

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS
ISSN 0100-3453

Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*

**Edson Namita Higashi
Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
Antonio Natal Gonçalves**

CIRCULAR TÉCNICA



Nº 194 JANEIRO 2002

<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/>

Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*

Nutrition and fertilization in clonal mini garden hydroponic of the *Eucalyptus*

Edson Namita Higashi
Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
RR Agroflorestal

Antonio Natal Gonçalves
ESALQ/USP / Departamento de Ciências Florestais

RESUMO: No sistema de jardim clonal, a produção de estacas proporcionou diminuição da área e aumento da produtividade, localizando-o no interior do viveiro, denominado minijardim clonal. Contudo foi necessário realizar ajustes na fertilização e no manejo. Este texto tem por objetivo fornecer informações básicas sobre o preparo da solução nutritiva, biomassa, conteúdo de nutrientes e estado nutricional. Aspectos relacionados a: pressão osmótica, condutividade elétrica, pH e os sais utilizados na formulação da solução nutritiva, doses adequadas de nutrientes, diagnose visual e foliar, e seus efeitos na produção de miniestacas são apresentados neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição, Adubação, Minijardim clonal, *Eucalyptus*, Hidroponia

ABSTRACT: In the system of clonal garden, the cuttings production provided decrease of the area and increase of the productivity, located inside the nursery and denominated clonal mini garden. However it was necessary to accomplish fittings in the fertilization and management. This paper has for objective to supply basic information on the preparation of the nutritive solution, biomass, content of nutrients and nutritional status. Aspects as osmotic pressure, electric conductivity, pH and the salts used in the formulation of the nutritive solution, adequate doses of nutrients, visual diagnosis and to foliar, and your effects in the mini cuttings production are presented on this paper.

KEYWORDS: Nutrition, Fertilization, Clonal mini garden, *Eucalyptus*, Hydroponic

INTRODUÇÃO

A produção de mudas clonais de *Eucalyptus* no Brasil, via estaquia, é praticamente a mesma desde o início da propagação massal. As matrizes são propagadas e plantadas em áreas de testes clonais, para determinar a adaptabilidade e a superioridade desejável em diferentes sítios e para se conhecer a melhor interação entre genótipo e ambiente (Campinhos, 1987). Os melhores clones, após a avaliação dendrométrica e qualidade da madeira, são selecionados para o uso em programas operacionais de reflorestamento. As matrizes selecionadas são plantadas em jardins clonais num espaçamento reduzido para a produção de estacas. Nos últimos 20 anos, os jardins clonais tiveram uma evolução muito grande na forma, com a redução da área (Figuras 1A e 1B), aumento da produtividade (Tabela 1) e redução do tamanho da estaca (Figura 2).

Os aspectos abordados neste trabalho estão relacionados à fertilização e nutrição no minijardim clonal.

Tabela 1. Evolução dos jardins clonais para a produção de estacas de *Eucalyptus*.

Local	Espaçamento de plantio	Idade da 1ª poda (dias)	Frequência de coleta (dias)	Tamanho da estaca (cm)	Produtividade média (estacas/m ² /ano)	Período
Campo	3 x 3 m	540	30 – 40	10 – 15	114	Década de 80
Campo	1 x 1,5 m	180	40 – 60		121	Início de 90
Campo	0,5 x 0,5 m	30 – 40	40 – 60	6 - 8	1752	1995 – 1999
Viveiro	Tubete (55 cm ³)	30 – 40	15 – 20	2 – 3	29200	1996
Viveiro	0,1 x 0,1 m	20 – 30	7 – 15	2 – 3	41480	1999

(Sistema hidropônico)

Fonte: Higashi et al. (2000a)

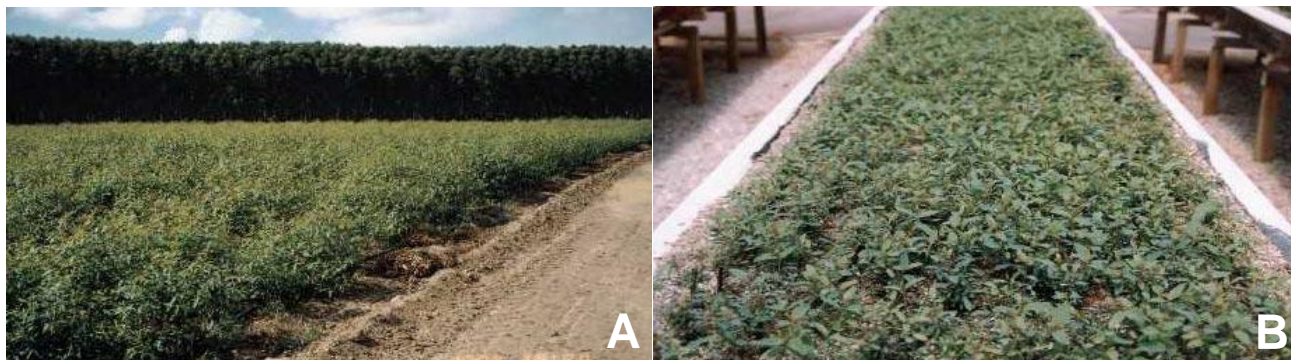


Figura 1. Visão geral do jardim clonal adensado com 40.000 plantas/ha no campo (A). Minijardim clonal em canaletão de fibro-cimento com substrato areia com 100 plantas/m² (B).



Figura 2. Comparação entre macro e miniestacas de eucalipto.

MINIJARDIM CLONAL DE *EUCALYPTUS*

No início dos anos 90, com o rejuvenescimento proporcionado pela micropropagação, outra concepção de jardim clonal foi desenvolvida, ou seja, o microjardim clonal. Ápices caulinares, denominados de microestacas, são coletados de microcepas plantadas em tubetes (55 cm³) e colocados para enraizar em condições de casa-de-vegetação (Assis et al., 1992; Xavier e Comério, 1996; Xavier et al., 1997).

Em 1996, um grupo de pesquisadores do IPEF/ESALQ-USP, iniciaram estudos com mudas originárias da macropropagação, a mesma técnica da microestaquia, porém, em recipientes maiores e ambiente protegido, utilizando sistema hidropônico fechado. Vários sistemas hidropônicos foram testados: “floating”, calha de fibra de vidro com substrato do tipo resina fenólica, “piscina” de fibra de vidro ou tubos de PVC com substrato do tipo areia grossa ou resina fenólica. Este sistema foi denominado de minijardim clonal (Higashi et al., 2000a).

A montagem do minijardim clonal dependerá dos materiais mais acessíveis para cada empresa e/ou situação. A Figuras 3 e 4 mostram as etapas de montagem do minijardim jardim clonal em canaletão.

O minijardim clonal poderá ser implantado em recipientes que variam desde vasos de polipropilenos de diferentes volumes, caixas de fibras de vidro de variadas formas e dimensões ou em canaletões de fibro-cimento, atualmente o mais utilizado nas empresas florestais (Figura 5).

Neste sistema de cultivo hidropônico, os substratos utilizados podem ser areia ou cascalho, por apresentarem características físicas e químicas adequadas para esta finalidade (Tabela 2).

Tabela 2. Características físicas e químicas de alguns substratos usados em cultivos hidropônicos*.

Características	Areia fina	Cascalho	Argila expandida	Lã - mineral	Vermiculita
Capacidade de retenção de água	Alta	Baixa	Baixa	Alta	Alta
Porosidade de aeração	Baixa	Moderada	Alta	Alta	Moderada
Tamanho das partículas	Pequeno	Grande	Grande	Fibras	Médio
Densidade global (aparente)	Alta	Alta	Moderada	Baixa	Baixa
Ação capilar	Moderada	Baixa	Baixa	Alta	Alta
Perda de água por evapotranspiração superficial	Moderada	Moderada	Moderada	Alta	Alta
Perda da estrutura com o uso continuado	Baixa	Nenhuma	Baixa	Moderada	Moderada
Possibilidade de reutilização	Boa	Boa	Boa	Ruim	Boa
pH	7,2	6,9	6,6	7,1	7,3
	Variável				5,5 – 9,0
Capacidade de troca catiônica (mg L ⁻¹)	Baixa	Baixa	Baixa	Alta	Alta
	10 – 40		0 – 1	0 – 1	50 - 150
Concentração de sódio (mg kg ⁻¹)	20	-	16	-	-
	Variável				

Fonte: Adaptado de Morgan (1998) citado por Martinez e Barbosa (1999)

* Com diferentes processamentos e origens, os mesmos substratos podem apresentar variações nas características.

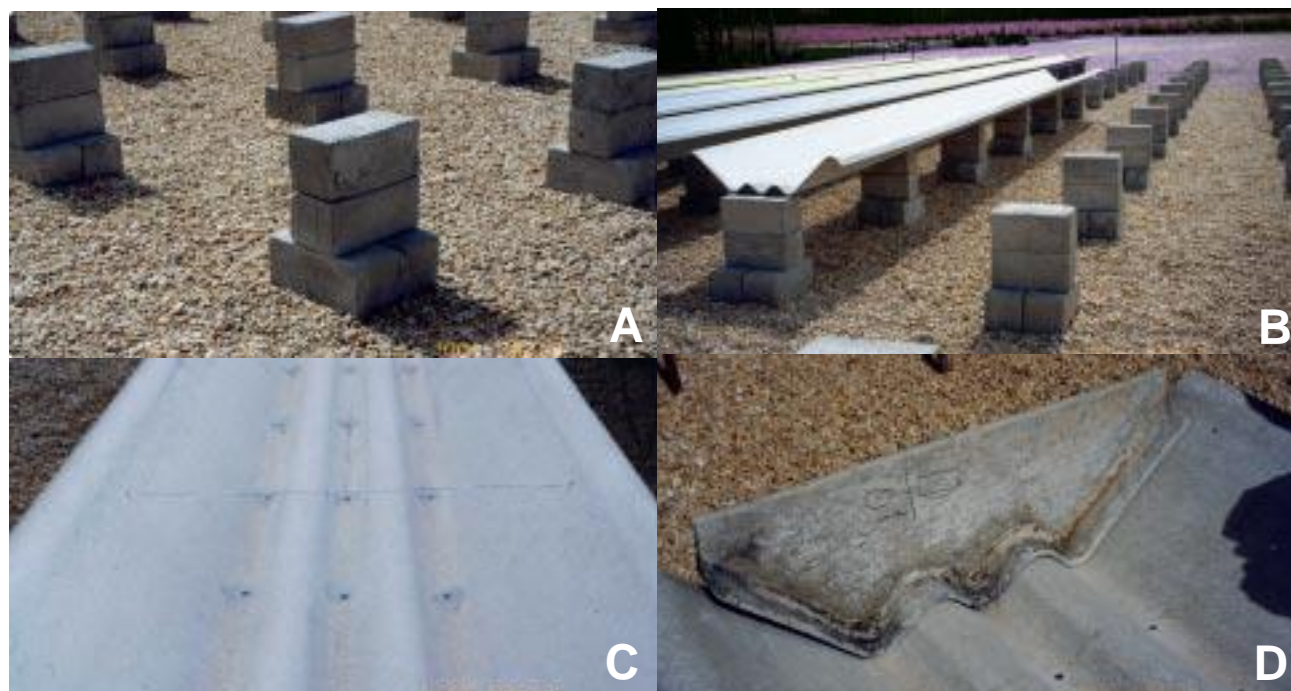


Figura 3. Etapas da montagem do minijardim clonal em canaletão. (A e B) Alinhamento e colocação da base para o assentamento dos canaletões; Amarração e perfuração dos canaletões (C) e Fechamento das extremidades dos canaletões (D).

