

Matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em mudas de *Eucalyptus grandis* em função da idade

Dry matter, macronutrients concentration and content in *Eucalyptus grandis* seedlings according to the age

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
Edgar Fernando de Luca
Liciania Vaz de Arruda Silveira
Horácio Figueredo Luz

RESUMO: Mudas de sementes de *Eucalyptus grandis* da procedência Bofete, cultivadas no viveiro da Eucatex Florestal, foram coletadas nas idades de 55, 69, 83 e 97 dias, sendo separadas em folhas, caule e raízes. O material vegetal coletado foi acondicionado em saco de papel identificado e levado para secagem em estufa até atingir peso constante. Em seguida, as partes das mudas foram pesadas e analisadas quimicamente para quantificar a produção de matéria seca, acúmulo e as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nas diferentes idades. A distribuição da matéria seca total obedeceu à seguinte ordem decrescente: folha > caule > raízes. As concentrações dos nutrientes nas partes das mudas foram reduzidas com o aumento da idade. Para os macronutrientes na época da expedição, aos 97 dias de idade, verificou-se a seguinte ordem decrescente das concentrações nas partes das mudas: folha > raiz > caule, para N; raiz = caule > folha, para P; folha = raiz = caule, para K; caule > raiz > folha, para Ca; raiz > folha > caule para Mg e S. As concentrações de Cu, Fe e Zn em todas as partes da muda decresceram com o aumento da idade. A seqüência das concentrações dos micronutrientes nas partes da muda na época de expedição foi: raiz > caule = folha, para B; raiz > caule > folha para Cu e Fe; raiz > folha > caule para zinco e folha > caule > raiz, para Mn. O processo de rusticificação das mudas proporcionou redução das concentrações de todos os nutrientes, sendo bastante evidente para N e S e pouco marcante para cálcio. Na época de expedição das mudas, o K foi o macronutriente mais extraído, seguido pelo Ca, N, Mg, P e S. Em relação aos micronutrientes, a ordem de extração foi Mn > Fe > Zn > Cu > B.

PALAVRAS-CHAVE: *Eucalyptus*, Viveiro, Nutrição mineral, Nutriente, Muda

SUMMARY: *E. grandis* seedlings of Bofete progeny, cultivated in nurseries of Eucatex Florestal, were collected at ages of 55, 69, 83, and 97 days, separated into leaves, stem, and roots. The seedlings were then placed in identified paper bags, and oven-dried until weight became constant. They were then weighed and chemically analyzed for the determinate of dry matter production, concentrations and accumulation of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn in the several seedling ages. The distribution of total dry matter weight complied with the following descending order: leaf > stem > roots. Conversely to expectations, the highest concentrations

of nutrients occurred in leaves for N and Mn only. Seedling hardened process resulted in N and S deficiency. The sequence of macronutrient concentration in seedlings at the time of shipment was the following: leaf > root > stem for N; root = stem > leaf for P; leaf = root = stem for K; stem > root > leaf for Ca; root > leaf > stem for Mg and S. All macronutrient concentrations in organs decreased with age, except for Ca. Concentrations of Cu, Fe, and Zn in all seedling specimens decreased with age. The sequence of micronutrient concentrations in seedling specimens at the time of shipment was the following: root > stem = leaf for B; root > stem > leaf for Cu and Fe; root > leaf > stem for Zn, and leaf > stem > root for Mn. At the time of shipment, at 97 days of age, K was the most extracted macronutrient of all, followed in a descending order by Ca, N, Mg, P, and S. At the end of the seedling production rotation, Mn was the most extracted micronutrient, followed by Fe, Zn, Cu, and B.

KEYWORDS: *Eucalyptus*, Nursery, Mineral nutrition, Nutrient, Seedling

INTRODUÇÃO

Na produção de mudas um dos enfoques principais é a qualidade do substrato. Os estudos buscam um meio com características físicas e químicas adequadas para o crescimento da muda, além de considerar aspectos econômicos (Gomes et al., 1977; Campinhos et al., 1984; Gomes et al., 1985.; Gonçalves, 1987; Aguiar et al. 1989; Gomes et al., 1991; Gonçalves e Poggiani, 1996; Bouchardet et al., 1999 e Sgarbi et al., 1999). No entanto, a maioria dos trabalhos sobre adubação e nutrição de mudas de *Eucalyptus* não foi realizada em condições de viveiro e utilizaram o solo como substrato (Rocha Filho et al., 1979; Novais et al., 1979a; Novais et al., 1979b; Novais et al., 1980a; Novais et al., 1980b; Gomes et al., 1982; Goulart et al., 1990). Portanto, raras são as informações sobre adubação e nutrição do *Eucalyptus*, na fase de produção de mudas, usando a casca de *Pinus* como a base do substrato.

Os estudos visando quantificar a concentração e acúmulo de nutrientes nos tecidos vegetais das mudas em diferentes idades são importantes para determinar a dose e a relação adequada dos nutrientes a ser aplicada nas adubações de cobertura, nos diferentes estádios de desenvolvimento da muda. Atualmente, a falta dessas informações faz com que a maior parte dos viveiros florestais padronizem a apli-

cação de fertilizantes, independente da fase de crescimento da muda.

Os objetivos do presente trabalho foram: analisar o crescimento das mudas expresso pela produção de matéria seca, determinar as concentrações e as quantidades acumuladas de nutrientes nos diferentes órgãos da planta em função da idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro comercial da Eucatex S.A., situado no município de Bofete, SP. Foram utilizadas sementes de *E. grandis* da procedência Bofete, as quais foram colocadas para germinar, na quantidade de cinco sementes por células piramidais contidas em bandejas de isopor com as seguintes dimensões: 34 cm de largura, 68 cm de comprimento e 12 cm de altura (cada bandeja tem 128 células, sendo a distância entre o centro de uma célula para outra de 4,25 cm). As bandejas ficaram em canteiros a 1,0 m de altura.

O substrato utilizado foi o produto comercial "Plantmax Florestal" que é constituído de casca de *Pinus* decomposta, casca de arroz carbonizada, vermiculita e perlita, apresentando as seguintes características químicas: pH-CaCl₂ = 5,1; M.O (g dm⁻³) = 458; P-resina (mg dm⁻³) = 440; K (mmol_c dm⁻³) = 4,7; Ca (mmol_c dm⁻³) = 46; Mg (mmol_c dm⁻³) = 39; H+Al (mmol_c

dm^{-3}) = 38; Al ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3; Capacidade de Troca Catiônica ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 128; Saturação por Base (%) = 70; B (mg dm^{-3}) = 3,4; Cu (mg dm^{-3}) = 1,9; Fe (mg dm^{-3}) = 58,2; Mn (mg dm^{-3}) = 30,4 e Zn (mg dm^{-3}) = 21,4. O fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram extraídos pela resina trocadora de íons. O boro foi extraído por água quente e os micronutrientes metálicos pelo DTPA (Van Raij et al, 1987).

