

MODELOS PARA A QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E NUTRIENTES NO TRONCO DE *Eucalyptus grandis* (Hill ex- Maiden)
MODELS FOR THE QUANTIFICATION OF BIOMASS AND NUTRIENTS ON THE TRUNK OF *E. grandis*

Silva, H.D. da¹; Bellote, A.F.J.¹; Ferreira, C.A.¹; Reissmann, C.B.²; Gava, J.L.³.

INTRODUÇÃO

A análise de solo é ineficaz no monitoramento do estado nutricional das árvores, pois a existência do nutriente no solo não significa que a planta está sendo adequadamente suprida. A disponibilidade dos nutrientes às plantas está ligada a quantidade de água no sistema, da aeração, da temperatura e dos microorganismos do solo e da eficácia do sistema radicular (RAIJ, 1981).

Neste aspecto, o uso de amostras de tecidos vegetais aparece como forma valiosa para o estudo das relações entre o crescimento e o nível nutricional das plantas. No entanto, diversos fatores podem alterar os teores de nutrientes do tecido vegetal. Dentre eles, podem ser citados os critérios de amostragem (LAVENDER & CARMICHAEL, 1966); a posição do material vegetal nos compartimentos das árvores, a época de coleta e idade do material amostrado (EVANS, 1979; SILVA, 1983; e BELLOTE, 1990).

As folhas não são a única parte da planta capaz de refletir o estado nutricional das árvores, mas elas têm sido recomendadas e utilizadas no monitoramento nutricional para a maioria dos elementos (SMITH, 1962). As concentrações de nutrientes em outras partes como o tronco, a casca e os galhos têm sido utilizadas para os cálculos de exportações e estudos de eficiência de utilização dos nutrientes. Alguns estudos consideram as diferenciações no tronco entre o cerne e o alborno (FERREIRA *et al.*, 1993) e, entre a casca e alborno (SILVA *et al.*, 1983).

Variações nas concentrações de nutrientes dentro de um mesmo compartimento vem sendo detectadas, por exemplo no sentido base-topo das árvores (ATTIWILL, 1979) e no sentido radial (FERREIRA *et al.*, 1993). Estas variações evidenciam a necessidade da quantificação na proporção cerne/alborno, para que as inferências sobre imobilizações e translocações de nutrientes no lenho

considerem a representatividade de cada componente.

A distribuição e acúmulo de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores de *Eucalyptus*, em plantios puros, vêm sendo estudados com maior grau de interesse no Brasil, a partir da década de 80. Estes estudos têm sido úteis aos cálculos de exportação de nutrientes do sítio (BELLOTE, 1979); na identificação de espécies mais eficientes na utilização de nutrientes (SILVA *et al.*, 1983) e na avaliação do uso intensivo de galhos e casca como combustível, e sua influência no balanço nutricional do ecossistema florestal (PEREIRA *et al.*, 1984). Além disso, o conhecimento da quantidade de nutrientes imobilizados nos diferentes compartimentos das árvores de *Eucalyptus* torna-se útil na determinação da rotação, no balanço nutricional do sistema e nas determinações das quantidades mínimas a serem repostas ao solo, para manter a produtividade do sítio, Reis *et al.* (1987)

A definição do material a ser amostrado e as suas relações com o conteúdo de nutrientes de cada compartimento assume importância fundamental, pois a exatidão das estimativas efetuadas depende da precisão da amostragem. Neste sentido, os objetivos deste trabalho foram: Desenvolver uma metodologia que proporcione a melhoria da precisão de amostragem para a quantificação de nutrientes, nos diferentes compartimentos das árvores de *Eucalyptus grandis*; e selecionar modelos matemáticos que permitam a estimativa indireta do acúmulo e exportação da biomassa (volume e peso) e nutrientes em diferentes estágios do ciclo de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram obtidas em plantios de *E. grandis* de 3, 5 e 7 anos de idade com espaçamento 3x2 m, situada em terras da Companhia Suzano de Papel e Celulose S.A., localizadas no município de Itatinga-SP. Foram

amostradas 45 árvores por idade, sendo quinze árvores dominantes, quinze codominantes e quinze dominadas, conforme proposição de ZOETTL & TSCHINKEL (1971).