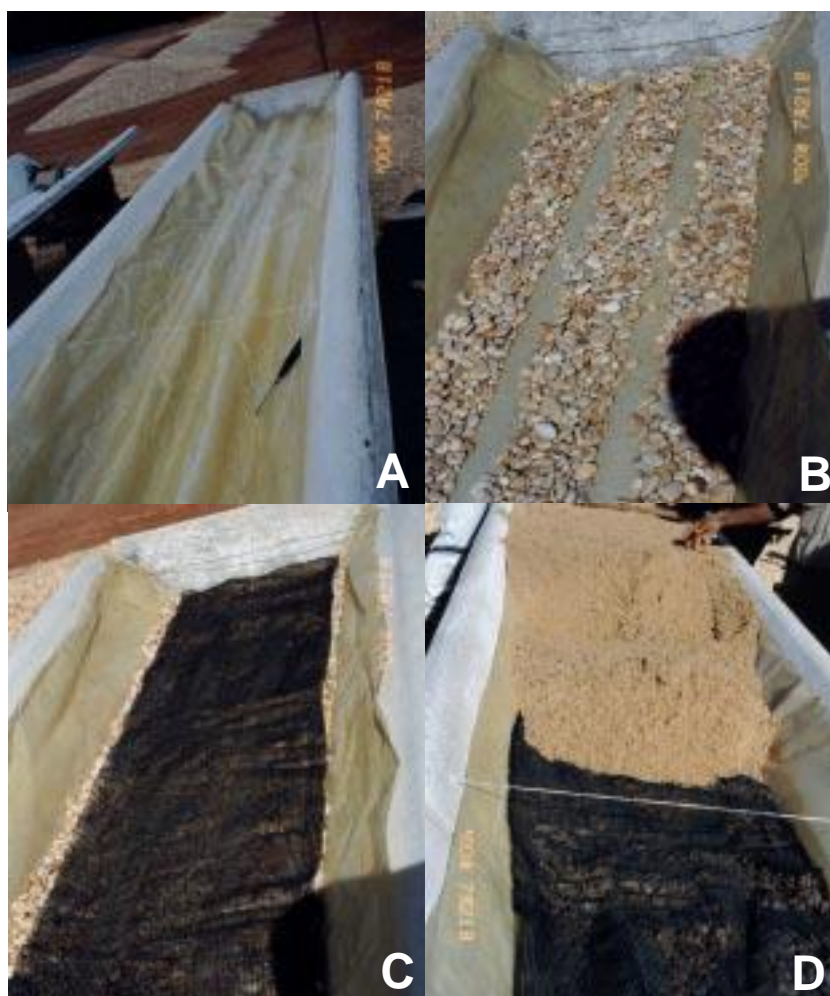


Figura 4. Etapas da montagem do minijardim clonal em canaletão. (A) Forração com filme plástico no interior do canaletão; (B) Colocação de uma camada de 5 a 10 cm de seixo rolado para a drenagem da água; (C) Forração sobre os seixos rolados com tela de sombreamento para evitar a mistura com a areia grossa ou cascalho; e (D) Colocação de areia grossa sobre a tela de sombreamento e nivelamento da superfície para o plantio.



Figura 5. Diferentes sistemas de minijardim clonal: (A) em bolsas de espuma fenólica; (B) em vasos; (C) em fibras de vidro; (D) em canaletões de fibro-cimento.

Segundo Martinez e Barbosa (1999), os substratos, muitas vezes, apresentam características físicas e químicas inadequadas, necessitando ser corrigidos. Características físicas adequadas geralmente são conseguidas através de mistura de diversos materiais, e as químicas, pela adição de corretivos e fertilizantes. O manejo de sistemas com substratos inertes, sem capacidade de troca e que não liberam nutrientes para a solução nutritiva é, em geral, mais fácil.

Os nutrientes são fornecidos por gotejamento a cada planta, regulando-se a concentração e a vazão de nutrientes de modo a ter um excedente muito pequeno, que é recolhido por um sistema de drenagem ao fundo do canaletão ou sob o solo e descartado. Portanto, o sistema pode ser fechado, onde a solução retorna ao sistema, ou senão aberto, onde a solução é descartada, o que reduz a possibilidade de disseminação de patógenos.

SOLUÇÃO NUTRITIVA

Não existe uma solução nutritiva padrão para todas as espécies vegetais e condições de cultivo. Os nutrientes necessários para o desenvolvimento são os mesmos, mas as quantidades extraídas diferenciam-se entre e dentro de cada espécie.

Uma adequada solução nutritiva deve, pelo menos, apresentar as seguintes características (Teixeira, 1996):

- a) Conter todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas;
- b) Ser equilibrada, de acordo com a cultura;
- c) Ter potencial osmótico entre 0,5 e 0,8 atm, podendo admitir até 1 atm;
- d) Ter pH entre 5,8 e 6,2;
- e) Ter a condutividade elétrica entre 1,5 a 4 mS/cm, dependendo a cultura.

Diferentes soluções nutritivas já foram testadas em experimentos, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Composição da solução nutritiva utilizada em vários trabalhos na condição de minijardim clonal de *Eucalyptus*.

Nutriente	Higashi et al. (1998)	Higashi et al. (2000d)	Paula et al. (2000)	Silveira et al. (2000)
N	250	*	224	162
P	40	44	27	22
K	200	323	**	161
Ca	100	228	200	117
Mg	48	61	50	30
S	64	80	67	39
B	0,5	0,5	0,5	0,5
Cu	0,03	0,03	0,03	0,03
Fe	10	5	4,7	5
Mn	0,7	0,78	0,46	0,78
Zn	0,07	0,06	0,09	0,06
Mo	0,015	-	0,016	-
Co	0,006	-	-	-

* foram utilizadas 3 doses (40, 160 e 320 mg de N L⁻¹); ** nos 5 meses iniciais de cultivo a dose de K foi de 243 mg L⁻¹. As doses utilizadas no experimento foram de 0, 50, 100 e 200 mg de K L⁻¹.

PRESSÃO OSMÓTICA E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Pelo princípio da osmose, a água se movimenta de um meio hipotônico para um meio hipertônico, ou seja, de uma solução menos concentrada, para uma solução mais concentrada, quando as mesmas estão separadas por uma membrana semi-permeável. Portanto, quando se dissolvem sais na água aumenta-se a pressão osmótica, diminuindo a tendência que a solução tinha de penetrar nas raízes das plantas, de tal

forma, que a partir de certa concentração de sais, a tendência da água passa a ser de sair das células das raízes, causando a sua morte.

Por isso, a solução nutritiva deve conter os nutrientes nas proporções adequadas, mas deve também ser suficientemente diluída, para que ela não cause danos às raízes. A pressão osmótica adequada está entre 0,5 e 1 Atmosfera (atm). Para se calcular a pressão osmótica (P.O.) de uma solução nutritiva, pode-se utilizar a equação de Van't Hoff (1).

$$(1) P.O. = m \cdot i \cdot R \cdot T$$

Onde:

m = é a molaridade da solução (número de moles de soluto por litro de solvente)

i = é o índice de dissociação do sal (número de íons formados quando o sal se dissocia)

R = é a constante universal dos gases (é igual a 0,0821 atm.1.Mol⁻¹.K⁻¹)

T = é a temperatura absoluta ou Kelvin (é igual à temperatura Celsius + 273)

Calculada a pressão parcial promovida por cada sal adicionado à solução, a pressão osmótica total é igual à soma das pressões parciais causadas pela adição de cada sal.

A água contendo nutrientes (íons) apresenta característica de conduzir eletricidade, e esta propriedade é denominada de “condutividade elétrica” (CE). Quanto maior a quantidade de íons na solução nutritiva, maior será a sua condutividade elétrica e vice-versa. Portanto, a medida da condutividade fornece informações sobre a concentração de sais na solução nutritiva, sendo a forma mais prática de avaliar a necessidade ou não de se adicionar sais à solução.

Por outro lado, a condutividade elétrica é uma característica semi-quantitativa, pois avalia somente a quantidade total de sais e não fornece a concentração individual de cada nutriente.

A pressão osmótica e a condutividade de sais podem ser calculadas, através da medida de condutividade elétrica, pelas equações (2, 3 e 4):

$$(2) P.O. (atms.) = 0,28 \text{ a } 0,36 \cdot L \text{ (mS/cm) em função da temperatura}$$

$$(3) \text{ mEq. de sais por litro} = 12,5 \cdot L \text{ (mS/cm)}$$

$$(4) \text{ ppm de sais} = 640 \cdot L$$

Onde: L = condutividade elétrica em mS/cm

A forma mais correta de se avaliar a quantidade e a necessidade de reposição de nutrientes seria através da análise química periódica da solução nutritiva, mas apresenta o inconveniente da demora na obtenção dos resultados e do custo dessas análises. A condutividade elétrica recomendada para o eucalipto está entre 1,25 a 2,3 mS/cm (Silveira et al., 1999).

Com objetivo de determinar a concentração e a frequência de aplicação de solução nutritiva na produção de miniestacas, em condições de minijardim clonal, em ambiente protegido (estufa) e a pleno sol, Silveira et. al. (1999) realizaram um estudo com um clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. O espaçamento de plantio foi de 10 x 10 cm e a solução nutritiva básica continha (mg L⁻¹): 265 de N, 35 de P, 242 de K, 200 de Ca, 43 de Mg, 57 de S, 0,5 de B, 0,03 de Cu, 5 de Fe, 0,7 de Mn, 0,02 de Mo e 0,07 de Mn. As demais soluções continham 25, 50 e 200% desta concentração. A quantidade diária aplicada de solução nutritiva foi de 4 L m². Foi observado efeito da concentração da solução nutritiva na produtividade por m², durante 8 coletas quinzenais. Não foi verificada influência da frequência de aplicação e nem da interação entre essas variáveis. A produção máxima de miniestacas por m² foi obtida com a concentração de 80% da solução nutritiva básica (Figura 6A). A condutividade elétrica da solução nutritiva (CE) adequada foi em torno de 1,25 a 2,3 mS cm⁻¹ (Figura 6B). Considerando-se o período de 8 coletas, observou-se que o minijardim clonal em condição protegida (estufa) produziu 9,6 % a mais em relação ao pleno sol. Os resultados mostraram que o aumento da concentração da solução nutritiva, em ambos os locais, proporcionou maior taxa de mortalidade das minicepas durante o período do experimento (Figura 6B). A sobrevivência de minitouças foi maior quando se empregou 25% da concentração da solução nutritiva básica aplicada diariamente (Figura 6B).

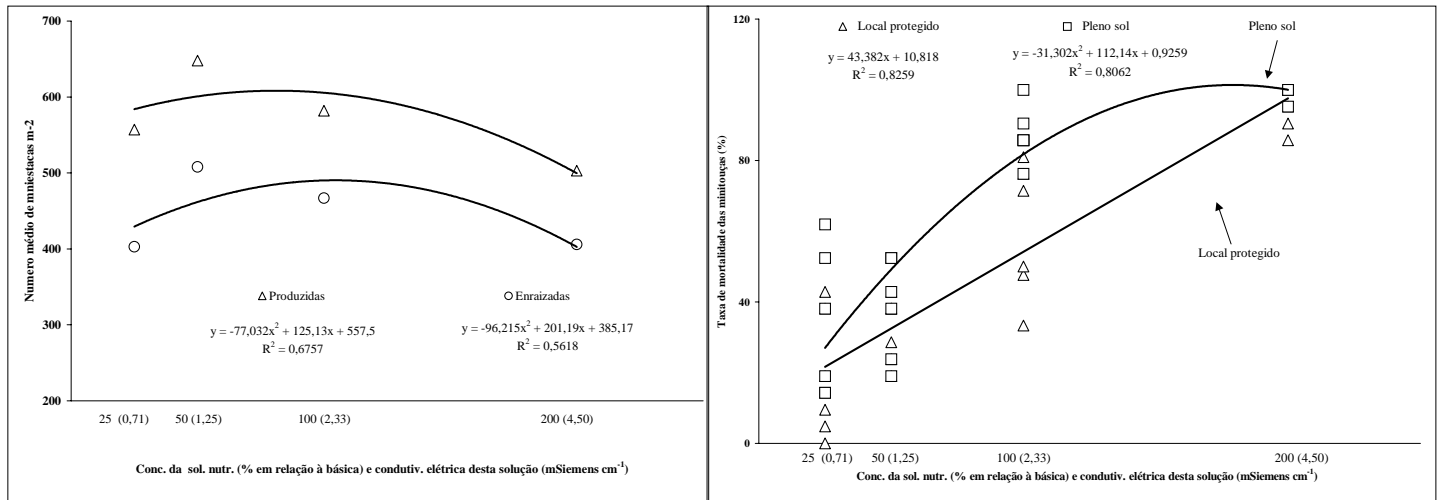


Figura 6. A: Produtividade média de miniestacas enraizadas em função da concentração da solução nutritiva. B: Taxa de mortalidade das minicepas em função da concentração da solução nutritiva e local de cultivo (Silveira et al., 1999).

pH DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

O pH é o índice que mede a concentração de hidrogênio na solução e pode afetar o desenvolvimento das plantas.