A germinação iniciou-se 25 dias após a sementeira, e aos 35 dias, realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta em cada célula.

As adubações foram realizadas aos 30, 40 e 50 dias após a sementeira, através de rega manual com aplicação de 1 litro de solução por bandeja, nas concentrações de 5; 7,5 e 10g de fosfato monoamônio ($\text{NH}_4 \text{H}_2\text{PO}_4$ - 12% de N e 52% de P_2O_5 solúvel em H_2O).

Aos 55, 69, 84 e 97 dias após a sementeira, as mudas foram selecionadas ao acaso e lavadas em água corrente, tendo o cuidado de retirar todo o substrato agregado nas raízes. Em seguida, as mudas foram separadas em folhas, caules e raízes, sendo que cada parte foi acondicionada em saco de papel, colocada em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 70-75°C, até atingir peso constante. Após a secagem, o material foi submetido à moagem em moinho tipo Willey de aço inoxidável.

As amostras moídas foram submetidas às digestões nítrico perclórica e sulfúrica. Nos extratos obtidos, determinou-se o N pelo método semi-micro Kjeldahl; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; P através do método da colorimetria de molibdato vanadato; K por fotometria de chama; S através de turbidimetria do sulfato de bário; o B por colorimetria de azometina H conforme Malavolta et al. (1997).

A parcela experimental foi constituída de 128 mudas (1 bandeja de 8 x 16 células), com bordadura dupla, tendo no total 48 mudas úteis, sendo avaliadas em cada idade 12 mudas. Os parâmetros avaliados foram: peso seco de folhas, raízes e caule; concentração e acúmulo dos nutrientes nas diferentes partes da muda. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos (idade das mudas) repetidos quatro vezes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento

A produção de matéria seca dos diferentes órgãos das mudas foi relacionada com a idade, obtendo-se relação linear para as folhas e quadrática para o caule e as raízes (Figura 1). A produção de matéria seca de caule e das raízes foi equivalente até 69 dias, sendo que nas idades posteriores houve maior produção de MS para o caule. A produção de matéria seca aos 97 dias de idade, obedeceu à seguinte ordem: folhas (47%) > caule (33%) > raízes (20%). Na época de expedição das mudas, aos 97 dias de idade, a quantidade total acumulada de matéria seca foi de 1243,4 mg/muda.

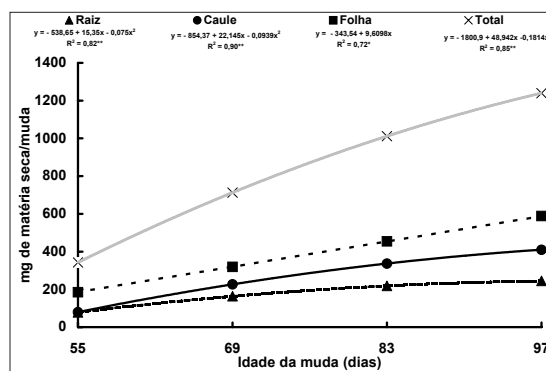


Figura 1

Matéria seca produzida por mudas de *E. grandis* em diferentes idades
(Dry matter of *E. grandis* seedlings at different ages)

Concentração dos macronutrientes nos tecidos vegetais

As concentrações de N nos órgãos das mudas diminuíram consideravelmente com o aumento da idade (Figura 2A). Aos 55 dias, a concentração deste nutriente nas diversas partes da planta foi alta: as folhas apresentavam $33,2 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto as raízes e o caule, $19,9 \text{ g kg}^{-1}$ e $22,3 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Contudo, aos 97 dias, foram bem menores que as observadas aos 55 dias, sendo de (g de N kg^{-1}): 9,7 nas folhas; 4,6 no caule e 6,9 nas raízes. Camargo (1997) também encontrou, na condição de viveiro, queda acentuada na concentração de N com o aumento da idade das mudas clonais de eucalipto. Independente do estágio de crescimento das mudas, as concentrações de N do presente estudo foram inferiores àquelas encontradas por Camargo (1997) em mudas com idades entre 75 e 90 dias. As condições de rustificação impostas às mudas foram mais severas que as de Camargo (1997), principalmente em relação às adubações de cobertura, uma vez que no período de 90 dias, Camargo (1997) realizou dezessete adubações contra somente 3 adubações de MAP no presente estudo.

As concentrações foliares de N na fase entre 55 e 69 dias foram consideradas adequadas conforme Dell et al. (1995), que estabeleceram a faixa adequada entre 25 a $38 \text{ g de N kg}^{-1}$. Porém, na fase de expedição a concentração nas folhas encontrava-se deficiente. Esta deficiência foi provocada pelo manejo adotado na fase de rustificação, com o corte das adubações de cobertura associada à diminuição do fornecimento de água. Essa prática tem sido usualmente utilizada na produção de mudas de *Eucalyptus*, na fase entre 70 a 90 dias de idade, com o objetivo aumentar a resistência das mudas ao estresse do plantio, principalmente hídrico. No entanto, apesar dessa prática aumentar a resistência ao estresse, pode haver

atraso no arranque inicial da muda devido ao baixo estado nutricional de nitrogênio em condições severas de rustificação. Existe a necessidade de uma melhor avaliação desse tipo de manejo no arranque inicial da floresta.

Assim como o N, as concentrações de P nas mudas foram elevadas no início, tanto nas folhas como nas raízes e caule, diminuindo acentuadamente com o aumento da idade (Figura 2B). Na idade de 55 dias, verificaram-se diferenças consideráveis na concentração de P quando se compararam raízes com as folhas e caule. Na época da expedição das mudas, não houve diferença entre raízes e caule para a concentração de P. As concentrações foliares de P obtidas no início do ciclo de produção estavam acima da faixa proposta como adequada ($1,5$ a $2,2 \text{ g kg}^{-1}$) por Dell et al. (1995).

As concentrações de P encontradas nas mudas foram superiores às observadas por Camargo (1997) em mudas de quatro clones de *Eucalyptus* nas idades entre 45 e 90 dias.

Aos 55 dias de idade, os resultados das concentrações de K mostraram que o caule apresentava maior concentração comparativamente as folhas e raízes. No entanto, com o decorrer da idade, as concentrações nos órgãos diminuíram, sendo que aos 97 dias, a concentração de K não variou nas diferentes partes da planta, estando próxima de 12 g kg^{-1} (Figura 2 C). Observou-se ainda, que o K foi o único macronutriente que teve queda linear da concentração nas partes das mudas em função da idade. Ao contrário do N, as concentrações de K na fase de expedição das mudas foram consideradas adequadas conforme Dell et al. (1995), cuja a faixa está compreendida entre 12 e 14 g kg^{-1} .