Para a amostragem do tronco, coletaram-se discos a cada metro, a partir da base, incluindo o diâmetro à altura do peito (DAP), até a altura comercial, definida pelo diâmetro mínimo de 4cm. Foram medidos, os diâmetros de cada disco, com casca e sem casca e os diâmetros do cerne, quando este se fazia presente. A densidade básica de cada subcompartimento foi determinada em cada secção do tronco, pelo método da balança hidrostática, segundo as normas da ABCP M14/70 e tomadas amostras de todas as secções para a determinação dos teores de nutrientes.

O volume total da árvore (cerne, albarno e casca) foi calculado segundo SILVA, (1996). Os conteúdos de nutrientes na casca, albarno e cerne foram determinados, tomando-se como referência o peso do torete e a concentração dos nutrientes nos discos da base de cada torete. Assim, o conteúdo de nutrientes do segmento da base da árvore, compreendeu os totais de nutrientes da base até 1,00 m de altura, considerando os teores de nutrientes presentes no disco da base como representativos deste segmento. Este procedimento foi efetuado para todos os segmentos.

Os conteúdos de nutrientes da casca, albarno e cerne, em cada segmento do tronco foram calculados a partir do peso de cada um desses subcompartimentos e multiplicado pela concentração de nutrientes presentes na amostra do segmento. O conteúdo de nutrientes total da casca, albarno e cerne foi expresso pela somatória dos conteúdos de nutrientes de cada segmento do tronco.

Os modelos matemáticos foram obtidos após a definição das melhores correlações e das análises de regressão, para estimar a

biomassa e o conteúdo de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores, aos 3, 5 e 7 anos de idade, bem como o local na árvore onde a amostragem deve ser efetuada, considerando a possibilidade de uma amostragem não destrutiva e em pontos de fácil acesso nas árvores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na colheita florestal tradicional, o tronco, composto pela casca, albarno e cerne, é o componente que mais contribui na exportação dos nutrientes do sítio. Na Tabela 1, podemos observar o conteúdo de nutrientes nos principais compartimentos das árvores de *E. grandis*, aos três, cinco e sete anos de idade.

O acúmulo de biomassa no tronco, foi mais expressivo entre o terceiro e o quinto ano (222,51 %), do que do quinto para o sétimo ano (20,27%) do peso seco do tronco. Este incremento menor, provavelmente está relacionado com o aumento da competição estabelecida entre árvores.

Destaca-se também, um acúmulo crescente do 3º para o 7º ano dos nutrientes cálcio, potássio e fósforo. Observa-se, também, estabilização no conteúdo de nitrogênio e de diminuição do magnésio no tronco do quinto para o sétimo ano, indicando possivelmente migração desses nutrientes para os tecidos mais novos, ou uma diminuição na sua demanda com o aumento da idade.

Acúmulo de Nutrientes na Casca

Os modelos matemáticos que estimam o conteúdo de nutrientes na casca de *E. grandis*, nas idades de três, cinco e sete anos são apresentados na Tabela 2.

Na estimativa dos conteúdos totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na casca aos três anos, foram utilizados como variáveis independentes, os conteúdos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio

TABELA 1. Acúmulo de nutrientes(g) e peso da biomassa(g) por árvore, no tronco (casca, albarno e cerne) de *E. grandis*, nas idades de 3, 5 e 7 anos.

Idade/anos	N	P	K	Ca	Mg	Biomassa
3	44,5	5,48	43,86	44,92	11,68	38813,00
5	78,51	10,64	55,95	86,98	28,45	88810,83
7	78,14	18,39	67,07	107,91	23,16	106811,22

de um segmento da casca, especificado na tabela 3. O coeficiente de determinação (R^2), para os modelos que estimaram os nutrientes foram superiores a 0,96 e o maior valor do erro padrão da estimativa foi 18,51, nas idades de três anos, considerados aceitáveis para a natureza deste trabalho.