Segundo Castellane e Araujo (1994), as plantas cultivadas em sistemas hidropônicos toleram maior amplitude de pH quando comparado com o cultivo em solo. De uma maneira geral, o valor de pH mais adequado para o desenvolvimento das plantas está entre 6 e 6,5. No entanto, como o eucalipto é uma espécie mais tolerante à condição de acidez (Barros e Novais, 1990), a faixa considerada adequada está entre 5,5 e 6,0. Valores baixos de pH provocam competição iônica entre o íon H⁺ e os diversos cátions essenciais para as plantas (NH₄⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Cu⁺⁺, Fe⁺⁺, Mn⁺⁺, Zn⁺⁺) e valores elevados de pH diminuem a absorção dos ânions (NO₃⁻, H₂PO₄⁻, SO₄⁻, Cl⁻, MoO₄⁻). Valores inadequados de pH podem, ainda, provocar a precipitação de elementos essenciais, como é o caso da precipitação do ferro e do manganês que ocorre em pH elevado (Carmelo, 1997).

OUTROS PARÂMETROS IMPORTANTES NO CULTIVO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

- Arejamento da solução (Carmelo, 1997):** o oxigênio é importante na absorção dos nutrientes. A quantidade de oxigênio deve ser adicionada pelo borbulhamento de ar na solução, ou através da movimentação automática da solução, ou ainda através da drenagem na areia ou cascalho;
- Temperatura da solução (Carmelo, 1997):** é considerada adequada até em torno de 30°C. Os melhores limites de temperatura, para os cultivos de períodos frios são de 16°C durante o dia e 10°C durante a noite. Nas estações mais quentes, as temperaturas mais adequadas são 24°C durante o dia e 15°C durante a noite;
- Renovação da solução:** em sistemas hidropônicos fechados, a renovação deverá ser realizada, medindo-se o pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva. A diminuição do pH poderá causar a precipitação de alguns elementos, principalmente o Fe. Recomenda-se a troca da solução quando a condutividade elétrica estiver abaixo de 1 mS/cm;
- Material utilizado no recipiente de cultivo:** escolha deverá levar em consideração a resistência e a possibilidade de contaminação. Os materiais normalmente utilizados são: metais, barro, vidro, plástico, concreto, madeira, cimento-amianto etc., que podem ser recobertos com tinta betuminosa (tinta Neutrol), parafina, resinas plásticas (tinta Epox), vidro, sacos ou películas plásticas etc;
- Forma e capacidade dos recipientes:** deve-se levar em conta as necessidades físicas das raízes da espécie a ser cultivada, a variação permitida na composição e no pH da solução e o sistema de arejamento que se pretende utilizar;

- f) Cobertura: deve-se levar em consideração a evapotranspiração de água, o índice de precipitação, proteção em períodos mais frios do ano e a incidência de luz. Depende da região e da cultura;
- g) Substratos para sustentação das plantas: deverá ser inerte (sua composição) e manter a integridade física (tamanho das partículas) durante todo o processo de produção.

SAIS UTILIZADOS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Segundo Carmello (1997), qualquer sal solúvel pode ser utilizado para o preparo da solução nutritiva, desde que forneça o nutriente necessário e não contenha nenhum elemento químico que possa prejudicar o desenvolvimento da planta, evitando-se produtos que causem precipitações ou reações químicas.

A utilização de sais com pureza química elevada (P.A.) costumam caro, portanto, sais com grau técnico e mesmo fertilizantes químicos podem ser utilizados sem maiores problemas.

A Tabela 4 mostra a composição de alguns sais utilizados na solução nutritiva em minijardim clonal de eucalipto.

Tabela 4. Composição de alguns sais utilizados na solução nutritiva do minijardim clonal de eucalipto.

Sais	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	ppm			
										Mn	Mo	Zn	Co
Nitrato de potássio	14	-	36,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato de sódio e potássio (Salitre do Chile potássico)	13	-	11,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato de amônio	34	-	-	-	-	-	45	12	-	26	1,1	-	3
Nitrato de cálcio	15	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrocálcio	22	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato monoamônio (MAP)	10	21,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato diamônio (DAP)	18	20,2	-	-	-	-	100	7	-	235	11	122	11
Uréia	45	-	-	-	-	-	74	<1	-	26	3,4	2	3
Sulfato de amônio	20	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-
Superfosfato simples	-	8,8	-	20,2	-	12	-	-	-	-	-	-	-
Superfosfato triplo	-	19,8	-	13	-	-	-	-	6565	300	-	-	-
Fosfato de potássio	-	24	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloreto de potássio	-	-	49,8	-	-	-	44-204	4-17	-	22-32	0,2-1,4	11-26	8-9
Sulfato de potássio	-	-	41,5	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de potássio e magnésio	-	-	16,6	-	11	22	-	-	-	--	-	-	-
Sulfato de magnésio	-	-	-	-	9,5	13	-	-	-	-	-	-	-
Sais	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Co
	%						%						
Bórax	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-
Ácido bórico	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-
Sulfato de cobre	-	-	-	-	-	12	-	25	-	-	-	-	-
Quelados de cobre	-	-	-	-	-	-	-	9-13	-	-	-	-	-
Sulfato ferroso	-	-	-	-	-	11	-	-	19	-	-	-	-
Quelados de ferro	-	-	-	-	-	-	-	-	5-14	-	-	-	-
Sulfato de manganês	-	-	-	-	-	21	-	-	-	25	-	-	-
Cloreto de manganês	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-
Quelados de manganês	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-
Molibdato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	-	-
Molibdato de amônio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	-	-
Sulfato de zinco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-
Quelado de zinco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14-19

Fonte: Adaptado de Malavolta (1994) e Malavolta et al. (1989)

FORMULAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

Para o preparo de uma solução nutritiva de composição conhecida, recomenda-se iniciar o cálculo das quantidades de sais a partir da fonte de cálcio, pois são poucos os produtos que fornecem o elemento.

Como exemplo, serão calculadas as quantidades de sais necessários para uma solução nutritiva para o minijardim clonal de eucalipto, com a seguinte composição dos nutrientes (mg L^{-1}): 250 de N; 40 de P; 200 de K; 200 de Ca; 48 de Mg; 64 de S; 0,5 de B; 0,03 de Cu; 5 de Fe; 0,7 de Mn; 0,02 de Mo e 0,07 de Zn.

a) Cálculo da fonte de cálcio (Nitrato de cálcio)

100 mg de Nitrato de cálcio tem 20 mg de Ca, mas são necessários 200 mg de Ca. Portanto, pela regra de três, preciso de: $X = 200 \text{ mg de Ca} \times 100 \text{ mg de Nitrato de cálcio} / 20 \text{ mg de Ca} = 1000 \text{ mg de Nitrato de cálcio}$

b) Cálculo da fonte de potássio (Nitrato de potássio)

100 mg de Nitrato de potássio tem 36,5 mg de K, mas são necessários 200 mg de K. Portanto, pela regra de três: $X = 200 \text{ mg de K} \times 100 \text{ mg de Nitrato de potássio} / 36,5 \text{ mg de K} = 548 \text{ mg de Nitrato de potássio}$

c) Cálculo da fonte de fósforo (MAP)

100 mg de MAP tem 21,1 mg de P, mas são necessários 40 mg de P. Portanto, pela regra de três: $X = 40 \text{ mg de P} \times 100 \text{ mg de MAP} / 21,1 \text{ mg de P} = 190 \text{ mg de MAP}$

d) Cálculo da fonte de nitrogênio

1000 mg de nitrato de cálcio tem 150 mg de N
 548 mg de Nitrato de potássio tem 76,7 mg de N
 190 mg de MAP tem 19 mg de N

A soma das três fontes de nitrogênio adicionadas é de 245,7 mg de N, no entanto, são necessários 250 mg de N. Faltam 4,3 mg de N que pode ser adicionado na forma de uréia.

100 mg de Uréia tem 45 mg de N, está faltando 4,3 de N. Portanto, pela regra de três, são necessários: $X = 4,3 \text{ mg de N} \times 100 \text{ mg de Uréia} / 45 \text{ mg de N} = 9,5 \text{ mg de Uréia}$

e) Cálculo da fonte de magnésio (Sulfato de magnésio)

100 mg de Sulfato de magnésio tem 9,5 mg de Mg, são necessários 48 mg de Mg. Portanto, pela regra de três, são necessários: $X = 48 \text{ mg de Mg} \times 100 \text{ mg de Sulfato de magnésio} / 9,5 \text{ mg de Mg} = 505 \text{ mg de Sulfato de magnésio}$.

f) Cálculo da fonte principal de enxofre (Sulfato de magnésio)

505 mg de Sulfato de magnésio (13% de S) tem 65 mg de enxofre. Portanto, está de acordo com a composição proposta da solução nutritiva.

g) Cálculo dos micronutrientes

Segue o mesmo raciocínio dos macronutrientes. As fontes mais comuns de B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn são, respectivamente, ácido bórico, sulfato de cobre, Quelados de Ferro, Sulfato de manganês, Molibdato de sódio e Sulfato de zinco.

h) Formulação final

De acordo com os cálculos, necessita-se, para um litro de água, as seguintes quantidades de sais (mg L^{-1}):

1000 de Nitrato de cálcio; 548 de Nitrato de potássio; 190 de MAP; 9,5 de Uréia; 505 de Sulfato de magnésio; 2,9 de Ácido bórico; 0,12 de Sulfato de cobre; 2,7 de Sulfato de manganês 0,05 de Molibdato de sódio; 0,35 de Sulfato de zinco e 26,3 de Sulfato ferroso

Após a mistura dos sais na água, recomenda-se medir o pH e a condutividade elétrica, e caso seja necessário corrigi-las com a adição de água, NaOH, KCl ou KOH.

FERTIRRIGAÇÃO

Com base em vários ensaios, Higashi et al. (2000a) definiram as faixas adequadas de macro e micronutrientes na solução nutritiva de mini/microjardim clonal de *Eucalyptus* (Tabela 5). A aplicação da solução nutritiva deve ser através de gotejamento.

As doses utilizadas na solução nutritiva devem ser corrigidas conforme a exigência nutricional de cada clone e época do ano através do monitoramento nutricional, procurando correlacionar o teor foliar com a produtividade e o enraizamento das miniestacas.

BIOMASSA E CONTEÚDO DE NUTRIENTES EM MINIJARDIM CLONAL DE *EUCALYPTUS*

O acúmulo de biomassa em brotação de *E. grandis* x *E. urophylla*, em minijardim clonal hidropônico fechado, foram avaliados por Higashi et al. (1998). Os autores observaram que em plantios de 0,10 x 0,10 m e substrato de espuma à base de resina fenólica, com troca da solução nutritiva quinzenal, a produtividade foi de 3,1 g/planta de matéria seca na brotação aos 28 dias de idade, ou seja, a produção de 310 g de matéria seca por m² (Figura 7A). A produção de matéria seca apresentou um incremento quadrático com a idade, com maiores incrementos a partir do 15^o dia. A distribuição da quantidade de macronutrientes, micronutrientes e matéria seca, nas diferentes partes da minitouça estão descritas na Tabela 6.

Tabela 5. Doses médias de macro e micronutrientes utilizadas na solução nutritiva em condição de mini/microjardim clonal de *Eucalyptus*.

Nutrientes	Doses (mg L ⁻¹)
N	100 – 200
P	15 – 30
K	100 – 200
Ca	100 – 200
Mg	25 – 50
S	35 – 65
B	0,3 – 0,6
Cu	0,03 – 0,06
Fe	3 – 7
Mn	0,3 – 0,8
Mo	0,01 – 0,02
Zn	0,05 – 0,1
Si*	40 – 80

* O uso do Si pode diminuir a infestação de doenças (Chérif e Bélanger, 1992; Bélanger et al., 1995; Vitti et al., 1997; Epstein, 1999).