As concentrações obtidas de K nas folhas estavam próximas das encontradas por Camargo (1997), em mudas de quatro clones de *Eucalyptus*. Aos 90 dias de idade, esse au-

tor obteve concentrações foliares entre 11,1 e 14 g kg⁻¹ em função do clone analisado.

Durante o desenvolvimento da muda, verificou-se que as maiores concentrações de cálcio ocorreram no caule. A concentração de Ca no caule apresentou queda linear em função da idade, sendo que a mesma tendência não foi observada para as folhas e raízes (Figura 2D). Camargo (1997) obteve comportamento similar para a concentração de Ca no caule em função da idade. A concentração foliar aos 97 dias foi de 8,5 g kg⁻¹, muito próxima à observada aos 55 dias, 8,2 g kg⁻¹. Estas concentrações foliares situavam-se próximas da faixa adequada (5 a 8 g de Ca kg⁻¹) segundo Dell et al. (1995). Para as raízes, verificou-se que a concentração nas idades de 69, 83 e 97 dias foi maior quando comparada à de 55 dias. O cálcio foi o único macronutriente que apresentou concentração nas raízes, aos 97 dias, maior que a encontrada aos 55 dias.

As maiores concentrações de magnésio foram encontradas nas raízes, independente da idade da muda (Figura 2E). Na idade de 55 dias, as concentrações foram de (g kg⁻¹): 17,7 nas raízes, 4,2 no caule e 3,2 g nas folhas. A amplitude de variação das concentrações foliares de Mg foram pequenas durante o desenvolvimento da muda, o mesmo não foi verificado para o caule e principalmente para as raízes. Aos 97 dias, a concentração de Mg nas folhas foi 7,4 e 2,5 vezes maior que a encontrada no caule e folhas, respectivamente. Os resultados de concentração de Mg nas raízes foram concordantes àqueles encontrados por Camargo (1997) em dois de quatro clones estudados de *Eucalyptus*. As concentrações foliares de Mg estavam acima da faixa considerada adequada (1,6 a 2,0 g kg⁻¹) segundo Dell et al. (1995). As elevadas concentrações de Mg nas mudas pode-

riam ser explicadas pela presença de vermiculita (20 a 28% MgO, segundo Fassbender, 1980) na composição do substrato utilizado.

As concentrações de S nas diferentes partes das mudas em função da idade apresentaram comportamento semelhante (Figura 2F). As raízes apresentaram maiores concentrações de S quando comparadas ao caule e às folhas. Aos 55 dias, a concentração de enxofre no sistema radicular foi 1,6 e 1,9 vezes maior que aquela obtida nas folhas e caule, respectivamente. A concentração foliar de S aos 97 dias encontrava-se deficiente quando comparada com a faixa proposta como adequada (1,9 a 3,2 g kg⁻¹) por Dell et al. (1995).

A queda acentuada das concentrações de nitrogênio, potássio e enxofre nos tecidos vegetais com o aumento da idade das mudas, é devida ao crescimento das mudas associado à falta de adubações de cobertura após os 50 dias e à dinâmica desses nutrientes no substrato. Pois, os íons NO₃⁻, K⁺ e SO₄⁻² são facilmente lixiviados através da água de irrigação, uma vez que apresentam baixa adsorção aos colóides (Fassbender, 1980; Van Den Driessche, 1984; May, 1984). Essa constatação pode ser explicada ainda pela redução não drástica das concentrações de fósforo, cálcio e magnésio, que apresentam mobilidade mais restrita no substrato quando comparados ao nitrogênio, potássio e enxofre. O fósforo incorpora-se à matéria orgânica e forma compostos com Ca, Fe e Al, sendo também fixado pelos minerais de argila, como a vermiculita, utilizados na composição de substratos (South e Davey, 1983). O cálcio e o magnésio apresentam menor lixiviação quando comparado ao potássio, uma vez que são mais retidos pela matéria orgânica e os minerais de argila (vermiculita), devido à sua maior valência (Fassbender, 1980).