As variáveis independentes utilizadas nas estimativas dos conteúdos totais dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da casca, aos 5 anos de idade, utilizaram, respectivamente, os conteúdos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio de um ou mais segmentos da casca, especificados na tabela 3. Observou-se, que os erros padrões das estimativas e coeficientes de determinação dos modelos que estimaram os conteúdos de nutrientes na casca apresentaram valores que dão confiabilidade aos modelos.

Como variáveis independentes utilizadas nas estimativas dos conteúdos totais dos nutrientes da casca, aos 7 anos de idade (Tabela 2), foram utilizados respectivamente, os conteúdos de nitrogênio de um segmento da casca, para a determinação do conteúdo total de nitrogênio, fósforo e potássio. O conteúdo de cálcio e magnésio na casca, foram estimados a partir do conteúdo de cálcio e magnésio de um segmento da casca. Estes segmentos estão especificados na Tabela 3.

A representatividade do nitrogênio como variável independe nos modelos que estimaram o nitrogênio e o fósforo, no quinto ano e o nitrogênio, o fósforo e o potássio, no sétimo ano, guardadas as devidas proporções, hipoteticamente estão relacionadas às relações N/P e N/K mencionadas por SCHÖNAU & HERBERT (1982).

TABELA 2. Equações para determinação indireta dos nutrientes(g), acumulados na casca das árvores de *E. grandis*, aos três, cinco e sete anos de idade e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro padrão da estimativa (S_{xy}).

NUTRIENTES/EQUAÇÕES		R^2	S_{xy} %
3 ANOS			
NITROGÊNIO	$10,2536 * N_{1m}$	0.9847	12.81
FÓSFORO	$8,7925 * P_{1m} + 10,1343 * P_{1,3m}$	0.9689	18.51
POTÁSSIO	$41,7454 * K_{1,3m}$	0.9930	8.89
CÁLCIO	$24,3941 * Ca_{1,3m}$	0.9865	12.39
MAGNÉSIO	$8,8574 * Mg_{1m}$	0.9872	11.98
5 ANOS			
NITROGÊNIO	$85,8013 * N_{1,3m}$	0.9508	23.30
FÓSFORO	$9,9600 * N_{1,3m}$	0.9879	17.08
POTÁSSIO	$52,4622 * K_{1,3m}$	0.9043	14.80
CÁLCIO	$4,7158 * Ca_{base}$	0.9555	22.33
MAGNÉSIO	$11,2591 * Mg_{1m}$	0.9470	23.42
7 ANOS			
NITROGÊNIO	$50,9402 * N_{1,3m}$	0.9843	12.92
FÓSFORO	$2,7638 * N_{1,3m} + 13,3973 * N_{1m}$	0.9809	14.25
POTÁSSIO	$6,4473 * N_{1,3m} + 31,2538 * N_{1m}$	0.9572	21.16
CÁLCIO	$4,9205 * Ca_{1m} + 18,0455 * Ca_{1,3m}$	0.9859	13.52
MAGNÉSIO	$48,0414 * Mg_{1,3m}$	0.9697	18.16

O eucalipto é um gênero que, comparativamente, aloca poucos nutrientes na casca, sendo 10% de N, 20% de P e 25% de K, em relação ao total de nitrogênio, fósforo e potássio presentes nas folhas. No entanto, dependendo das espécie, pode acumular na casca, 39 a 48% do cálcio em relação ao total da copa. Apesar de acumular menos nutrientes móveis, a casca os armazena principalmente na forma de compostos solúveis, que são fundamentais para o desenvolvimento de ramos novos (BOWEN & NAMBIAR, 1984).

A casca, como sítio de armazenamento, apesar de apresentar o menor peso entre os componentes do tronco, acumula em seus tecidos, maiores quantidades de cálcio e magnésio do que o alburno e o cerne. O acúmulo de cálcio na casca é mais acentuado do terceiro para o quinto ano, do que do quinto para o sétimo ano (Tabela 4). Esta tendência também é observada, em menor escala, para o potássio e para o fósforo.

Observa-se na Tabela 4 que o acúmulo de biomassa de casca foi significativamente menor do que a biomassa de tronco (Tabela 1), respectivamente para as idades 3, 5 e 7 anos. Representando, respectivamente, 10,39%, 8,04% e 7,46% da biomassa do tronco, nas idades citadas.