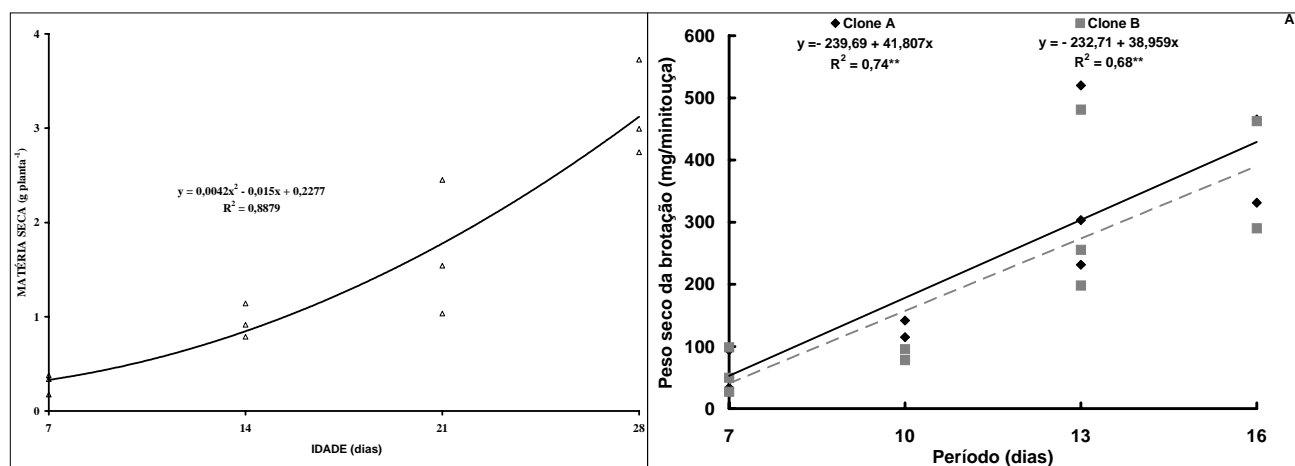


Figura 7. (A) Acúmulo de matéria seca em brotação de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, em minijardim clonal hidropônico, em função da idade (Higashi et al., 1998); (B) Peso seco da brotação de dois clones de *Eucalyptus*, em diferentes idades, na condição de minijardim clonal hidropônico aberto (Silveira et al., 2000).

Tabela 6. Distribuição da quantidade de macronutrientes, micronutrientes e matéria seca nas diferentes partes da minitouça de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, cultivados em condição de minijardim clonal hidropônico fechado (Higashi et al., 1998).

Quantidades	Partes da minitouça	Idade (dias)			
		7	14	21	28
Matéria seca (g/planta)	Cepa	1,20 (64,00)*	1,10 (49,00)	1,04 (35,00)	1,14 (26,00)
	Brotação	0,67 (36,00)	1,13 (51,00)	1,89 (65,00)	3,31 (74,00)
	Total	1,87	2,23	2,93	4,45
N (mg/planta)	Cepa	5,9 (22,52)	5,6 (11,89)	5,8 (8,63)	7,3 (7,24)
	Brotação	20,3 (69,41)	41,5 (88,11)	61,4 (91,37)	93,5 (92,76)
	Total	26,2	47,1	67,2	100,8
P (mg/planta)	Cepa	0,89 (30,58)	0,74 (15,07)	0,84 (12,56)	1,06 (10,64)
	Brotação	2,02 (69,41)	4,17 (84,93)	5,85 (87,44)	8,9 (89,35)
	Total	2,91	4,91	6,69	9,96
K (mg/planta)	Cepa	8,51 (52,47)	8,71 (31,65)	7,66 (20,35)	7,79 (13,52)
	Brotação	7,71 (47,53)	17,64 (68,35)	29,98 (79,65)	48,56 (86,48)
	Total	16,22	25,81	37,64	56,15
Ca (mg/planta)	Cepa	2,45 (55,68)	2,47 (33,65)	1,82 (13,68)	2,25 (15,93)
	Brotação	1,95 (44,31)	4,87 (66,35)	11,48 (86,35)	11,87 (84,07)
	Total	4,4	7,34	13,3	14,12
Mg (mg/planta)	Cepa	1,72 (51,34)	1,40 (32,94)	1,42 (26,15)	1,61 (19,80)
	Brotação	1,63 (48,66)	2,85 (67,06)	4,01 (73,85)	6,52 (80,19)
	Total	3,35	4,25	5,43	8,13
S (mg/planta)	Cepa	0,22 (16,92)	0,19 (6,31)	0,30 (7,19)	0,33 (4,98)
	Brotação	1,08 (83,08)	2,82 (93,69)	3,87 (92,81)	6,3 (95,02)
	Total	1,30	3,01	4,17	6,63
B (µg/planta)	Cepa	21,61 (26,17)	16,46 (10,61)	50,10 (21,23)	32,59 (13,66)
	Brotação	60,97 (73,83)	108,74 (89,39)	185,91 (78,78)	205,99 (86,34)
	Total	82,58	115,20	236,01	238,58
Cu (µg/planta)	Cepa	19,61 (56,81)	17,83 (44,75)	16,65 (38,59)	18,83 (37,34)
	Brotação	14,91 (43,19)	22,01 (55,25)	26,50 (61,42)	31,60 (62,67)
	Total	34,52	39,84	43,15	50,43
Fe (µg/planta)	Cepa	72,44 (52,42)	48,20 (26,28)	59,79 (22,08)	96,73 (22,38)
	Brotação	65,76 (47,58)	135,21 (73,72)	211,01 (77,92)	335,50 (77,62)
	Total	138,20	183,41	270,80	432,23
Mn (µg/planta)	Cepa	103,70 (31,53)	74,76 (15,89)	55,13 (9,40)	64,12 (7,41)
	Brotação	225,15 (68,47)	395,81 (84,11)	530,90 (90,60)	801,08 (92,59)
	Total	328,85	470,57	586,03	865,20
Zn (µg/planta)	Cepa	45,72 (59,50)	40,28 (43,09)	35,29 (32,89)	36,87 (26,69)
	Brotação	31,12 (40,50)	53,20 (56,91)	72,02 (67,11)	101,28 (73,31)
	Total	76,84	93,48	107,31	138,15

* os valores entre parênteses correspondem à porcentagem da quantidade total em cada período avaliado.

Comparando-se as soluções nutritivas dos dois trabalhos acima citados (Tabela 3 e Figuras 7A e 7B), observa-se que as concentrações dos macronutrientes utilizados por Higashi et al. (1998) foram superiores que os de Silveira et al. (2000). Além disso, as variações de produtividade podem ser ter sido causadas pelos diferentes materiais genéticos utilizados, tipos de substratos (espuma fenólica e areia) e a idade das plantas.

Em relação ao conteúdo de nutrientes em condição de minijardim clonal, Higashi et al. (1998) observaram que os elementos N, P, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe e Mn tiveram um incremento linear de acúmulo na brotação durante os 28 dias de avaliação (Figura 8).

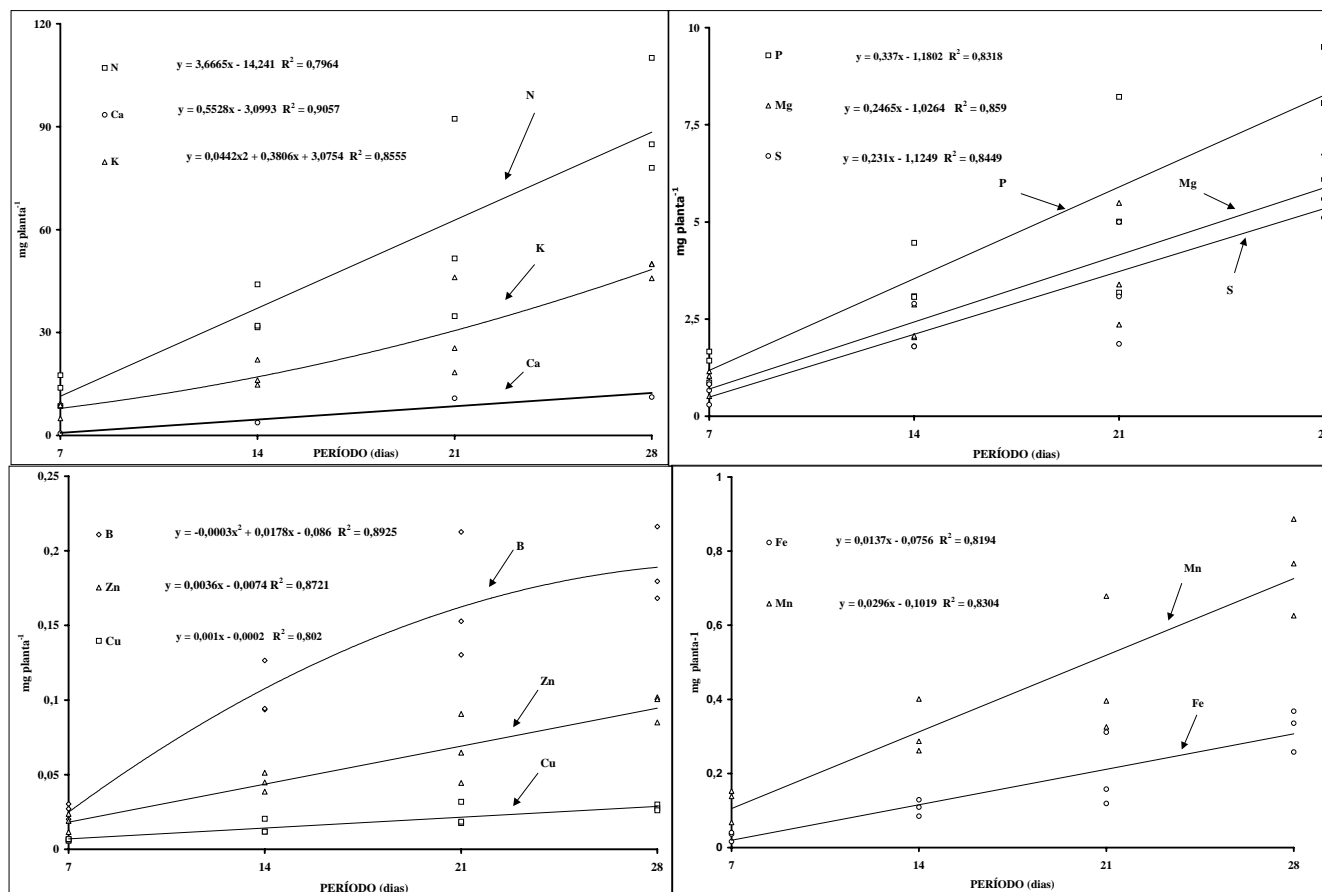


Figura 8. Acúmulo de N, K, Ca (A), P, Mg, S (B), B, Cu, Zn (C), Fe e Mn (D) em brotação de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, em minijardim clonal hidropônico, em função da idade (Higashi et al., 1998)

Tabela 7. Acúmulo relativo (%) de nutrientes na brotação da minitouça do clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, cultivado em sistema hidropônico fechado, durante 28 dias de avaliação (Higashi et al., 1998).

Período	Acúmulo relativo										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Fe	Mn
Dias	%										
07 – 14	324	300	215	602	346	428	436	202	241	572	296
14 – 21	169	166	179	183	171	176	148	150	158	182	166
21 – 28	140	140	158	145	141	143	113	133	136	145	139
07 – 28	773	700	612	1607	840	1085	741	408	524	1517	690

O período de maior acúmulo relativo de nutrientes nas brotações das minicepas ocorreu no período de 7 – 14 dias de idade (Tabela 7). Os elementos que apresentaram maior acúmulo relativo, ao final de 28 dias de avaliação, em ordem decrescente foram: Ca > Fe > S > Mg > N > B > P > Mn > K > Zn > Cu.