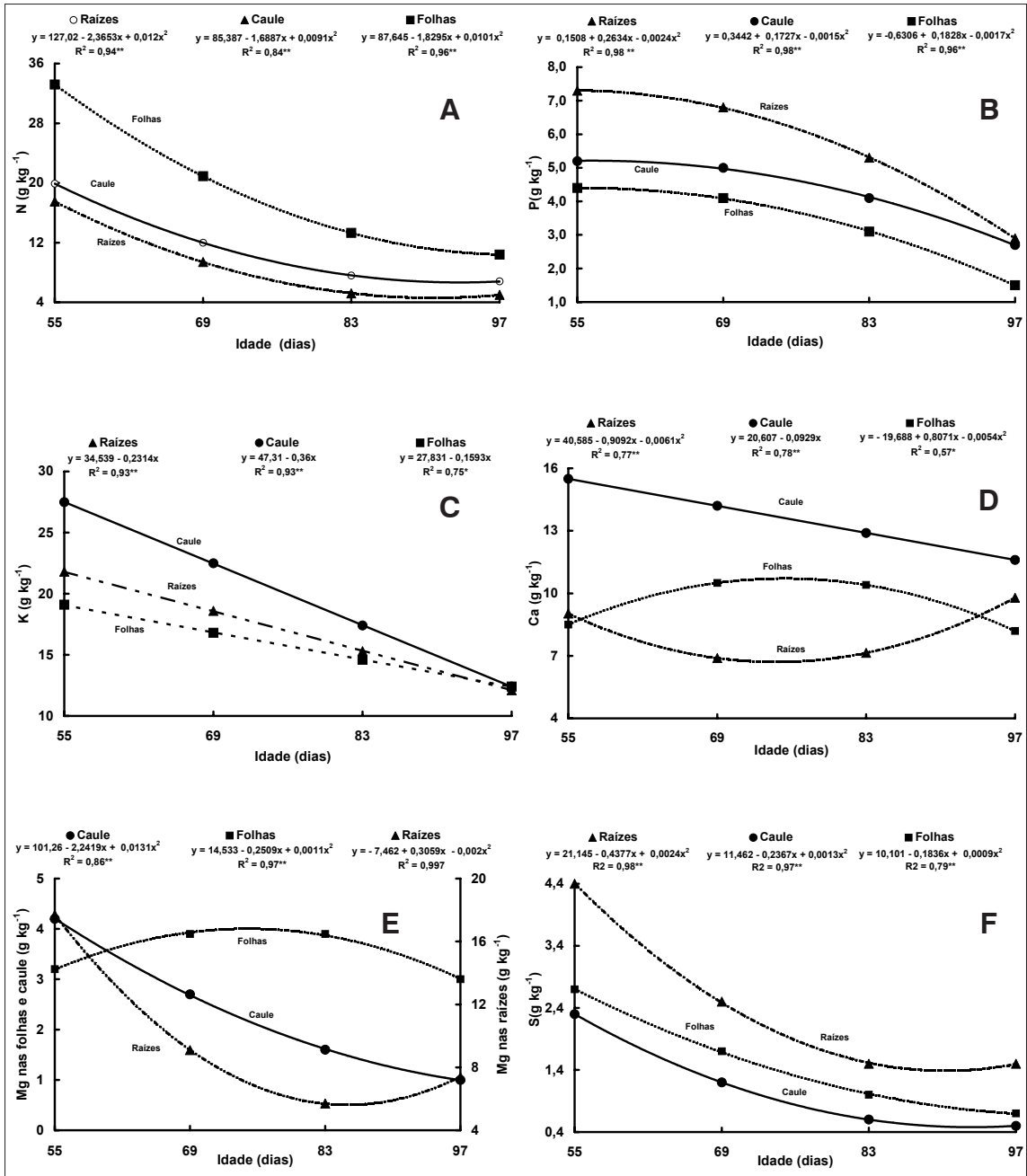


Figura 2

Concentrações dos macronutrientes nas diferentes partes das mudas de *E. grandis* em função da idade. (A: Nitrogênio; B: Fósforo; C: Potássio; D: Cálcio; E: Magnésio e F: Enxofre).

(Macronutrient concentrations at different parts of *E. grandis* seedlings according to the age. (A: Nitrogen; B: Phosphorous; C: Potassium; D: Calcium; E: Magnesium, and F: Sulfur))

O nitrogênio e o enxofre foram os macronutrientes com concentrações deficientes na fase de expedição das mudas. Esse resultado mostra a importância de se realizar adubação de expedição no viveiro e de plantio com esses nutrientes quando as mudas estiverem rustificadas. Isso permitiria a correção dessas deficiências e, conseqüentemente, melhor pegamento e arranque inicial das mudas pós plantio.

A Tabela 1 apresenta os acréscimos ou decréscimos percentuais das concentrações dos nutrientes nos órgãos em função da idade. Os decréscimos percentuais das concentrações dos 55 aos 69 dias foram de 17% em média, sendo que os maiores decréscimos ocorreram para o N e S. Comparando a concentração de nutrientes aos 97 dias com a de 55 dias, verificou-se um decréscimo percentual médio de 53%. De maneira geral, o elemento que mais diminuiu com o desenvolvimento da muda foi S, seguido pelo N, P, Mg, K e Ca. A concentração de Ca nas raízes apresentou acréscimo com o aumento da idade, enquanto que diminuição para o caule.

Concentração dos micronutrientes nos tecidos vegetais

As maiores concentrações de B nas mudas foram observadas em torno de 69 dias de idade (Figura 3A). Neste estágio de crescimento das mudas, as concentrações mais altas foram encontradas nas folhas seguidas das raízes e caule. Na fase de rustificação, verificou-se uma inversão na concentração deste nutriente, sendo que os valores mais elevados foram encontrados nas raízes. O B apresentou comportamento diferente quando comparado aos demais micronutrientes, uma vez que se ajustaram regressões cúbicas para a sua concentração em função da idade.

Tabela 1

Variações percentuais das concentrações dos nutrientes nas mudas de *E. grandis* em função da idade. (Percent variations of nutrient concentrations in *E. grandis* seedlings according to the age)

		Idade (dias)			
		55	69	83	97
N	Folha	100	63	40	31
	Caule	100	54	30	28
	Raiz	100	60	38	34
P	Folha	100	93	70	34
	Caule	100	96	79	52
	Raiz	100	93	73	40
K	Folha	100	88	76	65
	Caule	100	82	63	45
	Raiz	100	85	70	55
Ca	Folha	100	123	122	96
	Caule	100	92	83	75
	Raiz	100	154	134	159
Mg	Folha	100	122	122	94
	Caule	100	64	38	24
	Raiz	100	51	32	42
S	Folha	100	63	37	26
	Caule	100	52	26	22
	Raiz	100	57	34	34
Média		100	83	65	53

As raízes apresentaram concentrações extremamente elevadas de Cu quando comparada às das folhas e caule, em torno de dez vezes maior (Figura 3B). As concentrações de Cu diminuíram acentuadamente com o aumento da idade, principalmente para as folhas e raízes.

As concentrações de Fe nas raízes foram em torno de 20 a 40 vezes maiores que as obtidas nas folhas e caule (Figura 3C). A explicação poderia ser o uso da vermiculita, que contém de 3 a 12% de Fe_2O_3 (Fassbender, 1980), na composição do substrato. Verificou-se que as concentrações nas raízes e no caule decresceram rapidamente dos 55 aos 69 dias de idade, seguidos de pequenos decréscimos dos 69 aos 97 dias. As concentrações de Fe nas folhas, nas idades entre 55 e 83 dias, encontravam-se um pouco acima da faixa estabelecida como adequada por Dell et al. (1995), que variou de 65 a 80 mg de Fe kg^{-1} .