O magnésio e o nitrogênio apresentaram comportamento semelhante na forma de

acúmulo na casca, sendo maior do terceiro para o quinto ano, fato este que pode estar associado à mobilidade destes elementos no tecido vegetal, e também a um acréscimo da quantidade de tecido morto na casca. O fósforo apresentou um acúmulo crescente com a idade.

Acúmulo de Nutrientes no Alburno

Os modelos matemáticos que estimaram os conteúdos totais de nutrientes no alburno de *E. grandis*, aos 3, 5 e 7 anos de idade, estão apresentados na tabela 5. Nesta estimativa, os conteúdos totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no alburno foram determinados a partir dos conteúdos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, respectivamente, de um segmento do alburno, apresentados na tabela 6.

O acúmulo de cálcio e magnésio na casca de *E. grandis* foi maior do que no alburno, aos 3, 5 e 7 anos de idade. O magnésio e o nitrogênio mostraram comportamento semelhante na forma de acúmulo na casca, sendo maior no quinto ano. Os conteúdos de nitrogênio, fósforo e potássio foram maiores no alburno do que na casca.

Os modelos ajustados para as estimativa dos conteúdos de nutrientes no alburno (Tabela 5) apresentaram coeficientes de determinação (R^2) altos, e erros padrões da estimativa baixos, que expressam confiabilidade aos modelos.

TABELA 3. Segmentos da casca utilizados para a estimativa dos conteúdos totais dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg na casca, conforme modelos da tabela 2, nas idades de 3, 5 e 7 anos.

NUTRIENTES	SEGMENTO DO CASCA		
	AOS 3 ANOS	AOS 5 ANOS	AOS 7 ANOS
Nitrogênio	1,0 - 1,3 m	1,3 - 2,0 m	1,3 - 2,0 m
Fósforo	1,0 - 1,3 e 1,3 - 2,0 m	1,3 - 2,0 m	1,0 - 1,3 e 1,3 - 2,0 m
Potássio	1,3 - 2,0 m	1,3 - 2,0 m	1,0 - 1,3 e 1,3 - 2,0 m
Cálcio	1,3 - 2,0 m	base - 1,0 m	1,0 - 1,3 e 1,3 - 2,0 m
Magnésio	1,0 - 1,3 m	1,0 - 1,3 m	1,3 - 2,0 m

TABELA 4. Acúmulo de nutrientes (g) e peso (g) da biomassa por árvore, na casca, nas idades de 3, 5 e 7 anos.

Idade/anos	N	P	K	Ca	Mg	peso
3	14,15	2,26	11,81	33,07	6,27	4146,89
5	23,42	4,1	17,18	64,15	13,77	7136,94
7	21,22	8,61	20,48	77,14	12,08	7971,93

Todos os modelos foram significativos aos nível de $p < 0,01\%$ e a distribuição gráfica dos resíduos não apresentou tendenciosidade na sua distribuição.

Na tabela 6, encontram-se os segmentos do alburno cujos conteúdos de nutrientes foram determinados, para comporem as variáveis independentes dos modelos.

Os modelos que estimaram os conteúdos de cálcio, potássio, nitrogênio e magnésio no alburno Tabela 5, foram mais precisos do 3º para o 7º ano. Isto pode estar associado de que nas idades estudadas, o acúmulo de nutrientes nas árvores, é máximo aos sete anos. Além disso, os parâmetros distribuição dos resíduos, coeficiente de determinação e

erro padrão da estimativa, que determinam a confiabilidade dos modelos foram maiores à medida que a quantidade de nutrientes na biomassa aproximou-se do valor máximo acumulado em uma rotação de sete anos.

Comparando-se a biomassa do tronco (Tabela 1) com a biomassa do alburno (Tabela 7) observa-se que o alburno representa 88,50%, 58,24% e 56,44% da biomassa total do tronco, respectivamente aos 3, 5 e 7 anos de idade, e que a proporção da biomassa tronco: alburno aumentou com a idade, notadamente entre o 3º e 5º ano, fato que pode ser atribuído ao incremento da biomassa do cerne a partir do terceiro ano.