Os resultados de acúmulos de nutrientes obtidos por Silveira et al. (1995a, b) e Higashi et al. (1998), respectivamente, em condição de jardim clonal no campo e minijardim clonal hidropônico, mostram as quantidades de nutrientes contidas nas brotações por m², em função da idade (Tabela 8).

As quantidades de nutrientes contidas nas brotações do minijardim clonal hidropônico, ao final de 28 dias de avaliação, foram superiores para todos os nutrientes, com exceção de Ca e Mg no clone de *E. grandis* e Mn e Zn para o clone de *E. saligna* (Tabela 8). A maior quantidade de nutrientes por m² contida nas brotações do minijardim clonal é devida à maior produtividade de estacas, em menor período de tempo, maior número de plantas, em comparação ao sistema de macrojardim clonal.

Silveira et al. (2000) determinaram as concentrações e as quantidades extraídas dos nutrientes para dois clones de *Eucalyptus* em função da idade da brotação (7, 10, 13 e 16 dias) e verificaram as eficiências

Tabela 8. Quantidades de nutrientes contidas nas brotações de macro (Silveira et al., 1995a, b) e minijardim clonal (Higashi et al., 1998) por m², em função da idade.

Nutriente	Minijardim clonal				Macrojardim clonal							
	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>				<i>E. saligna</i>				<i>E. grandis</i>			
	7	14	21	28	20	34	48	62	20	34	48	62
Idade (dias)												
Macronutrientes												
g m⁻²												
N	1,33	3,58	5,95	9,10	0,22	0,79	2,00	3,88	0,95	3,22	5,49	7,76
P	0,13	0,35	0,55	0,85	0,02	0,05	0,11	0,19	0,08	0,09	0,20	0,40
K	0,77	1,76	3,00	4,86	0,14	0,53	1,30	2,47	0,50	1,87	3,24	4,61
Ca	0,06	0,38	1,09	1,11	0,06	0,26	0,80	1,68	0,35	0,98	2,26	4,21
Mg	0,09	0,23	0,37	0,62	0,02	0,08	0,20	0,39	0,12	0,39	0,67	0,95
S	0,06	0,22	0,33	0,56	0,02	0,06	0,13	0,25	0,08	0,12	0,25	0,46
Micronutrientes												
mg m⁻²												
B	2,58	10,50	16,50	18,80	-	-	-	1,44	-	-	-	-
Cu	0,63	1,47	2,26	2,78	0,08	0,26	0,72	1,50	-	-	-	-
Fe	3,09	10,70	19,60	32,00	0,33	1,80	5,20	10,60	-	-	-	-
Mn	12,00	31,70	46,70	76,00	9,60	29,30	104,7	236	-	-	-	-
Zn	1,81	4,49	6,66	9,58	0,55	1,20	5,79	14,33	-	-	-	-

nutricionais dos clones para a produção de brotação (Tabela 9). Os autores concluíram que o clone A foi mais produtivo em matéria seca em relação ao Clone B (Figura 9A). A concentração dos nutrientes nas brotações obedeceu à seguinte ordem decrescente para ambos os clones estudados: N > K > P > Ca > Mg > S. O Mn foi o micronutriente com maior concentração, seguido do Fe, Zn, B e Cu. A quantidade extraída de macro e micronutrientes pelas brotações foi linear em função da idade para ambos os clones avaliados (Figuras 9B, 10A-J). O Clone A apresentou maior acúmulo de nutrientes aos 16 dias de idade em relação ao Clone B. O Ca e o Mn foram os nutrientes com as maiores acúmulos relativos em relação à idade de 7 dias. O Clone A foi menos eficiente na utilização de nutrientes para a produção de brotação (Tabela 10).

Tabela 9. Concentração dos nutrientes em brotação de clones de *Eucalyptus* em diferentes idades na condição de minijardim clonal.

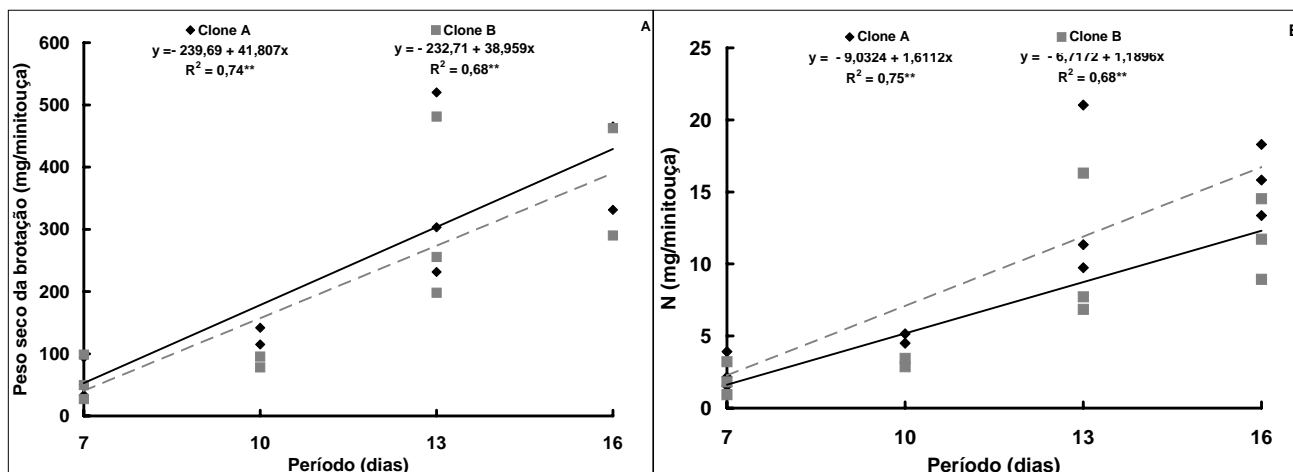
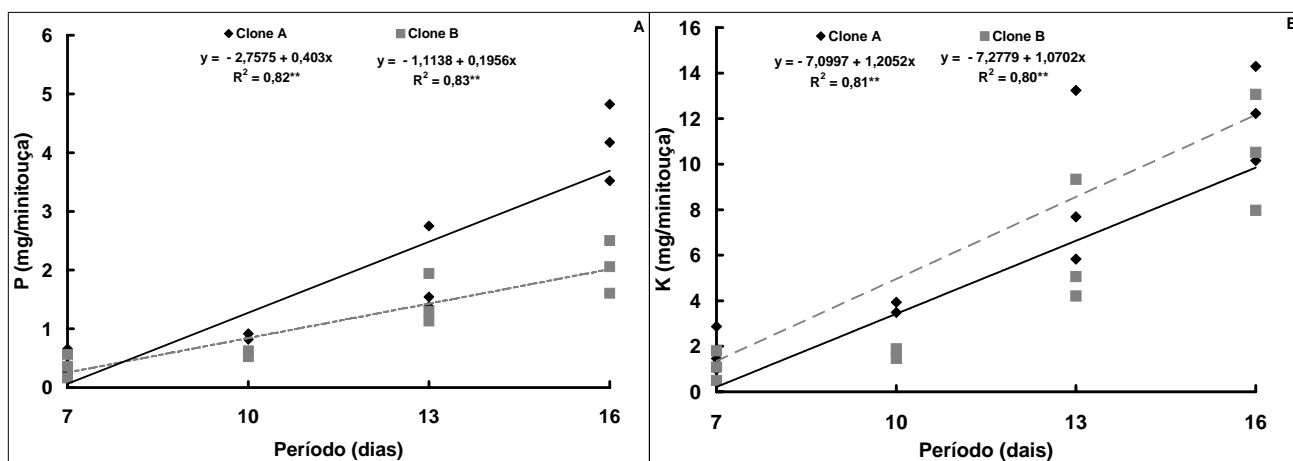
Nutrientes	CLONE A				CLONE B			
	7	10	13	16	7	10	13	16
	Dias							
Macronutrientes (g kg⁻¹)								
N	43,4	37,8	40,0	39,8	34,5	36,5	32,9	31,2
P	7,6	6,8	5,4	10,5	6,4	6,6	4,9	5,5
K	29,6	29,1	25,3	30,7	19,6	19,3	20,2	27,9
Ca	3,8	3,6	5,2	5,9	2,5	2,6	3,4	4,6
Mg	2,5	2,5	2,6	2,6	2,2	2,2	2,4	2,2
S	2,8	1,7	2,6	2,0	1,9	2,2	2,4	2,2
Micronutrientes (mg kg⁻¹)								
B	60	55	37	39	48	42	45	37
Cu	21	16	16	14	15	15	15	15
Fe	122	97	109	103	103	78	83	89
Mn	559	575	565	524	516	495	534	554
Zn	74	61	59	53	49	51	45	44
g de nutrientes kg ⁻¹ de MS	90,5	82,3	81,9	92,2	67,8	70,0	66,9	74,3

Fonte: Silveira et al. (2000)

Tabela 10. Eficiência nutricional dos clones de *Eucalyptus* para produzir 1 g de matéria seca de brotação.

Variáveis	CLONE B					CLONE A				
	7	10	13	16	Média	7	10	13	16	Média
mg										
N	34,0	36,4	33,0	31,2	33,6	42,7	37,7	39,9	39,7	40,0
P	6,2	6,6	4,8	5,5	5,8	7,4	6,8	5,4	10,5	7,5
K	19,3	19,3	19,9	27,8	21,6	29,8	28,9	25,4	30,7	28,7
Ca	2,4	2,6	3,5	4,6	3,3	3,7	3,6	5,3	5,9	4,6
Mg	2,2	2,4	2,3	2,6	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
S	1,8	2,2	2,4	2,2	2,1	2,8	1,7	2,3	2,4	2,3
µg										
B	45,7	41,1	42,0	35,6	41,1	60,6	54,2	34,9	38,5	47,0
Cu	14,6	14,8	14,5	15,2	14,8	20,4	16,0	15,4	14,0	16,4
Fe	105,2	78,0	80,0	89,0	88,0	117,4	97,0	110,7	102,8	106,8
Mn	516,8	494,2	514,0	550,9	519,0	559,7	574,7	551,2	524,4	552,5
Zn	48,7	50,7	44,2	44,1	46,9	72,1	61,3	58,7	53,4	61,4

Fonte: Silveira et al. (2000).

**Figura 9.** Peso seco (A) e conteúdo de N (B) na brotação de dois clones de *Eucalyptus*, em diferentes idades, na condição de minijardim clonal hidropônico (Silveira et al., 2000).**Figura 10.** Conteúdo de P (A), K (B), Ca (C), Mg (D), S (E), B (F), Cu (G), Fe (H), Mn (I) e Zn (J) em brotação de dois clones de *Eucalyptus*, em diferentes idades, na condição de minijardim clonal (Silveira et al., 2000).