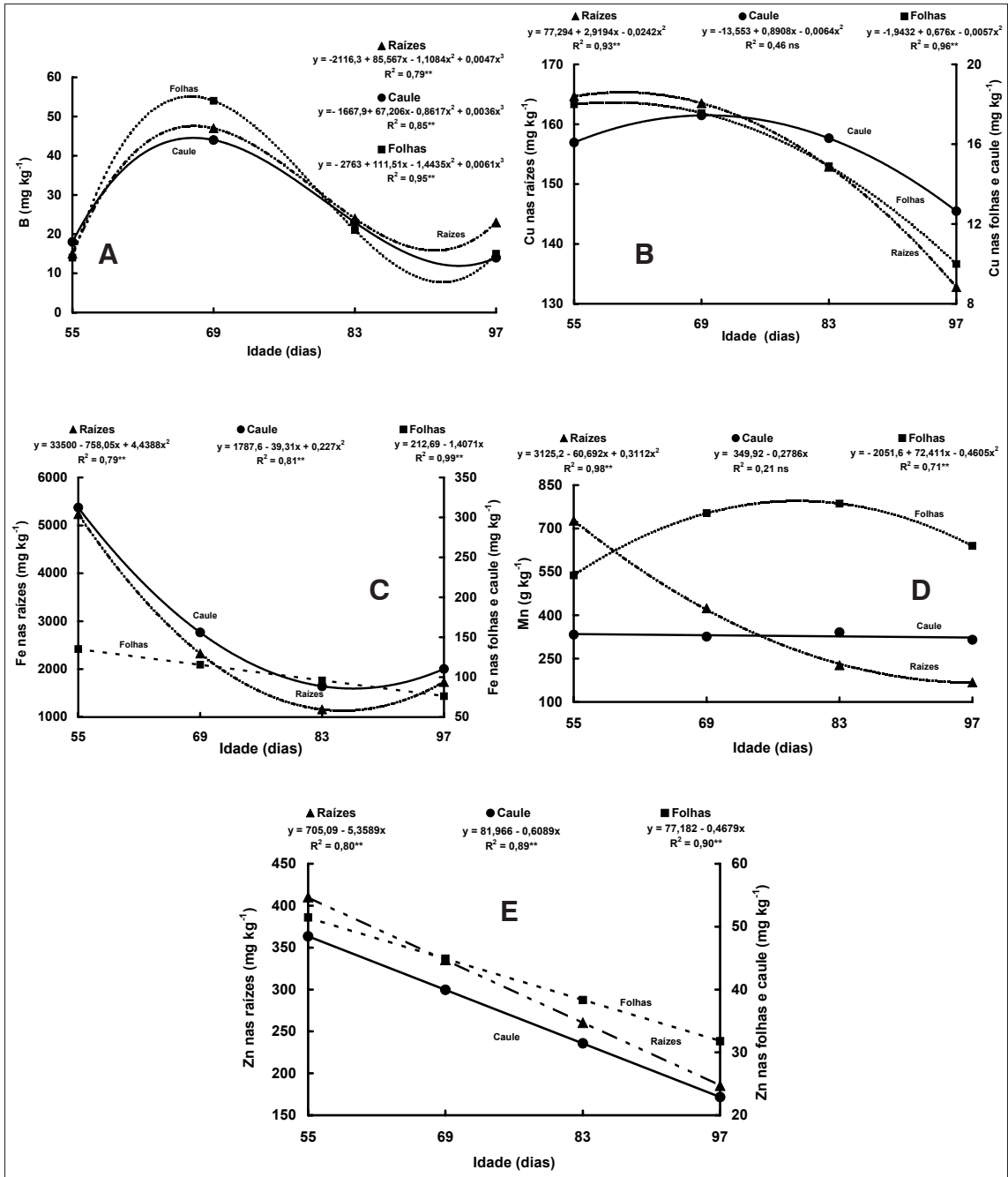


Figura 3
 Concentrações dos micronutrientes nas diferentes partes das mudas de *E. grandis* em função da idade. (A: Boro; B: Cobre; C: Ferro; D: Manganês e E: Zinco).
 (Micronutrient concentrations at different parts of *E. grandis* seedlings according to the age. (A: Boron; B: Copper; C: Iron ; D: Manganese and E: Zinc))

As maiores concentrações de Mn aos 55 dias foram encontradas nas raízes. O contrário foi observado na idade de 97 dias, onde a concentração mais elevada desse micronutriente foi verificada nas folhas, seguida do caule e raízes. As concentrações foliares deste nutriente durante todo o desenvolvimento da muda estavam acima da faixa adequada, segundo Dell et al. (1995), estabelecida entre 50 e 546 mg de Mn kg⁻¹. Nota-se que as concentrações de Mn no caule sofreram pequenas variações durante o desenvolvimento da muda, sendo praticamente constante com o aumento da idade (Figura 3D).

As concentrações de Zn em todas as partes da muda diminuíram linearmente com a idade (Figura 3E). As concentrações mais elevadas foram obtidas nas raízes, independente da idade da muda, chegando a ser de 8 a 10 vezes maiores que aquelas encontradas nas folhas e caule. Verificou-se que a concentração deste nutriente na expedição das mudas foi de (mg kg⁻¹): 31,8 nas folhas, 22,9 no caule e 185,3 nas raízes.

Acúmulo dos macronutrientes nas diferentes partes das mudas

A quantidade máxima acumulada de N ocorreu aos 76 dias de idade (Figura 4A). A partir deste período, verificou-se uma queda no acúmulo total deste nutriente. O total acumulado, aos 97 dias de idade, foi de 7,9 mg/muda, distribuído em 5,1 mg nas folhas (60%), 1,5 mg no caule (20%) e 1,3 mg nas raízes (20%).

O maior acúmulo de fósforo ocorreu quando as mudas tinham 80 dias de idade (Figura 4B). Na idade de 97 dias, o total acumulado foi de 3,16 mg /muda, com 0,88 mg provenientes das raízes (28%), 0,93 mg do caule (29%) e 1,35 mg das folhas (43%).

O maior acúmulo total de K nas mudas foi verificado aos 86 dias de idade (Figura 4C). Na idade de 97 dias, a quantidade total acumulada de potássio foi de 15mg /muda, sendo 46%, 34% e 20% provenientes das folhas, caule e raízes, respectivamente.

O acúmulo de Ca na muda em função da idade, mostrou que, ao contrário do N, P, K e Mg, esse macronutriente apresentou maior quantidade acumulada aos 97 dias (Figura 4D). Nessa idade, o total acumulado foi de 12,4 mg/muda, sendo que as folhas contribuíram com 5,2 mg (42%), o caule com 4,7 mg (38%) e as raízes com 2,5 mg (20%).

O acúmulo de Mg, em função da idade, encontra-se na Figura 4E. O conteúdo dos 55 aos 69 dias foi maior nas raízes, enquanto que dos 83 dias aos 97 dias, nas folhas. A máxima quantidade acumulada ocorreu aos 82 dias de idade. O conteúdo total desse nutriente na época de expedição das mudas foi de 3,5 mg /muda, sendo 49% provenientes das folhas, 40% e 11% das raízes e caule, respectivamente.

O acúmulo de S sofreu variações durante o desenvolvimento da muda (Figura 4F). Constatou-se acentuada queda na quantidade presente nas folhas dos 69 aos 83 dias. A absorção deste nutriente pelas raízes e folhas variou pouco dos 55 aos 69 dias. Aos 97 dias de idade, a quantidade acumulada de S (mg/muda) foi de: 0,6 nas folhas (34% do total), 0,25 no caule (14% do total) e 0,9 (51% do total) nas raízes.

A seqüência do acúmulo de macronutrientes nas folhas, na época de expedição das mudas, foi de : K > N > Ca > Mg > P > S. Para o caule, foi de : K > Ca > N > P > Mg > S. Nas raízes, a ordem foi de : K > Ca > N > Mg³ P > S. Em relação aos macronutrientes, em função da idade, nota-se que na faixa dos 55 aos 69 dias, o N foi o macronutriente que apresentou maior quantidade acumulada. Após esse período, observou-se queda da quantidade acumulada deste nutriente, passando a ter menor conteúdo, quando comparado ao K e Ca. A ordem decrescente de acúmulo total aos 55 dias foi de: N > K > Ca > Mg³ P > S. Para a idade de 69 dias, a seqüência foi de : K > N > Ca > P³ Mg > S. Aos 83 dias, foi K > N³ Ca > Mg³ P > S, enquanto que aos 97 dias, K > Ca > N > Mg³ P > S.