Os conteúdos de nitrogênio, fósforo e

TABELA 5. Equações para estimativa dos nutrientes (g) acumulados no alburno das árvores de *E. grandis*, aos três, cinco e sete anos de idade.

NUTRIENTES/EQUAÇÕES	R ²	S _{XY} %	F
3 anos			
NITROGÊNIO 35.7751 * N _{1 m}	0.9834	13.33	591.99
FÓSFORO 39.0684 * P _{1.3 m}	0.9836	14.83	541.07
POTÁSSIO 38.1580 * K _{1.3 m}	0.9841	14.08	555.61
CÁLCIO 6.6860 * Ca _{base}	0.9761	17.88	367.36
MAGNÉSIO 35.6887 * Mg _{1.3 m}	0.9745	17.71	344.33
5 anos			
NITROGÊNIO 14.3834 * N _{1 m}	0.9806	14.55	505.33
FÓSFORO 68.1484 * P _{1.3 m}	0.9781	16.70	385.75
POTÁSSIO 12.1259 * K _{1 m}	0.9808	14.63	511.86
CÁLCIO 8.8852 * Ca _{base}	0.9475	23.89	163.29
MAGNÉSIO 52.9199 * Mg _{1.3 m}	0.9849	12.92	651.73
7 anos			
NITROGÊNIO 6.8581 * N _{1.3 m} + 33.2438 * N _{1 m}	0.9929	8.48	701.99
FÓSFORO 27.2632 * P _{base} + 30.9341 * P _{1.3 m}	0.8721	21.71	31.19
POTÁSSIO 13.5624 * K _{1 m}	0.9922	9.36	1149.01
CÁLCIO 15.3568 * Ca _{1 m}	0.9823	14.18	500.16
MAGNÉSIO 54.2122 * Mg _{1.3 m}	0.9874	11.97	702.80

TABELA 6. Segmentos do alburno utilizados para a estimativa dos conteúdos totais dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg no alburno, nas idades de 3, 5 e 7 anos.

NUTRIENTES	Segmento do alburno		
	aos 3 anos	aos 5 anos	aos 7 anos
NITROGÊNIO	1,0 - 1,3 m	1,0 - 1,3 m	1,0 - 1,3 e 1,3 - 2,0 m
FÓSFORO	1,3 - 2,0 m	1,3 - 2,0 m	1,0 - 1,3 e 1,3 - 2,0 m
POTÁSSIO	1,3 - 2,0 m	1,0 - 1,3 m	1,0 - 1,3 m
CÁLCIO	base - 1,0 m	base - 1,0 m	1,3 - 2,0 m
MAGNÉSIO	1,3 - 20 m	1,3 - 2,0 m	1,0 - 1,3 m

potássio foram maiores no alburno (Tabela 7) do que na casca (Tabela 4). O acúmulo de nitrogênio no alburno, aos três, cinco e sete anos, foi respectivamente 2,14; 1,64 e 1,95 vezes maior do que na casca. O potássio acumulou-se no alburno 2,7 vezes a mais no terceiro ano e 2,1 vezes a mais no quinto e sétimo ano (Tabela 7), do que na casca (Tabela 8).

O nitrogênio acumulou-se continuamente ao longo da rotação, os modelos apresentam boa precisão nas três idades avaliadas, principalmente aos sete anos de idade quando o acúmulo foi máximo.

Acúmulo de Nutrientes no Cerne

Os modelos ajustados para as estimativas

de conteúdos dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio no cerne (Tabelas 8), apresentam coeficientes de determinação (R^2) altos, sendo que os menores valores foram observados para o cálcio, aos três anos (0,96) para o potássio, aos 5 anos (0,98) e para o fósforo, aos 7 anos (0,99).

O erro padrão da estimativa dos conteúdos de nutrientes do cerne foi baixo para todos os nutrientes, principalmente no 5º e 7º anos, com exceção dos modelos que estimam o cálcio e o nitrogênio, na idade de três anos e o potássio aos 5 anos.