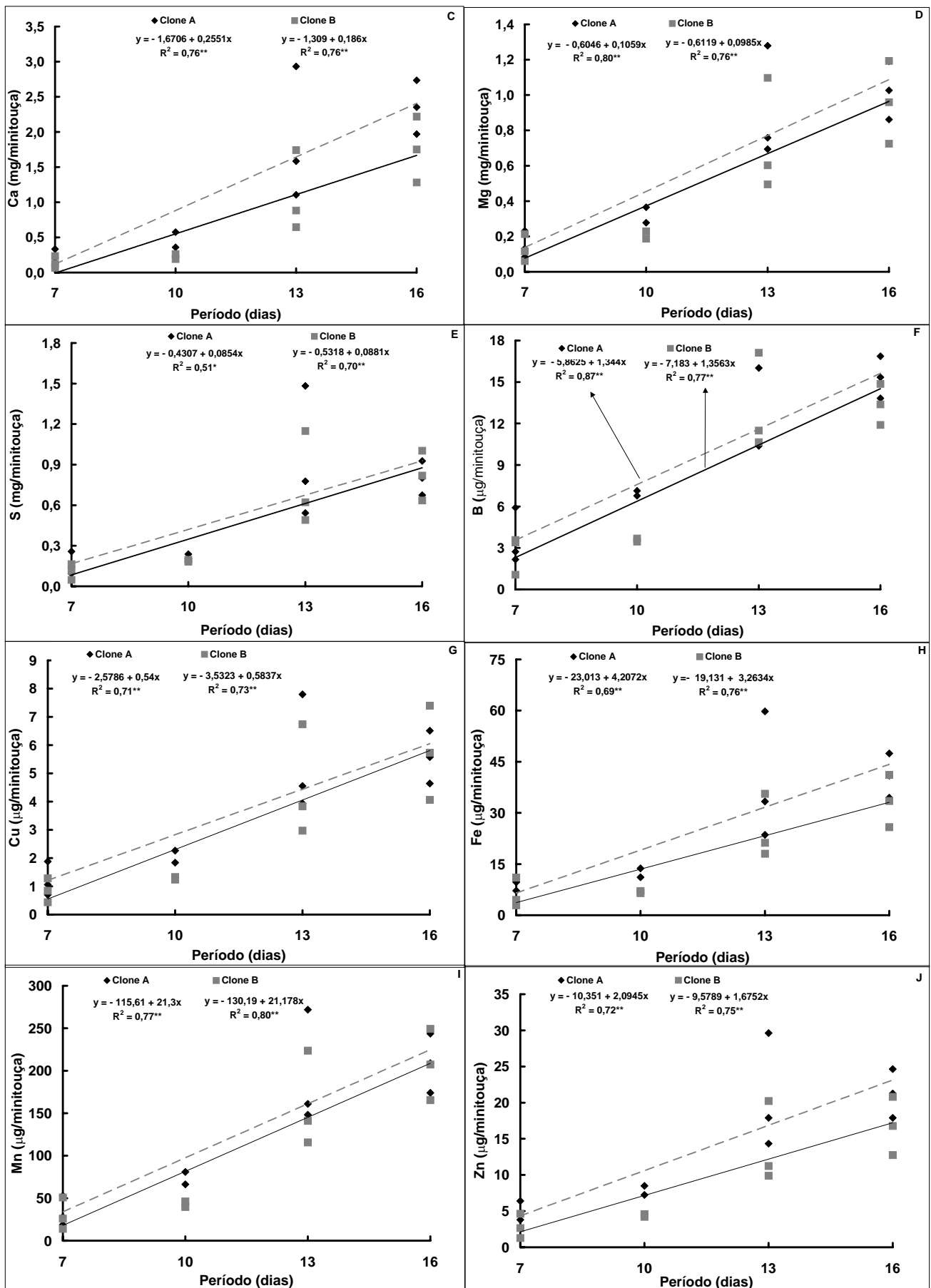


Figura 10 - Continuação. Conteúdo de P (A), K (B), Ca (C), Mg (D), S (E), B (F), Cu (G), Fe (H), Mn (I) e Zn (J) em brotação de dois clones de *Eucalyptus*, em diferentes idades, na condição de minijardim clonal (Silveira et al., 2000).

Higashi et al. (2000d) verificaram os efeitos das doses de nitrogênio nas concentrações dos nutrientes, na produção e no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* produzidas no sistema de minijardim clonal em canaletão. A solução nutritiva (Tabela 3) foi fornecida diariamente na quantidade de 7 L m⁻² e o experimento foi conduzido durante 120 dias e foram coletadas 10 coletas de brotos. Os resultados mostraram que houve interação entre as doses de N e os clones para a porcentagem de enraizamento (Tabela 11). O clone A apresentou maior taxa de enraizamento nas doses de 40 e 320 mg de N L⁻¹ em relação ao clone B. Os clones apresentaram comportamento diferenciado para o enraizamento em relação à adição de N na solução. Somente o clone B apresentou incremento linear para a taxa de enraizamento com o aumento do fornecimento de nitrogênio na solução (Figura 11A). A concentração de P, Ca e S não foi influenciada pela dose de N na solução. O aumento da dose de N na solução provocou reduções nas concentrações foliares de B, Cu, Fe e Mn, em ambos os clones, e de Zn somente no clone A (Tabela 12). A Figura 11B mostra a relação entre a dose de N e a concentração deste elemento na minitouça dos clones estudados.

Tabela 11. Porcentagem de enraizamento das miniestacas de clones de *Eucalyptus* em função das doses de nitrogênio na solução nutritiva.

N (mg L ⁻¹)	Taxa de enraizamento (%)		
	CLONE		
	A	B	Média
40	77,1 a A*	60,7 b B	68,9 b
160	76,2 a A	69,4 a A	72,8 b
320	82,8 a A	77,0 a B	79,9 a
Média	78,7 A	69,0 B	

* Médias seguidas de mesma letra (minúscula na vertical e maiúscula na horizontal) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% (de probabilidade).

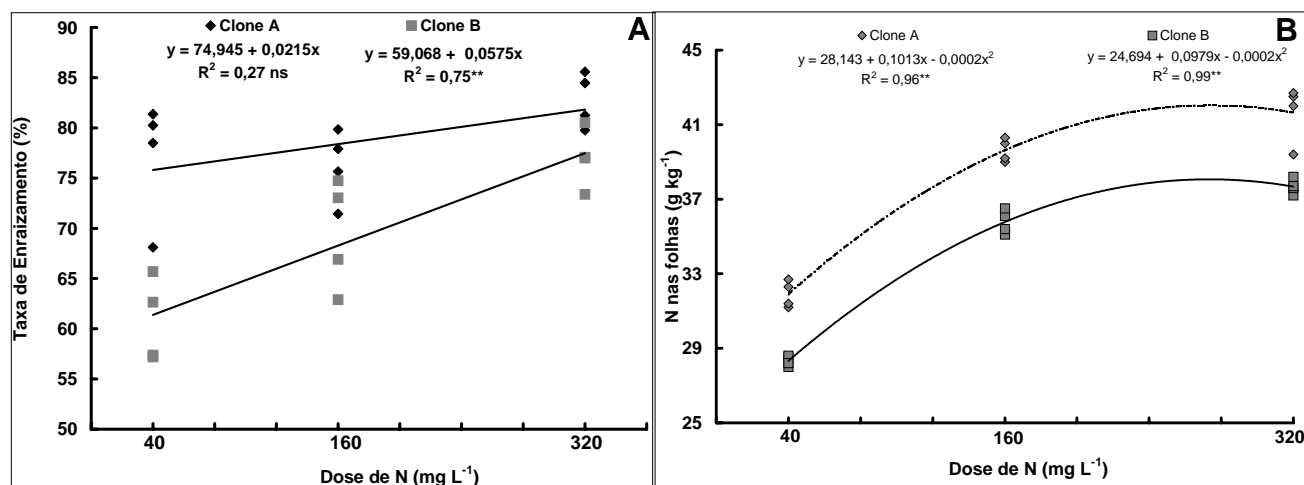


Figura 11. A: Efeito das doses de nitrogênio na solução sobre o enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus*; B: Efeito das doses de nitrogênio na solução sobre a concentração foliar de N nas minitouças de clones de *Eucalyptus*.

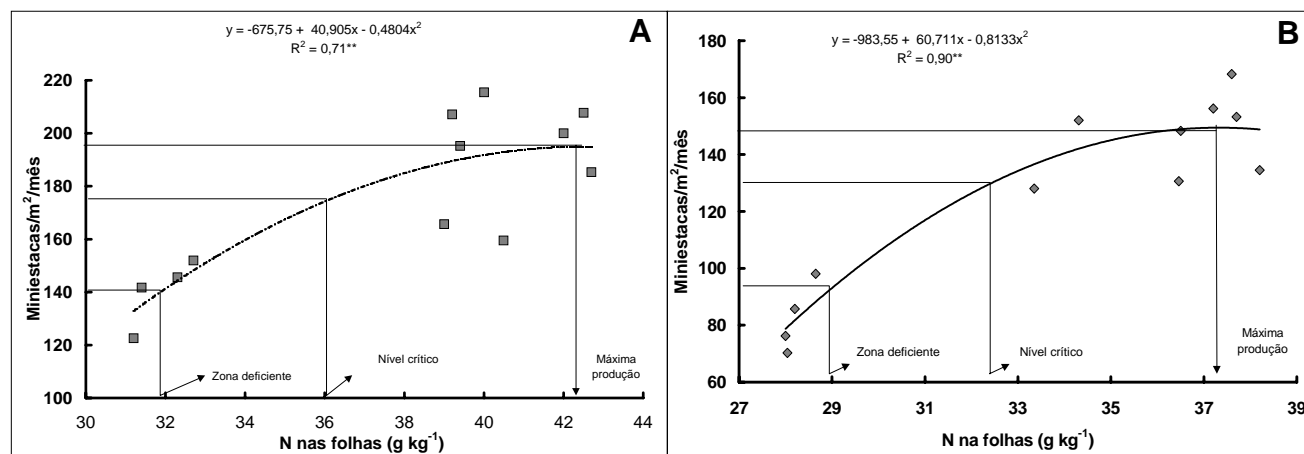


Figura 12. Relação entre a concentração de nitrogênio nas folhas e a produtividade de miniestacas enraizadas de clones de *Eucalyptus* (A: clone A; B: clone B).

Tabela 12. Coeficientes de correlações de Pearson entre as doses de nitrogênio na solução nutritiva e a concentração dos nutrientes nas folhas das minitouças de clones de *Eucalyptus*.

Clone	Nutrientes na folha										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
A	0,90**	0,23ns	0,82**	0,22ns	-0,56*	-0,02ns	-0,62*	-0,88**	-0,79**	-0,95**	-0,50ns
B	0,92**	0,44ns	0,77**	0,01ns	-0,49ns	0,16ns	-0,84**	-0,57*	-0,75**	-0,83**	-0,72**

Para a produtividade de brotos, não houve interação entre as doses de N e os clones. Verificaram-se efeitos isolados das doses de N e do material genético sobre a quantidade de miniestacas produzidas. Em relação aos clones, observou-se que o A produziu 27% a mais em relação ao B. Pelas equações de regressões estimaram-se as máximas produtividades de miniestacas por m², as quais foram obtidas com 261 e 299 mg N L⁻¹ para os clones A e B, respectivamente.

A máxima produção de miniestacas enraizadas por m², para os clones A e B foram obtidas quando as minitouças apresentavam concentrações foliares de 37,3 e 42,6 g de N kg⁻¹, respectivamente (Figuras 12A-B). O nível crítico para obtenção de 90% da máxima produção foi de aproximadamente 36 e 32,5 g de N kg⁻¹ para os clones A e B. A faixa adequada de N nas folhas para a produção de brotos variou de 32,5 a 37,3 g kg⁻¹ para o clone B e de 36 a 42,6 g kg⁻¹ para o clone A. A faixa considerada deficiente estava abaixo de 32 g kg⁻¹ para o A e 29 g kg⁻¹ para o B.

Silveira et al. (1999) avaliaram, além do efeito da concentração da solução nutritiva na produtividade, enraizamento e mortalidade das minitouças, os teores de macro e micronutrientes nas brotações de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, em função do ambiente (pleno sol e protegido) e da frequência de aplicação da solução nutritiva no minijardim clonal (Tabela 13). Os teores de N, P, B, Fe e Mn aumentaram nas brotações em função da concentração e frequência da aplicação da solução nutritiva. A concentração e intensidade de aplicação da solução nutritiva acarretaram alta mortalidade das minitouças. A análise química da areia também mostra que houve aumento em função da concentração e frequência de aplicação da solução nutritiva (Tabela 14).

Tabela 13. Teores de macro e micronutrientes nas brotações de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, do minijardim clonal hidropônico, em canaletão e substrato areia, em função do ambiente, das concentrações e número de aplicação diária da solução nutritiva (Higashi et al., 1998).

