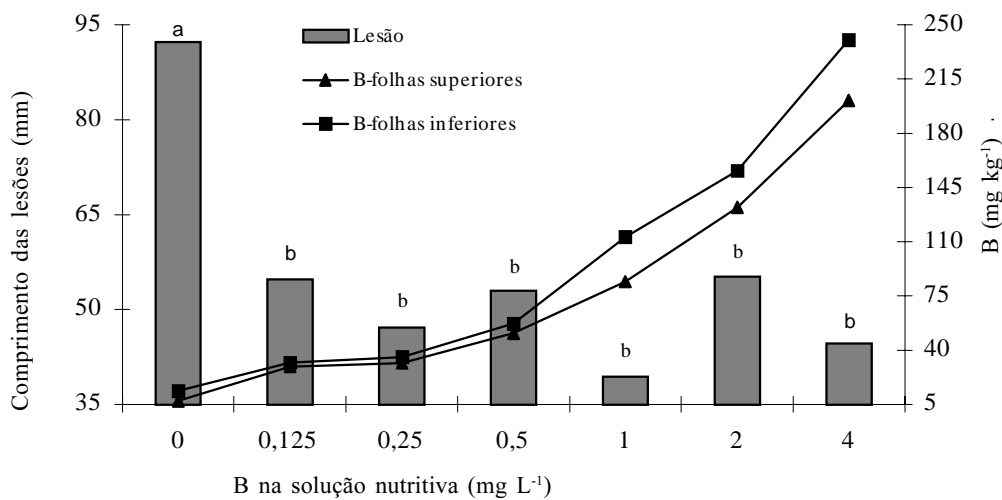


Figura 5

Relação entre o comprimento das lesões de *Botryosphaeria ribis* e a concentração de boro nas folhas superiores e inferiores de *Eucalyptus citriodora*, em função das doses de boro.

Relationship between the lenght of Botryosphaeria ribis lesions and the boron concentration in lower leaves of Eucalyptus citriodora plants as a function of boron doses.

Erysiphae graminis, o trigo a *Puccinia spp*, girassol a *Erysiphe cichoracearum*, beterraba a *Phoma betae* e a *Aphanomyces cochlioides*, couve flor a *Botrytis sp*, tomate, algodão e crisântemo a *Fusarium oxysporum* e ervilha a *Fusarium udum*. Em relação ao potássio, destacam-se a infecção do arroz por *Helminthosporium*, *Xanthomonas*, *Piricularia*, *Ophiobolus* e *Cercospora oryzae*, cana-de-açúcar por *Helminthosporium sacchari*, batata e tomate por *Alternaria solani*, tomate e feijão por *Botrytis cinerea*, linho por *Melampsora lini*, batata por *Phytophthora infestans*, trigo e cereais em gerais por *Puccinia graminis*, *Puccinia recondita* e *Puccinia striiformis* e centeio por *Urocystis occulta*.

Constataram-se ainda, correlações significativas entre o comprimento de lesão e a concentração de boro, relação Mg/B nas folhas superiores, relação K/B e relação S/B nas folhas inferiores (Tabela 5). Verificou-se que

diminuindo as concentrações de boro nas folhas superiores aumentava-se a patogenicidade do fungo. O mesmo foi verificado quando se elevava a relação Mg/B nas folhas superiores, K/B e S/B nas folhas inferiores.

Auer (1991) esquematiza que o déficit hídrico e deficiência/desequilíbrio nutricional podem ocasionar fissuras na casca e seca de ponteiro favorecendo a penetração e a infecção por fungos causadores de cancro, como os do gênero *Botryosphaeria*. No entanto, em condições de campo Tokeshi et al. (1976) mostrou que um dos sintomas da deficiência de boro em *Eucalyptus citriodora* foram rachaduras e fissuras no caule. Isso mostra que a deficiência de boro no campo constitui-se num dos fatores de predisposição mais importantes para a ocorrência de cancos em espécies de *Eucalyptus*, principalmente em solos arenosos nas regiões com período de déficit hídrico.

Tabela 5

Coefficiente de correlação do comprimento de lesão com a concentração de boro e com a relação magnésio/boro nas folhas superiores, relação potássio/boro e enxofre/boro nas folhas inferiores de *Eucalyptus citriodora*.

Correlation coefficients of lesion length with boron concentration and magnesium/boron ratios in upper leaves and with, potassium/boron and sulfur/boron ratios in Eucalyptus citriodora lower leaves.

	Folhas superiores		Folhas inferiores	
	B (mg kg ⁻¹)	Mg/B	K/B	S/B
Comprimento de lesão (mm)	-0,30799*	0,39838*	0,39693*	0,33229*

* significativos a 5 % de probabilidade.