Na tabela 9, estão os segmentos do cerne que tiveram seus conteúdos de nutrientes determinados para comporem as variáveis independentes dos modelos.

TABELA 7. Acúmulo de nutrientes(g) e peso da biomassa(g) por árvore, no alburno, nas idades de 3, 5 e 7 anos.

Idade/anos	N	P	K	Ca	Mg	Biomassa
3	30,31	3,22	32,03	11,83	5,41	35714,89
5	38,44	5,96	35,97	11,66	10,77	51719,89
7	41,31	9,19	43,37	14,43	7,79	60280,28

TABELA 8. Equações para determinação indireta dos nutrientes acumulados no cerne das árvores de *E. grandis*, aos três anos de idade, e respectivos coeficientes de determinação (R^2), erro padrão da estimativa (S_{xy} %) e valores de F da análise de regressão.

	Nutrientes/Equações	R^2	S_{xy} %
3 anos			
NITROGÊNIO	$4.6722 * N_{1.3m}$	0.9738	17,03
FÓSFORO	$4.7796 * P_{1.3m}$	0.9795	14,49
POTÁSSIO	$7.5584 * K_{base} + 3.1887 * K_{1.3m}$	0.9852	10,56
CÁLCIO	$4.4865 * Ca_{1.3m}$	0.9626	18,00
MAGNÉSIO	$0,1705 * Mg_{base} + 1,5451 * Mg_{1.3m}$	0.9857	2,10
5 anos			
NITROGÊNIO	$33.2659 * N_{1.3m}$	0.9924	9,27
FÓSFORO	$33.4577 * P_{1.3m}$	0.9935	8,91
POTÁSSIO	$7.3175 * K_{base}$	0.9844	15,35
CÁLCIO	$34.5843 * Ca_{1.3m}$	0.9947	7,40
MAGNÉSIO	$9,9419 * Mg_{1.3m}$	0.9950	8,20
7 anos			
NITROGÊNIO	$35.5906 * N_{1.3m}$	0.9933	9,11
FÓSFORO	$35.1882 * P_{1.3m}$	0.9922	9,81
POTÁSSIO	$- 2,7928 * K_{base} + 48,7976 * K_{1.3m}$	0.9949	5,53
CÁLCIO	$36.0385 * Ca_{1.3m}$	0.9938	9,16
MAGNÉSIO	$35.7885 * Mg_{1.3m}$	0.9926	7,82

Ressalta-se que os modelos que estimam os conteúdos de nutrientes no cerne foram significativos ao nível de $p \leq 0,01$, no entanto, a representação gráfica dos resíduos, apresentou tendenciosidade em sua distribuição, onde a formação do cerne foi significativa. Observou-se, também, que os R^2 possuem valores maiores nas idades de 5 e 7 anos, e que os valores de $S_{xy} \%$, nessas mesmas idades, são conseqüentemente menores. Este fato possivelmente está associado ao conteúdo de nutrientes que é menor em função das características dos tecidos, que não apresentam atividade fisiológica, e ao deslocamento dos nutrientes mais moveis para outros tecidos mais ativos, notadamente a partir do 5º ano.

Observa-se na Tabela 10 que a biomassa do cerne produzida até o terceiro ano não é expressiva. As avaliações da biomassa do cerne, nesta idade, são significativas apenas nas árvores de diametro à altura do peito maiores do que 13 cm (BELLOTE *et al.* 1993).

A análise da quantidade de nutrientes acumulados no cerne (Tabela 10) e no alburno (Tabela 8), destaca que o cerne acumula em média, menos nutrientes do que o alburno chegando a 2,3 vezes menos nitrogênio e 2,75 e 2,37 vezes menos magnésio, respectivamente no 5º e 7º ano. Este fato sugere que os

nutrientes são deslocados para o alburno, por ocasião da formação do cerne. Pode-se supor que N, P e K deslocam-se da madeira convertida em cerne, como acontece nas folhas velhas e senescentes, onde, segundo MARSCHNER, (1995), há uma migração dos nutrientes para os galhos, sendo posteriormente reutilizados na formação e desenvolvimento de novas brotações.