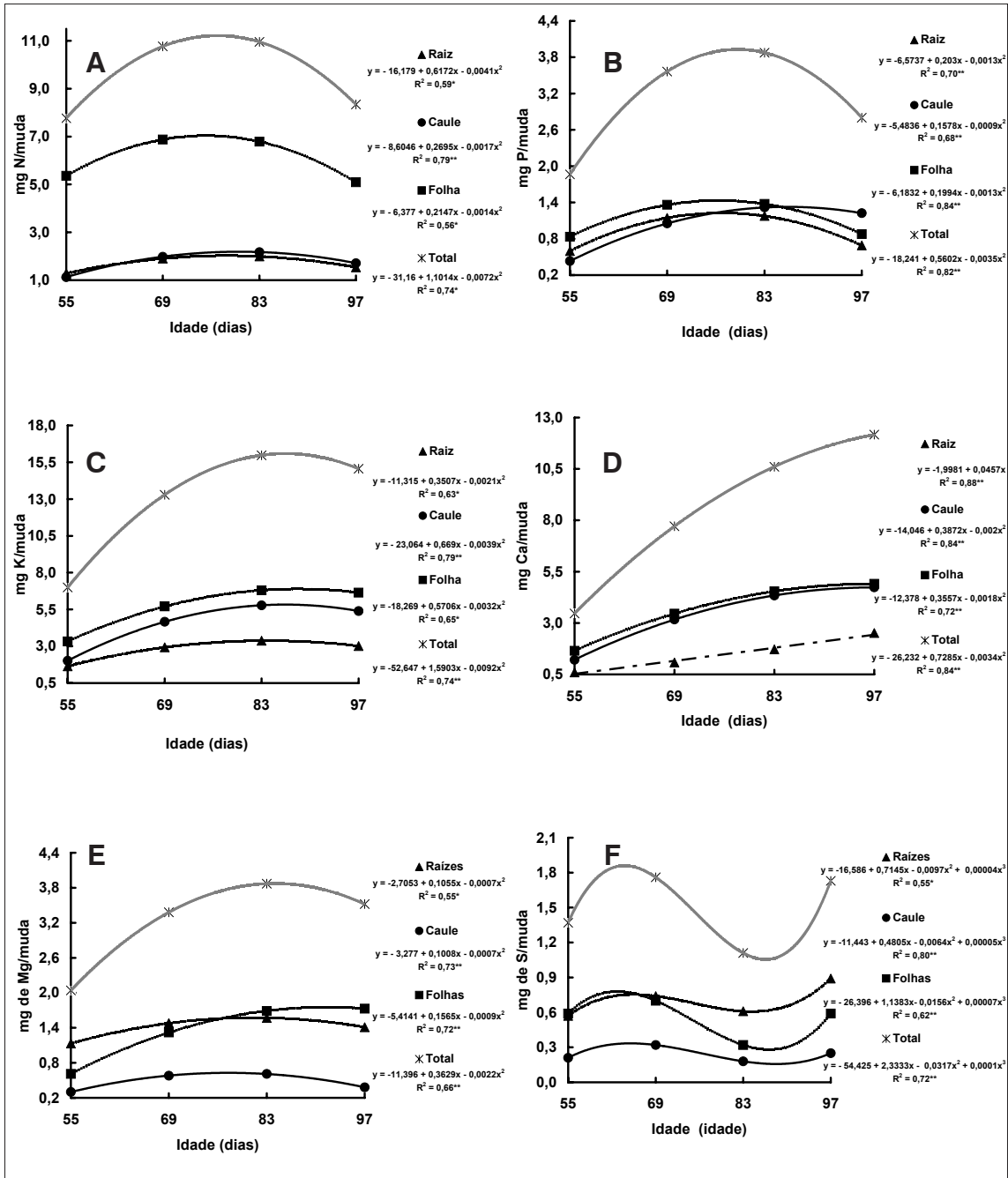


Figura 4

Acúmulo dos macronutrientes nas diferentes partes das mudas de *Eucalyptus grandis* em função da idade (A: Nitrogênio; B: Fósforo; C: Potássio; D: Cálcio; E: Magnésio e F: Enxofre).

(Accumulation of macronutrients at different parts of *Eucalyptus grandis* seedlings according to the age. (A: Nitrogen; B: Phosphorous; C: Potassium; D: Calcium; E: Magnesium and F: Sulfur).

O crescimento da muda resultou em menor porcentagem de nutrientes em relação à matéria seca produzida. A concentração total de nutrientes foi de (g kg^{-1}): 51,3 aos 55 dias; 62,2 aos 69 dias; 47,1 aos 83 dias e 36,3 aos 97 dias. Isto mostra, de forma geral, que o crescimento da muda proporcionou um efeito de diluição na concentração dos nutrientes na ordem de 42% quando se comparou as idades de 69 e 97 dias.

Na Tabela 2 são apresentadas as razões entre as quantidades acumuladas dos macronutrientes nas diferentes idades. A relação N/K aos 97 dias foi praticamente a metade da encontrada aos 55 dias. Esse resultado tem grande importância prática, sugerindo que as adubações de coberturas durante a fase de crescimento (30 aos 70 dias) devem apresentar relação N/K na faixa de 1,0 a 1,5 e, na fase de rustificação (70 aos 100 dias ou quando as mudas atingirem 20 cm de altura), de 1 N para 2 a 3 K (Silveira et al., 2001). O maior fornecimento de N na fase inicial do crescimento é importante pelas funções que esse nutriente desempenha como aumento da área foliar e maior crescimento vegetativo (Marschner, 1995; Malavolta et al., 1997). No entanto, a redução das doses de nitrogênio durante a rustificação é importante para garantir o pegamento e a sobrevivência das mudas após o plantio no campo conforme constatado por Ismael (2001). Além disso, O aumento da dose de potássio com a idade faz com que as mudas se tornem, fisiologicamente, mais capazes de regular suas perdas de umidade, além de facilitar o engrossamento do caule, fatores essenciais para a adaptação das mudas às condições adversas de plantio, principalmente nos períodos de maior estresse hídrico (Gonçalves, 1995).