CONCLUSÕES

A deficiência de boro aumentou a agressividade de *Botryosphaeria ribis*, sendo que esta foi mais intensa na região basal do caule da planta.

Concentrações foliares de boro em torno de 30 mg kg⁻¹ foram suficientes para diminuir a agressividade de *Botryosphaeria ribis*.

A deficiência de boro induziu a de potássio em *Eucalyptus citriodora*, e nessas condições as plantas foram mais suscetíveis ao *Botryosphaeria ribis*.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

RONALDO LUIZ VAZ DE ARRUDA SILVEIRA é Consultor do IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - Caixa Postal 530 - CEP 13400-970 - Piracicaba, SP - Brasil. E-mail - rlvasilv@carpa.ciagri.usp.br.

ANTONIO NATAL GONÇALVES é Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/ USP. Caixa Postal 9 - CEP 13400-970 - Piracicaba, SP - Brasil. E-mail - natalgon@carpa.ciagri.usp.br.

TASSO LEO KRUGNER é Professor Titular do Departamento de Fitopatologia da

ESALQ/ USP. Caixa Postal 9 - CEP 13400-970 - Piracicaba, SP - Brasil

O trabalho faz parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor no curso de Solos e Nutrição de Plantas - ESALQ/USP.

Os autores agradecem ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo auxílio financeiro concedido, à Prof. Liciania Vaz de Arruda Silveira Chalita da Unesp/Botucatu, pelas sugestões e auxílio nas análises estatísticas e ao Engenheiro Marco Antonio Fabiano Camargo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUER, C.G. *Cancros em Eucalyptus grandis: relação entre a incidência e a qualidade de sítio, taxonomia da espécie Valsa associada e sua patogenicidade comparada a Cryphonectria cubensis*. Piracicaba, 1991. 93p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- AUER, C.G.; KRUGNER, T.L. "Associação de *Botryosphaeria rhodina* a cancro de tronco e seca de ponteiro de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus maculata*, em duas regiões do Estado de São Paulo". *Summa Phytopatologica*, v. 15, n. 1, p. 17, 1989.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; LEAL, P.G.L. "Fertilizing eucalypt plantations on the Brazilian savannah soils". *South African forest journal*, v. 160, p. 7-12, 1992.
- BERGER, K.C.; TRUOG, E. "Boron availability in relation to soil reaction and organic mater content". *Soil Science Society of America proceedings*, v. 10, p. 113-116, 1946.
- CARVALHO, C.M.; CORSO, G.M.; VEIGA, R.A.A.; COUTINHO, C.J.; BAENA, E.S. Aspectos sintomatológicos, morfológicos e anatômicos da deficiência de boro em plantações de *Eucalyptus*. In: SYMPOSIUM AND WORKSHOP ON GENETIC, IMPROVEMENT AND PRODUCTIVITY OF FAST GROWING TREE SPECIES. Águas de São Pedro, 8p. 1980. (mimeografado)
- CRIST, C.R.; SHOENEWEISS, D.F. "The influence of controlled stresses on susceptibility of European white birch stems to attack by *Botryosphaeria dothidea*". *Phytopathology*, v. 65, p. 369-373, 1975.
- DAVISON, E.M.; TAY, F.C.S. "Twig , branch and upper trunk cankers of *Eucalyptus marginata*". *Plant disease*, v. 67, p. 1285-1287, 1983.
- DELL, B.; MALAJACZUK, N. "Boron deficiency eucalypt plantations in China". *Canadian journal forest research*, v. 24, p. 2409-2416, 1994.
- DELL, B., MALAJCZUK, N., GROVE, T.S. *Nutrient disorders in plantation eucalypts*. Canberra: Australian Centre For International Agricultural Research, 1995. 104 p.
- FERREIRA, F.A. *Patologia florestal : principais doenças florestais no Brasil*. Viçosa: SIF, 1989. 570p.
- GUPTA, V.C. "Boron nutrition of crops". *Advances in agronomy*, v. 31, p. 273-307, 1979.
- HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSTALL, J.G.; COWLING, E.B., ed. *Plant disease: an advanced treatise*. New York: Academic Press, 1980. v. 5, p. 381-406.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. *Manual de calagem e adubação das principais culturas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 496p.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. *Desordens nutricionais do cerrado*. Piracicaba: Potafos, 1985. p. 7-66.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.

- MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E.; ATHAYDE, M.F.; BRAGA, N.R.; NOGUEIRA, S.S.; MORAES, S.A. "Nota sobre deficiência e toxicidade de boro em espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*". *Revista da agricultura*, v. 53, n. 4, p. 243-246, 1978.
- MULLEN, J.M.; GILLIAN, C.H.; HAGAN, A.K. ; MORGAN, J.G. "Canker of dogwood caused by *Lasiodiplodia theobromae*, a disease influenced by drought stress or cultivar selection". *Plant Disease*, v. 75, n. 9, p. 886-889, 1991.
- MULLICK, D.B. The non-specific nature of defense in bark and wood during wounding, insect and pathogen attack. In: LOEWISS, F.A.; RUNECKLES, V.C., ed. *Recent advances in phytochemistry*. New York: Plenum Press, 1977. v. 11. p. 395-441.
- OLD, K.M.; GIBBS, R.; CRAIG, I.; MYERS, B.J.; YUAN, Z.Q. "Effect of drought and defoliation on the susceptibility of *Eucalyptus* to cankers caused by *Endothia gyrosa* and *Botryosphaeria ribis*". *Australian journal of botany*, v. 38, p. 571-581, 1990.
- ROCHA FILHO, J.V.C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. "Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*". *Anais da ESALQ*, v. 35, p. 19-34, 1978.
- 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* v. 36, n. 1, p. 139-151, 1979.
- SARRUGE, J.R. "Soluções nutritivas". *Summa phytopathologica*, v. 1, p. 231-233, 1975.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análise química em plantas*. Piracicaba: ESALQ - Departamento de Química, 1974. 56p.
- SAVORY, B.M. Boron deficiency in *Eucalyptus* in Northern Rhodesia. *Empire forest review*, v. 41, p.118-125, 1962.
- SCHOENEWEISS, D.F. Predisposition, stress and plant disease. *Annual review of phytopathology*, v.13, p.193-211, 1975.
- SCHOENEWEISS, D.F. Water stress as a predisposition factor in plant disease. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. *Water and plant disease*. New York: Academic Press, 1978. v. 5, p. 61-69.
- SHEARER, B.L.; TIPPETT, J.T.; BARTLE, J.R. "*Botryosphaeria ribis* infection associated with death of *Eucalyptus radiata* in species selection trials". *Plant disease*, v. 71, p. 140-145, 1987.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; SILVEIRA, R.I.; BRANCO, E.F. Levantamento nutricional de florestas de *Eucalyptus grandis* da região de Itatinga-SP: 1- macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995a. *Anais*. p. 896-98.
- . Levantamento nutricional de florestas de *Eucalyptus grandis* da região de Itatinga-SP: micronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995b. *Anais*. p.899-901.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; KRUGNER, T.L.; SILVEIRA, R.I.; GONÇALVES, A.N. "Efeito do boro na suscetibilidade de *Eucalyptus citriodora* a *Botryosphaeria ribis* e *Lasiodiplodia theobromae*". *Fitopatologia brasileira*, v. 21, n. 4, p. 482-485, 1996b.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; SILVEIRA, R.I.; KRUGNER, T.L.; BRANCO, E.F. The role of nutrients in *Eucalyptus citriodora* through leaf fertilization and its relation to the appearance of nutritional disturbances. In: THE INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILS OF TROPICAL FOREST ECOSYSTEMS/CONFERENCE ON FOREST SOILS, 3, 1995c. *Proceedings*. v. 8. p. 262-268.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; TAHASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiências de macronutrientes e boro em híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. citriodora* em solução nutritiva. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996a. *Anais*. (CD ROM).
- TOKESHI, F.; GUIMARÃES, R.F.; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. *Summa phytopathologica*, v. 2, n. 2, p. 122-126, 1976.
- VAIL, J.W.; CALTON, W.E.; STRANG, R.M. Dieback of Wattle-boron deficiency. *Empire African agriculture journal*, v. 23, n. 2, p. 100-103, 1957.

Scientia Forestalis (ISSN 1413-9324) é publicada semestralmente pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) em convênio com o Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. *Scientia Forestalis* publica trabalhos científicos inéditos relacionados com as diversas áreas das Ciências Florestais. Pesquisadores atuando em silvicultura, manejo florestal, conservação da natureza, impactos ambientais em florestas, tecnologia de madeiras, produtos florestais e áreas correlatas, são encorajados a submeterem seus trabalhos à Comissão Editorial.

Os assuntos tratados devem ser diretamente ligados às Ciências Florestais ou devem possuir clara implicação sobre o desenvolvimento científico e tecnológico no contexto florestal. Diversos tipos de trabalhos científicos são publicados. Trabalhos de pesquisa: comunicação de pesquisa original. Trabalho de revisão: revisão “estado-da-arte” numa área científica particular. Comunicações: comunicações breves a respeito de metodologias ou resultados preliminares. Carta ao editor: comentários sobre trabalhos já publicados na *Scientia Forestalis*. Resenha de livro: análise de livro publicado recentemente.