Ambiente	Concentração da solução nutritiva (%)	Número de aplicação diária	g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹			
			N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Pleno sol	25*	1	28,9	3,0	16,4	8,6	3,0	1,9	66,7	44,3	226,7	113,3	33,3
Pleno sol	50	1	34,9	3,4	18,0	9,1	2,6	1,2	64,3	54,3	325,0	86,0	30,0
Pleno sol	100	1	39,4	4,0	22,6	8,3	2,5	1,4	79,7	54,0	147,3	344,7	33,7
Pleno sol	200	1	42,0	4,3	23,9	7,1	2,3	1,6	92,0	42,3	200,0	748,0	43,3
Pleno sol	25	2	34,3	3,7	17,5	8,1	2,7	2,0	68,3	60,7	117,3	53,0	32,3
Pleno sol	50	2	36,6	4,2	19,7	8,6	2,5	1,4	66,7	74,3	181,7	223,3	35,0
Pleno sol	100	2	40,9	4,9	25,1	7,1	2,3	1,7	65,7	13,3	254,3	646,7	41,3
Pleno sol	200	2	41,8	4,5	24,1	6,4	2,2	1,6	97,3	26,7	218,0	843,0	52,0
Protegido	25	1	28,2	3,0	18,0	6,9	2,7	1,8	60,3	12,7	118,7	101,0	33,7
Protegido	50	1	34,5	3,7	19,7	8,1	2,7	1,3	47,0	15,7	141,3	61,7	29,3
Protegido	100	1	34,0	3,5	19,7	7,4	2,7	1,5	49,7	12,7	104,0	77,3	30,3
Protegido	200	1	35,1	4,4	20,3	7,9	2,4	1,5	49,3	11,0	281,3	270,0	33,7
Protegido	25	2	38,4	4,2	23,4	7,0	2,3	1,4	67,3	9,7	117,3	366,3	35,3
Protegido	50	2	39,8	4,6	23,2	6,9	2,2	1,6	77,3	45,3	433,3	529,0	39,7
Protegido	100	2	39,4	4,3	23,2	7,0	2,2	1,8	72,3	12,0	274,0	778,3	40,0
Protegido	200	2	34,9	4,2	20,6	6,7	2,1	1,9	75,7	12,0	515,7	790,7	39,7

* em relação à solução nutritiva de Higashi et al., 1998 (Tabela 3).

Tabela 14. Análise química da areia do minijardim clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, na profundidade de 0 – 10 cm, em função do ambiente, das concentrações e número de aplicação diária da solução nutritiva (Higashi et al., 1998).

Ambiente	Concentração da solução nutritiva (%)	Número de aplicação diária	pH	M.O.	Presina	K	Ca	Mg	H+Al	Al	bases				mg dm ⁻³					
											Soma	CTC	V% m%	Cu	Fe	Zn	Mn	B	S-SO ₄	
			CaCl ₂ g dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³																
Pleno sol	25*	1	5,8	11	31	1,5	7	3	9	0	12	21	56	0	0,6	19	1,6	2	0,43	4
Pleno sol	50	1	6	9	39	1,5	5	2	9	0	9	18	49	0	0,6	28	1,7	2,3	0,29	11
Pleno sol	100	1	5,1	7	56	1,6	3	1	10	0	6	16	36	0	0,5	38	2	2,5	0,43	10
Pleno sol	200	1	4,6	3	99	3,7	5	1	11	1	10	21	47	9	0,4	29	0,9	1	0,58	18
Pleno sol	25	2	5,9	8	33	1,6	5	2	9	0	9	18	49	0	0,4	27	1,6	2	0,32	8
Pleno sol	50	2	5,8	8	50	1,3	5	2	9	0	8	17	48	0	0,4	28	2	1,8	0,35	10
Pleno sol	100	2	4,6	8	71	2	3	2	12	1	7	19	37	13	0,8	40	1	1,1	0,37	13
Pleno sol	200	2	4,4	3	132	3,8	5	6	12	3	15	27	55	17	0,8	24	1	0,8	6,65	35
Protegido	25	1	5,4	9	36	1,8	4	2	9	0	8	17	46	0	8,1	26	2,6	3,7	0,37	11
Protegido	50	1	5,8	8	39	1,8	6	3	9	1	11	20	55	8	1,5	25	2,1	2,5	0,32	11
Protegido	100	1	5	8	66	1,6	6	2	10	0	10	20	49	0	1,6	21	1,3	2	1,25	14
Protegido	200	1	4,5	9	71	1,5	3	2	10	0	7	17	39	0	0,6	17	1,2	1,2	4,65	23
Protegido	25	2	5,9	9	44	2	6	3	8	0	11	19	58	0	1,2	16	2	2,2	0,43	9
Protegido	50	2	5,8	9	58	2,1	7	3	9	0	12	21	57	0	2,6	22	3,2	2,7	0,32	8
Protegido	100	2	4,6	11	71	1,6	3	2	10	0	7	17	40	0	3,7	22	1,7	1	4,81	23
Protegido	200	2	4,8	8	108	1,6	2	1	11	1	5	16	29	18	0,4	31	0,7	1	0,68	17

* em relação à solução nutritiva de Higashi et al., 1998 (Tabela 3).

Tabela 15. Número médio dos parâmetros avaliados em função das doses de potássio na solução nutritiva.

Dose de K (mg L ⁻¹)	ES/TO ¹	CB ²	PSR ³	NR ⁴	TE ⁵	NB ⁶	CR ⁷
0	67	30	11	1,9	90	1,7	49
50	68	31	12	2,0	90	1,7	50
100	96	37	19	3,1	90	1,8	61
200	104	40	23	3,2	90	1,4	50

1 ES/TO – produção de estacas por touça; 2 CB – comprimento dos brotos (mm); 3 PSR – peso seco das raízes (mg); 4 NR – número de raízes por estaca; 5 TE – taxa de enraizamento (%); 6 NB – número de brotos por estaca; 7 CR – comprimento das raízes

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL

Em minijardim clonal, os problemas normalmente observados são referentes à toxicidade e não a deficiências nutricionais.

A toxicidade de manganês tem sido observada com certa freqüência na produção de estacas. A concentração deste micronutriente nas folhas chega a ultrapassar 1000 mg kg⁻¹.

Outra toxicidade muito comum é a de boro. A causa mais freqüente tem sido o descuido no preparo da solução nutritiva por técnicos não especializados, que acabam errando na pesagem do ácido bórico. Em casos mais graves, pode ocorrer a mortalidade das minitouças, sendo que a concentração de B nas folhas atinge valores na faixa de 500 a 800 mg kg⁻¹ (Figuras 13A-B).

Na condição de minijardim clonal tem aparecido sintoma de clorose internerval similar à deficiência de ferro e manganês (Figura 13C). No entanto, nos resultados da análise foliar, as concentrações de Fe e Mn encontram-se adequadas. Normalmente, esses sintomas ocorrem em plantas pulverizadas intensamente com fungicidas (princípio ativo: Metalaxyl e Mancozeb, os quais contém Mn e Zn) e inseticidas (grupo dos piretróides sintéticos).

A deficiência de cálcio é a mais freqüente em minijardim clonal, principalmente em situações em que as doses de N e o fornecimento de água são elevados. O principal sintoma é a podridão da base da miniestaca na fase de enraizamento, sob condição de casa de vegetação. A concentração de Ca nos ápices caulinares, nesta situação, não atinge 4 g kg⁻¹. A recomendação é diminuir as doses de N e a quantidade de água juntamente com a pulverização foliar de cloreto de cálcio (Figuras 14 A-B).

Paula et al. (2000) verificaram o efeito da aplicação de doses de K sobre a produção e enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus*, de touças plantadas em vasos de capacidade de 8L contendo areia grossa como substrato. O sistema de cultivo utilizado foi a aplicação e reciclagem diária e troca quinzenal da solução nutritiva (Tabela 15). Os autores observaram que as doses de K influenciaram significativamente na produtividade de estacas por touça, comprimento dos brotos, número de raízes e peso seco das raízes. Enquanto que para taxa de enraizamento, número de brotos por estaca e comprimento das raízes não houve efeito significativo das doses de K (Tabela 15).

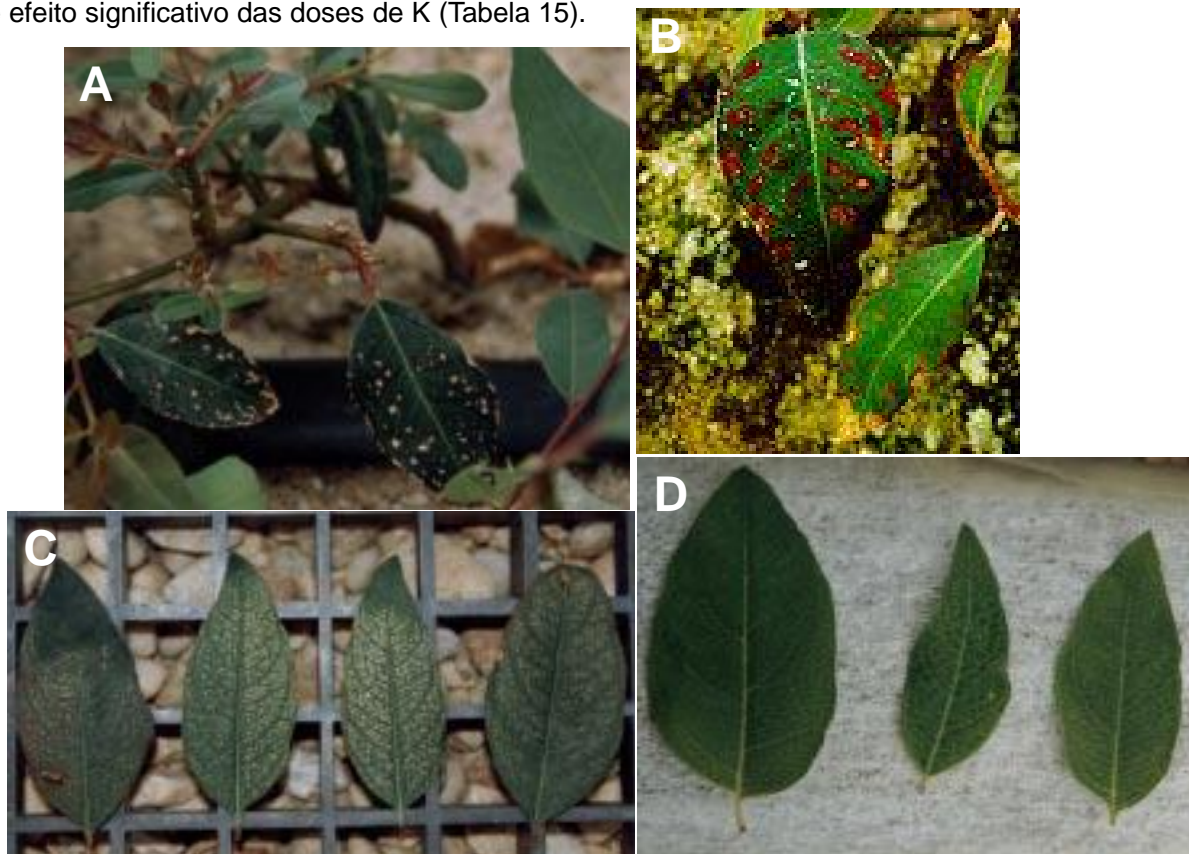


Figura 13. Sintomas de toxicidade de boro em minitouças em minijardim clonal hidropônico (A e B). Sintomas associados à aplicação intensa de fungicidas (C) ou inseticidas (D).

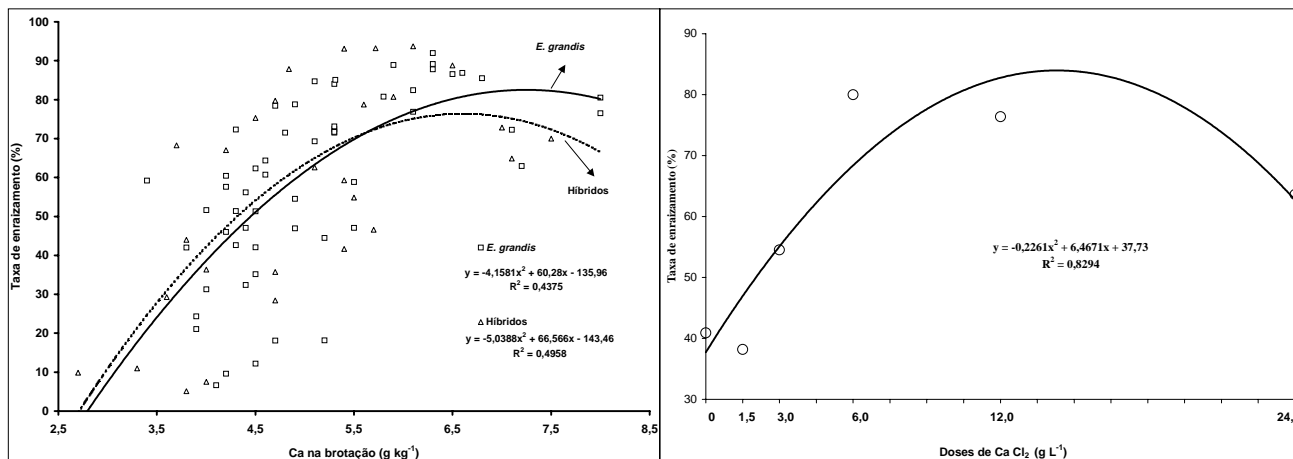


Figura 14. Taxa de enraizamento das miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos em função da concentração de Ca na brotação (A); Taxa de enraizamento do clone 40003 em relação as doses de cloreto de cálcio (B). Fonte: Higashi et al. (2000b) e Firme et al. (2000).