As maiores diferenças no acúmulo de nutrientes entre o cerne e o alburno estão nos conteúdos de potássio que são maiores no alburno no sétimo ano, implicando em uma menor exportação. No sétimo ano o cerne representa 63,97% do volume do alburno, cujo conteúdo de potássio é menor do que aquele presente no 5º ano.

O cerne representa 0,14%, 57,91% e 63,96% da biomassa do lenho, respectivamente aos 3, 5 e 7 anos. Com relação ao sétimo ano o cerne acumula 15,61 g de nitrogênio; 0,59 g de fósforo; 3,22 g de potássio; 13,34 g de cálcio e 3,29 g de magnésio, enquanto que o alburno acumula 41,31 g de nitrogênio; 9,19 g de fósforo; 43,37 g de potássio; 14,43 g de cálcio e 7,79 g de magnésio, o que nos leva a deduzir que árvores com cerne desenvolvidos exportam menos nutrientes, proporcionalmente à madeira produzida. Este decréscimo, está associado à translocação interna dos nutrientes, pois o cerne, é um tecido de baixa atividade

TABELA 9. Segmentos do cerne utilizados para a estimativa dos conteúdos totais dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg no cerne nas idades de 3, 5 e 7 anos.

NUTRIENTES	Segmento do cerne		
	aos 3 anos	aos 5 anos	aos 7 anos
NITROGÊNIO	1,0 - 1,3 m	1,3 - 2,0 m	1,3 - 2,0 m
FÓSFORO	1,3 - 2,0 m	1,3 - 2,0 m	1,3 - 2,0 m
POTÁSSIO	base - 1,0 m e 1,3 - 2,0 m	base - 1,0 m	base - 1,0 m e 1,0-1,3 m
CÁLCIO	1,0 - 1,3 m	1,3 - 2,0 m	1,3 - 2,0 m
MAGNÉSIO	base - 1,0 e 1,0 - 1,3 m	1,0 - 1,3 m	1,3 - 2,0 m

TABELA 10. Acúmulo de nutrientes(g) e peso da biomassa(g) por árvore, no cerne, nas idades de 3, 5 e 7 anos.

Idade/Anos	N	P	K	Ca	Mg	Biomassa
3	0,04	0,0007	0,018	0,02	0,007	51,22
5	16,65	0,58	2,8	11,17	3,91	29953,99
7	15,61	0,59	3,22	13,34	3,29	38559,01

fisiológica e à medida que perde esta função, transloca os nutrientes mais móveis para os tecidos mais ativos. O cálcio, por participar na formação parede celular, e por possuir mobilidade baixa nos tecidos vegetais, apresenta no alburno, praticamente a mesma quantidade de nutrientes do que o cerne.

Comparação do Acúmulo de Nutrientes nos Diversos Compartimentos

Analisando-se o acúmulo de nutrientes nos compartimentos do tronco, podemos destacar que a casca, aos sete anos, representa aproximadamente 7,5% do peso do tronco, e acumula 21,2 g de nitrogênio; 8,6 g de fósforo; 20,5 g de potássio; 77,1 g de cálcio e 12,1 g de magnésio, que representa um acúmulo maior de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio do que nos galhos e no cerne. Destaca-se que a casca do *E. grandis* é um compartimento acumulador de cálcio armazenando maiores quantidades do que o alburno, apesar de representar apenas 7,5 % da biomassa do tronco, este fato já havia sido destacado por SILVA, (1983).

Na casca e no cerne os conteúdos de nitrogênio e magnésio aumentaram do 3º para o 5º ano, principalmente devido à presença incipiente do cerne naquela idade e praticamente mantiveram-se estáveis, mesmo com o aumento da biomassa da casca e do cerne, demonstrando sua relação com o aumento da ciclagem interna, que no caso do cerne ocorre translocação de nutrientes em função da diferenciação do alburno/cerne, e na casca, pelo aumento da proporção de tecidos mortos.

CONCLUSÕES

A metodologia de amostragem definida, mostrou-se aceitável para a estimativa dos volumes, pesos e conteúdo de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores de *E. grandis*

A metodologia de amostragem permite a estimativa dos conteúdos de nutrientes através de amostragem não destrutiva, e o cálculo de seus acúmulos nas árvores através de modelos matemáticos, com precisão elevada para as avaliações requeridas.