A diminuição acentuada da razão N/Ca, K/Ca e o aumento da razão Ca/P com a idade, indica que a exigência de Ca aumenta com o crescimento da muda. O cálcio é essencial para a síntese da parede celular na fase secundária

do desenvolvimento e no processo de lignificação (Marschner, 1995; Dunisch et al., 1998). Em termos práticos, o fornecimento de Ca deverá ser maior na fase de rustificação, pois existe a necessidade de maior lignificação do caule, cujo objetivo é aumentar a resistência das mudas ao afogamento de coleto nos solos arenosos em dias de alta temperatura.

Tabela 2

Relações entre as quantidades acumuladas de macronutrientes nas mudas de *Eucalyptus grandis* nas diferentes idades.

(Ratio among the accumulated amounts of macronutrients in the seedlings of *Eucalyptus grandis* in the different ages)

Relações	Idade (dias)			
	55	69	83	97
N/K	1,09	0,79	0,67	0,53
N/P	3,85	2,82	2,57	2,50
N/Ca	2,15	1,35	0,98	0,64
N/Mg	3,99	3,33	2,98	2,56
N/S	5,86	5,97	8,72	4,53
K/P	3,52	3,54	3,85	4,75
K/Ca	1,97	1,70	1,48	1,21
K/Mg	3,65	4,19	4,47	4,85
K/S	5,37	7,50	13,08	8,60
Ca/P	1,79	2,09	2,61	3,92
Ca/Mg	1,86	2,47	3,03	4,01
Ca/S	2,73	4,42	8,86	7,11
Mg/S	1,46	1,79	2,93	1,77

Acúmulo dos micronutrientes nas diferentes partes das mudas

O maior acúmulo de B foi observado aos 69 dias, ocorrendo uma queda acentuada dos 69 aos 83 dias, principalmente para as folhas. O total acumulado aos 97 dias foi de 25,2mg B/muda, sendo 48% proveniente das folhas, 29% das raízes e 23% do caule (Figura 5A).

O maior conteúdo de Cu foi encontrado nas raízes, independente da fase de desenvolvimento da muda (Figura 5B). A quantidade acumulada nas raízes variou de 71% a 78% do total conforme idade da muda. Aos 97 dias, o total acumulado por muda foi de 44 mg de Cu, alocados em 78% nas raízes, 12% nas folhas e 10% no caule.

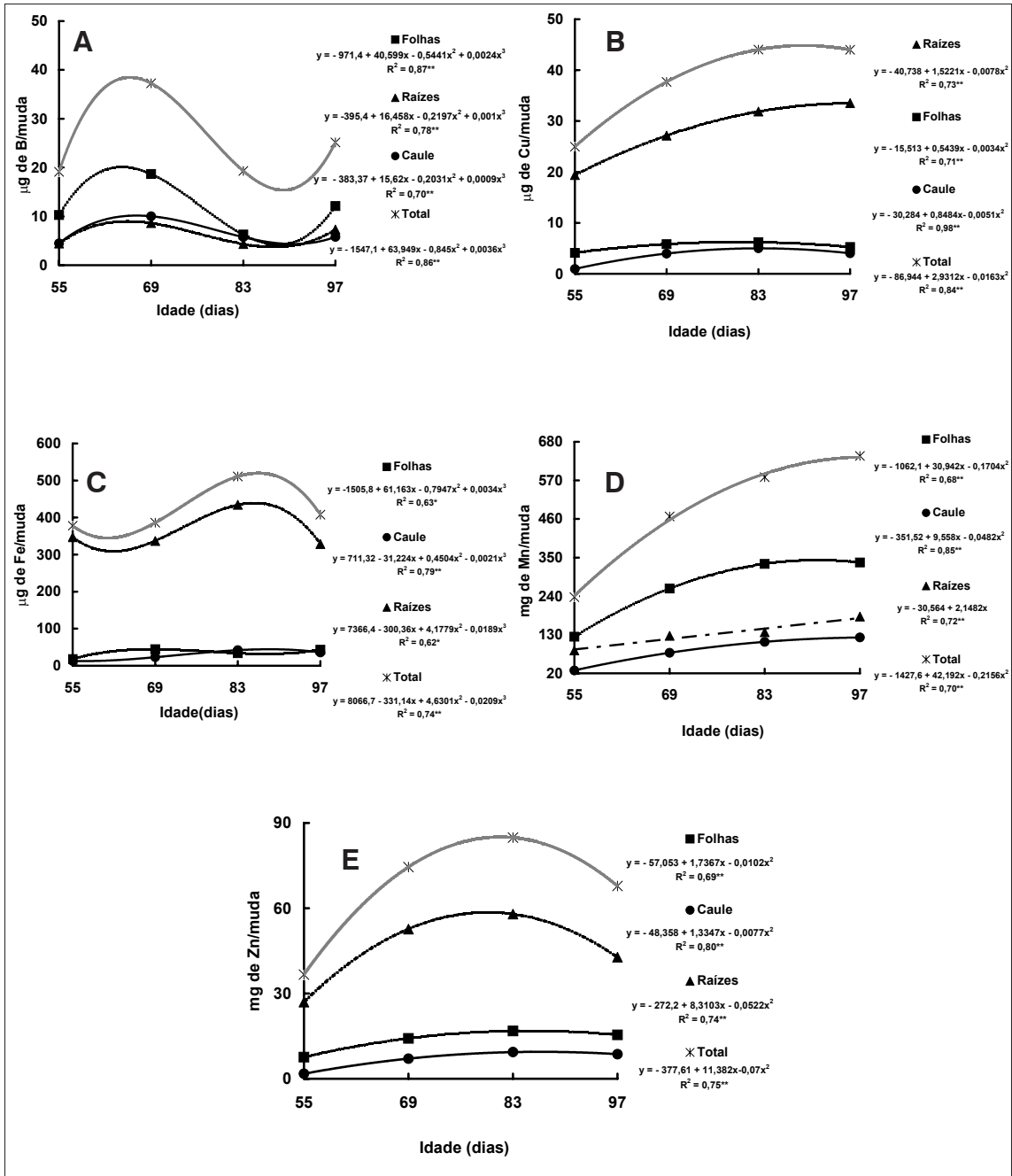


Figura 5

Acúmulo dos micronutrientes nas diferentes partes das mudas de *Eucalyptus grandis* em função da idade (A: Boro; B: Cobre; C: Ferro; D: Manganês e E: Zinco).

(Accumulation of micronutrients at different parts of *Eucalyptus grandis* seedlings according to the age. (A: Boron; B: Copper; C: Iron; D: Manganese, and E: Zinc))

A quantidade máxima acumulada de Fe foi observada aos 83 dias de idade (Figura 5C), sendo que 78% alocados nas raízes. Ao contrário do Fe, a maior quantidade acumulada de Mn foi encontrada nas folhas, independente do estágio de desenvolvimento da muda. O maior acúmulo de Mn ocorreu aos 97 dias de idade, sendo que 53% do total estavam alocados nas folhas.