A influência do estado nutricional da minitouça no enraizamento de miniestacas de 14 clones de *Eucalyptus* (9 clones de *E. grandis* e 5 clones de híbridos de Rio Claro, SP) foram avaliados por Higashi et al. (2000c). As conclusões mais relevantes do trabalho, segundo os autores, foram: a) No geral, concentrações de P na brotação acima de 3,5 g kg⁻¹ diminuíram as taxas de enraizamento das miniestacas; b) O nível crítico de cálcio nas brotações para o enraizamento das miniestacas foi de 5,5 g kg⁻¹ (Figura 14A); c) A concentração de magnésio nas brotações deverá ser menor que 2,5 g kg⁻¹ para alcançar taxa de enraizamento superior a 70%; d) A faixa adequada da relação Ca/P na brotação de clones de *E. grandis* variou de 1,3 – 2; e) A relação Ca/P na brotação de clones híbridos de Rio Claro variou de 1,1 – 2,1; f) A faixa adequada da relação Ca/N na brotação deve estar acima de 0,12; g) A faixa adequada da relação N/P deve estar acima de 9; h) A relação Ca/Mg ideal deve estar acima de 2.

DIAGNOSE FOLIAR

Os teores de macro e micronutrientes considerados adequados e deficientes para a produção de miniestacas são apresentados na Tabela 16 (Higashi et al., 2000a).

Tabela 16. Teores dos macros e micronutrientes considerados adequados, acima e abaixo dos adequados e deficientes para brotações de *Eucalyptus*, com idade entre 7 e 14 dias, em condição de mini/microjardim clonal.

Nutrientes	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
g kg ⁻¹				
N	> 40	28 – 40	20–28	< 20
P	> 4	2,5 – 4	1,5 – 4	< 1,5
K	> 30	15 – 30	10 – 15	< 10
Ca	> 7	5 – 7	3 – 5	< 3
Mg	> 4	2 – 3	1 – 2	< 1
S	> 2,5	2 – 2,5	1,3 – 2	< 1,3
Micronutriente				
mg kg ⁻¹				
B	> 70	35 – 70	20 – 35	< 20
Cu	> 15	8 – 15	5 – 8	< 5
Fe	> 220	101 – 220	75 – 100	< 75
Mn	> 700	250 – 500	150 – 250	< 150
Zn	> 80	30 – 60	20 – 30	< 20

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T.F.; ROSA, O.P.; GONÇALVES, S.I. Propagação clonal de *Eucalyptus* por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7, Nova Prata, 1992. **Anais**. Santa Maria: UFSM, 1992. p.824.
- BÉLANGER, R.R.; BOWEN, P.A.; EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant disease**, v.79, p.329-336, 1995.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F., ed. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p.127-186.
- CAMPINHOS, E. Propagacion vegetativa de *Eucalyptus* spp. por enraizamento de estacas. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES FORESTALES, 1., Buenos Aires, 1987. **Anais**. Buenos Aires: CIEF, 1987. p.208-214.

- CARMELO, Q.A.C. **Cultivo hidropônico de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27p. (Série produtor rural, 1)
- CASTELLANE, P.D.; ARAUJO, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43p.
- CHÉRIF, M.; BÉLENGER, R.R. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long english cucumber. **Plant disease**, v.76, n.10, p.1008-1011, 1992.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual review of plant physiology and plant molecular biology**, v.50, p.641-664, 1999.
- FIRME, D.J.; HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; LEITE, F.P.; GONÇALVES, A.N. Efeito da pulverização de cloreto de cálcio nas minitouças e no enraizamento das miniestacas de *Eucalyptus* spp. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Resumo expandido**. Santa Maria: SBSC/SBM, 2000. (CD-ROM)
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; FIRME, D.J.; LEITE, F.P.; GONÇALVES, A.N. Influência do estado nutricional da minitouça no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus* spp. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Resumo expandido**. Santa Maria: SBSC/SBM, 2000c. (CD-ROM)
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. A evolução do jardim clonal na produção de mudas. **IPEF notícias**, v.24, n.148, p.4-6, 2000b.
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., ed. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000a. p.192-217.
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; PAULA, T.A.; ZANARDO, C.E.; GONÇALVES, A.N. **Nutrição mineral em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*: concentração, acúmulo de nutrientes em função da idade: relatório interno do IPEF**. Piracicaba: IPEF, 1998. (dados não publicados).
- HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; VALLE, C.F.; BONINE, C.A.V.; BOUCHARDET, J.A.; GONÇALVES, A.N. Efeito da aplicação de nitrogênio na concentração dos nutrientes, na produção e enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* na condição de minijardim clonal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Resumo expandido**. Santa Maria: SBSC/SBM, 2000d. (CD-ROM)
- MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: ProduQuímica, 1994. 153p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 211p.
- MARTINEZ, H.E.P.; BARBOSA, J.G. **O uso de substratos em cultivos hidropônicos**. Viçosa: UFV, 1999. 49p. (Cadernos didáticos, 42).
- PAULA, T.A.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Resumo expandido**. Santa Maria: SBSC/SBM, 2000. (CD-ROM)
- SILVEIRA, R.L.V.A.; BONINE, C.A.V.; HIGASHI, E.N.; VALLE, C.F.; BOUCHARDET, J.A.; GONÇALVES, A.N. Produção de matéria seca, concentração e conteúdo de macro e micronutrientes em brotações de clones de *Eucalyptus* na condição de minijardim clonal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Resumo expandido**. Santa Maria: SBSC/SBM, 2000. (CD-ROM)
- SILVEIRA, R.L.V.A.; CAMARGO, M.A.F.; LUCA, E.F.; LUZ, H.F. Absorção e exportação de macronutrientes pelas brotações de clones de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* em jardim clonal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995a. v.2, p.845-847.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; CAMARGO, M.A.F.; LUCA, E.F.; LUZ, H.F. Absorção e exportação de micronutrientes pelas brotações do clone de *Eucalyptus saligna* – 202 em condições de jardim clonal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995b. v.2, p.848-850.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; BONINI, C.A.V.; VALE, C.F. Concentração e frequência de aplicação da solução nutritiva na produção de miniestacas de *Eucalyptus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Planaltina, 1999. **Anais**. Planaltina: SBSC, 1999. (CD-ROM)
- TEIXEIRA, N.T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86p.
- VITTI, G.C.; OLIVEIRA JUNIOR, F.A.; PRATA, F.; FERRAGINE, M.A.; SILVEIRA, R.L.V.A. **Silício no solo e na planta**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. 90p.
- XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Miniestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista árvore**, v.20, n.1, p.9-16, 1996.
- XAVIER, A.; COMÉRIO, J.; IANELLI, C.M. Eficiência da estaquia, da microestaquia e da micropropagação da clonagem de *Eucalyptus* spp. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Proceedings**. Colombo: EMBRAPA/Cnpf, 1997. v.2, p.40-45.

Circular Técnica IPEF (ISSN 0100-3453) é publicada sem periodicidade regular 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. *Circular Técnica IPEF* divulga conhecimentos técnicos e científicos referentes ao setor florestal. Os objetivos principais são transferência de tecnologia, disseminação de métodos, técnicas e informações importantes para o desenvolvimento das atividades florestais e para a atualização dos profissionais que atuam no setor.

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:

Circular Técnica IPEF
IPEF - ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
13400-970, Piracicaba, SP - Brasil
fone: 55-19-3436-8618
fax: 55-19-3436-8666
E-mail: mmpoggia@esalq.usp.br
<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica>

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

Circular Técnica IPEF (ISSN 0100-3453) teve início em 1979.

Comissão Editorial / Editorial Board

Editora Executiva / Executive Editor

Marialice Metzker Poggiani

Editores Científicos / Scientific Editors

Antonio Natal Gonçalves - ESALQ/USP
Biotecnologia e Melhoramento Florestal / Biotechnology and Tree Improvement

Fábio Poggiani - ESALQ/USP
Ecologia Florestal e Gerenciamento Ambiental / Forest Ecology and Environmental Management

Fernando Seixas - ESALQ/USP
Silvicultura e Manejo Florestal / Silviculture and Forest Management

Ivaldo Pontes Jankowsky - ESALQ/USP
Tecnologia de Produtos Florestais / Forest Products Technology

Editores Associados / Associate Editors

Antonio Carlos da Silva Zanzini - UFLA
Antonio Lelis Pinheiro - UFV
Antonio Riroyei Higa - UFPR
Benedito Rocha Vital - UFV
Edson Seizo Mori - UNESP / Botucatu
Efraim Rodrigues - UEL
Elias Silva - UFV
Elio José Santini - UFSM
Fátima Piña Rodrigues - UFRRJ
Francisco Antonio Rocco Lahr - EESC / USP
Giselda Durigan - Instituto Florestal de São Paulo
Hélio Garcia Leite - UFV
Hélio Grassi Filho - UNESP / Botucatu
Helton Damin da Silva - EMBRAPA / CNPF
Iraê Amaral Guerrini - UNESP / Botucatu
José Gabriel de Lelles - UFV
José Luiz Pereira Rezende - UFLA
José Luiz Stape - Colorado State University / Forest Sciences
Luciano José Minetti - UFV
Luiz Carlos Estraviz Rodriguez - ESALQ / USP
Mário Luiz Teixeira de Moraes - UNESP / Ilha Solteira
Miguel Cooper - ESALQ / USP
Paulo Fernando Trugilho - UFLA
Paulo Roberto Camargo e Castro - ESALQ/USP
Paulo Yoshio Kageyama - ESALQ / USP
Renato Luiz Grisi Macedo - UFLA
Sergius Gandolfi - ESALQ / USP
Solon Jonas Longhi - UFSM
Vera Lex Engel - UNESP / Botucatu

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

Adolpho José Melfi - Reitor

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP)
Júlio Marcos Filho - Diretor
Walter de Paula Lima - Vice-Diretor

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF)

Antônio Joaquim de Oliveira (Duratex S.A.) - Presidente
José Maria de Arruda Mendes Filho - Vice-Presidente

José Otávio Brito (ESALQ/USP) - Diretor Executivo

Sócios do IPEF

Sócios Titulares

Aracruz Celulose S.A.
Bahia Sul Celulose S/A
CAF Santa Bárbara Ltda
Cenibra - Celulose Nipo Brasileira S.A.
Cia Suzano de Papel e Celulose S/A
Desarrollo Forestal S.A. de C.V.
Duratex S/A
Eucatex S/A Indústria e Comércio
Inpacel Agroflorestal Ltda.
Indústrias Klabin de Papel e Celulose
International Paper do Brasil
Jari Celulose S/A
Lwarcel Celulose e Papel Ltda.
Pisa Florestal S/A
Riocell S/A
Ripasa S.A. Celulose e Papel
Votorantim Celulose e Papel S.A.

Sócios Colaboradores

Basf S.A.
Monsanto do Brasil Ltda.
Pecom Florestal

Editoração e Diagramação

Luiz Erivelto de Oliveira Júnior - IPEF
leolivei@esalq.usp.br



INSTITUTO DE PESQUISAS
E ESTUDOS FLORESTAIS