Os manuscritos devem ser submetidos à Comissão Editorial em três cópias. Inicialmente, somente manuscritos impressos são necessários. Após a aceitação do trabalho, será solicitado o manuscrito em formato digital. Para maiores informações contate:

Scientia Forestalis
IPEF - ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
13400-970, Piracicaba, SP - BRASIL
fone: 55-019-430-8618; 430-8641
fax: 55-019-430-8666
E-mail: mmpoggia@carpa.ciagri.usp.br

O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade de *Scientia Forestalis* e não representam necessariamente as opiniões do IPEF ou do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ, USP.

Scientia forestalis (ISSN 1413-9324; primeiro número 50) dá continuidade à revista “IPEF” (ISSN 0100-4557; último número 48/49).

Revista indexada pela CAB INTERNATIONAL

Comissão Editorial/*Editorial Board*

João Luiz Ferreira Batista
Editor Chefe/*Editor-in-Chief*
Marialice Metzker Poggiani
Editor Assistente/*Assistant Editor*
Antonio Natal Gonçalves
Editor de Biotecnologia e Melhoramento / *Biotechnology and Tree Improvement*
Fábio Poggiani
Editor de Ecologia e Gerenciamento Ambiental / *Ecology and Environment Management*
Fernando Seixas
Editor de Silvicultura e Manejo Florestal / *Silviculture and Forest Management*
Ivaldo Pontes Jankowsky
Editor de Tecnologia de Produtos Florestais / *Forest Products Technology*

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)
UNIVERSITY OF SÃO PAULO

Jacques Marcovitch
Reitor/*President*

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ)
“Luiz de Queiroz” College of Agriculture

Júlio Marcos Filho
Diretor/*Dean*

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF)
Institute for Forest Research and Studies

Manoel de Freitas (Champion Papel e Celulose Ltda.)
Presidente/*President*

José Otávio Brito(ESALQ-USP)
Diretor Científico/*Scientific Director*

Scientia Forestalis (ISSN 1413-9324) publishes original scientific papers related to the several fields of Forest Sciences. It is published biannually by the Institute for Forest Research and Studies (IPEF) and the Department of Forest Sciences, “Luiz de Queiroz” College of Agriculture (ESALQ), University of São Paulo (USP). Researchers from national or international institutions, working on forestry, forest conservation, impacts on forest environment, wood technology, forest products and related areas, are welcome to submit their papers to the Editorial Board.

Paper subject should be directly related to Forest Sciences or should have a clear implication on scientific and technological development of forest or forestry activities. Several paper formats are accepted. Research paper: original research communication. Review paper: review of the “state-of-the-art” in a particular scientific area. Technical note: short communications on methodology or preliminary results.

Letter to the editor: comments on papers published in *Scientia Forestalis*. Book review: comments on a recently published book.

Manuscripts should be submitted in three copies to the Editorial Board. For initial submission, only printed manuscripts are necessary. After paper acceptance, digital format manuscripts will be requested. For detailed information on manuscript format contact:

Scientia Forestalis
IPEF - ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
13400-970, Piracicaba, SP - BRAZIL
phone: 55-019-430-8618; 430-8641
fax: 55-019-430-8666
E-mail: mmpoggia@carpa.ciagri.usp.br

Contents and opinions presented on published papers are not responsibility of *Scientia Forestalis* and do not necessarily represent the opinion of IPEF nor of Department of Forest Sciences, ESALQ, University of São Paulo.

Scientia forestalis (ISSN 1413-9324; first number 50) continues “IPEF” journal (ISSN 0100-4557; last number 48/49).

Empresas Associadas ao IPEF/Members of IPEF

ARACRUZ CELULOSE S/A - Espírito Santo
BAHIA SUL CELULOSE S/A - Bahia
CAF SANTA BÁRBARA LTDA. - Minas Gerais
CENIBRA FLORESTAL S/A - Minas Gerais
CHAMPION PAPEL E CELULOSE LTDA. - São Paulo
CIA. SUZANO DE PAPEL E CELULOSE S/A - São Paulo
DURAFLORA S/A - São Paulo
EUCATEX FLORESTAL LTDA. - São Paulo
INPACEL - INDÚSTRIAS DE PAPEL ARAPOTI S/A - Paraná
KLABIN - FABRICADORA DE PAPEL E CELULOSE S/A - Paraná
LWARCEL CELULOSE E PAPEL LTDA.- São Paulo
PISA FLORESTAL S/A - Paraná
RIPASA S/A CELULOSE E PAPEL - São Paulo
RIOCELL S/A - Rio Grande do Sul
VOTORANTIM CELULOSE E PAPEL S/A - São Paulo

Projeto Gráfico: Adriana Garcia e Maria Cristina Bugan
Editoração: Studium Generale