A mesma tendência observada para o ferro, ocorreu para o zinco, onde a maior quantidade acumulada encontrava-se nas raízes comparada às folhas e ao caule. A máxima quantidade acumulada deste nutriente foi observada aos 81 dias de idade, sendo que 69% do total estava nas raízes.

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho, os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- ✓ A distribuição da matéria seca total obedeceu à seguinte ordem decrescente: folha > caule > raízes;
- ✓ Somente para o N e Mn, as maiores concentrações ocorreram nas folhas, sendo que para os demais nutrientes, no caule ou raízes;
- ✓ As concentrações dos macronutrientes em todos os órgãos diminuíram com a idade das mudas, exceção feita para a concentração de cálcio nas raízes;
- ✓ As concentrações de Cu, Fe e Zn em todas as partes da muda decresceram com a idade;
- ✓ Na época de expedição das mudas, aos 97 dias de idade, o K foi o macronutriente mais extraído, seguido em ordem decrescente pelo Ca, N, Mg, P e S;
- ✓ No final do ciclo de produção de mudas, o Mn foi o micronutriente mais extraído seguido pelo Fe, Zn, Cu e B.

AUTORES

RONALDO LUIZ VAZ DE ARRUDA SILVEIRA é Pesquisador da RRAgroflorestal S/C Ltda. -

Edifício Racz Center - Sala 802 - Rua Alfredo Guedes, 1949 - Piracicaba, SP - 13416-901 - E-mail: ronaldo@rragroflorestal.com.br

EDGAR FERNANDO DE LUCA é Pesquisador do CENA - Centro de Energia Nuclear / ESALQ / USP - Avenida Centenário, 303 - Caixa Postal 96 - Piracicaba - SP - 13400-970

LICIANA VAZ DE ARRUDA SILVEIRA é Professora Doutora do Departamento de Bioestatística - IB/UNESP - Caixa Postal 510 - Botucatu, SP - 18618-000 - E-mail: liciana@ibb.unesp.br

HORÁCIO FIGUEREDO LUZ é Engenheiro Florestal - Eucatex Florestal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I.B.; VALERI, S.V.; BANZATTO, D.A.; CORRADINI, L.; ALVARENGA, S.F. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes. **IPEF**, n.41/42, p.36-43, 1989.
- BOUCHARDET, J.A.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; RIBEIRO, F.A. Crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* em função da relação C/N do substrato. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1999. (CD-ROM)
- CAMARGO, M.A.F. **Matéria seca, concentração e conteúdo de macronutrientes em mudas de clones de eucalipto, em função da idade**. Piracicaba, 1997. 94p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- CAMPINHOS, E.; IKEMORI, Y.K.; MARTINS, F.C.G. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucalyptus* spp. (estaca e semente) e *Pinus* spp. (semente) em recipientes plásticos rígidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, Curitiba, 1984. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1984. p.350-365.
- DELL, B.; MALAJACZUK, N.; GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1995. 104p.
- DUNISCH, O.; BAUCH, J.; MULLER, M.; GREIS, O. Subcellular quantitative determination of K and Ca in phloem, cambium, and xylem cells of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) during earlywood and latewood formation. **Holzforschung**, v.52, n.6, p.582-588, 1998.

- FASSBENDER, H.W. **Química de suelos com ênfasis en suelos de América Latina**. São José: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1978. 398p.
- GOMES, J.M.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Métodos de aplicação de adubo em diferentes solos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista árvore**, v.6, n.1, p.52-63, 1982.
- GOMES, J.M.; BRANDI, R.M.; COUTO, L.; BARROS, N.F. Efeitos de recipientes e substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista árvore**, v.1, n.2, p.167-72, 1977.
- GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.G.; FONSECA, E.P. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em win-strip. **Revista árvore**, v.15, n.1, p.35-42, 1991.
- GOMES, J.M.; COUTO, L.; PEREIRA, A.R. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista árvore**, v.9, n.1, p.58-86, 1985.
- GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. **Documentos florestais**, n.15, p1-23, 1995.
- GONCALVES, J.L.M. Uso de resíduo industrial como substrato para produção de mudas em tubetes na Ripasa Florestal S/A. **Série técnica IPEF**, v.4, n.13, p.18-23, 1987.
- GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substratos para a produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Anais solo/suelo**. Piracicaba: SBSC / SLCS, 1996. (CD-ROM).
- GOULART, R.V.; TEIXEIRA, J.L.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; MACEDO, P.R.O. Respostas de mudas de *Eucalyptus* à calagem. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais**. São Paulo: SBS / SBEF, 1990. v.3, p.456-458.
- ISMAEL, J.J. **Efeitos de doses de nitrogênio e níveis de deficiência hídrica na produção e no desempenho de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. Jaboticabal, 2001. 99p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.
- MAY, J.T. Nutrient and fertilization. In: USDA. **Southern pine nursery handbook**. Asheville: USDA. Forest Service Southern Region, 1984. p.1-41
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; BORGES, E.E.L.; ROCHA, D. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden): 2- efeitos da calagem, do N e do superfosfato simples. **Revista árvore**, v.4, n.1, p.1-13, 1980b.
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; NASCIMENTO, M.B.; BORGES, E.E.L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden): 3- efeitos da calagem, do superfosfato simples e de um fertilizante NPK. **Revista árvore**, v.4, n.2, p.111-123, 1980a.
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; ROCHA, D.; BORGES, E.E.L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden): 1- efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Revista árvore**, v.3, n.2, p.121-134, 1979b.
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; ROCHA, D.; BORGES, E.E.L.; NASCIMENTO, N.B. Calagem e adubação NPK na produção de mudas de eucalipto. **Boletim técnico SIF**, v.2 especial, p.27-66, 1979a.
- ROCHA FILHO, J.V.C.; SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. Efeito da aplicação de fósforo, boro, zinco e calagem na altura e na produção de matéria seca em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill, ex Maiden) cultivados em solos de cerrado. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.36, p.483-492, 1979.
- SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A.; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F.A. Influência da aplicação de fertilizantes de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba: IPEF, 1999. (CD-ROM)
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M.R.A. **Seja o doutor do seu eucalipto**. Piracicaba: Potafos, 2001. 325p.
- SOUTH, D.B.; DAVEY, C.B. The southern forest nursery soil testing program. **Circular. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University**, n.265, p.1-38, 1983.
- VAN DEN DRIESSCHE, R. Soil fertility in forest nurseries. In: DURYEA, M.L.; LANDIS, T.D. Forest nursery manual. Corvallis: Nursery Technology Cooperative / USDA. **Forest Service**, 1984. p.63-74.
- VAN RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, S.A.; BATAGLIA, O.C. **Análises químicas do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.