A amostragem requerida situa-se até a altura máxima de 2,00 m no tronco, tornando-

se prática e de fácil execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTIWILL, P.M. Nutrient cycling in *Eucalyptus obliqua* (L'Herit.) forest. III Growth, biomass, and net primary production. Australian Journal of Botany, Melbourne, v.27, n.4, p. 439-458, 1979.
- BAUCH, J. Mineralelementversorgung von Nadelbäumen und ihre Bedeutung für das Wachstum. Mitteilungen der Bundestorschungsanstalt für Forst- und Hozwirtschaft. n.172, p. 75-84, 1993.
- BELLOTE, A. F.J.; FERREIRA, C.A.; ANDRADE, G. DE C.; SILVA, H.D.da; MORO, L.; DINIZ, S.; ZEN, S. Implicações ecológicas e silviculturais do uso de cinzas de *Eucalyptus grandis*. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1993. 45p. não publicado.
- BELLOTE, A.F.J. Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill, ex-Maiden) em função da idade. Piracicaba, 1979. Tese (Mestrado) - ESALQ, Universidade de São Paulo.
- BELLOTE, A.F.J. Nährelementversorgung und wuchsleistung von gedüngten *Eucalyptus grandis* - plantagen in Cerrado son São Paulo (Brasilien). Freiburg, 1990. 160p. Tese (Doutorado) - Albert-Ludwigs-Universität.
- BOWEN B. D; NAMBIAR, E.K.S. Nutrition of plantation forests. London: Academic Press, 1984. 516p.
- BOWERSOX, T.W; WARD, W.W. Seasonal variation in foliar nutrient concentrations of black cherry. Forest Science, Washington, V.23, n.4, p.429-432, 1977.
- EVANS, J. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of Gmelina arborea. Plant and soil, The Hague, v.52, n.4, p.547-552, 1979.
- FERREIRA, C.A.; BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D. da. Concentração de nutrientes minerais no lenho de *Eucalyptus saligna* e sua relação com a aplicação de fertilizantes. In: CONGRESSO

- FLORESTAL BRASILEIRA, 7., 1993, Curitiba. Anais. São Paulo: SBS/SBEF, 1993. v.1, p.227-230.
- LAVENDER, D. P.; CARMICHAEL, R.L. Effect of three variables on mineral concentrations in douglas-fir needles. Forest Science, Washington, v.12, n.4, p.441-446, 1966.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London: Academic Press, 1955. 889p.
- MILLER, H.G. Forest fertilization: some guiding concepts. Forestry, Oxford, v.54, n.2, p.157-167, 1981.
- PEREIRA, A.R.; ANDRADE, D.C.de; LEAL, P.G.L.; TEIXEIRA, N.C.dos S. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* cultivados na região de cerrado de Minas Gerais. Floresta, Curitiba, v.15, n.1/2, p.8-16, 1984.
- PITMAN, M.G; MOWAT.J.; NAIR, H. Interactions of processes for accumulation of salt and sugar in barley plants. Australian Journal of Biological Sciences, Melbourne, v.24, p.619-631, 1971.
- RAIJ, B. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. 142 p.
- SCHÖNAU, A P.G.; HERBERT, M.A Relationship between growth rate and foliar concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium for *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal, Pretoria, n.120, p.19-23, 1982.
- SILVA, H. D. Biomassa e aspectos nutricionais de cinco espécies do genero *Eucalyptus*, plantados em solo de baixa fertilidade. Piracicaba, 1983. Tese (Mestrado). ESALQ, Universidade de São Paulo.
- SILVA, H. D. Modelos matemáticos para a quantificação de Biomassa e Nutrientes em *Eucalyptus grandis* Hill ex - Maiden. Curitiba, 1996. Tese de doutorado. UFPR.
- SMITH, P. F. Mineral Analysis of plant tissue. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, v.13, p.81-108, 1962.
- WESTERMARK, U. Calcium promoted phenolic coupling by superoxide radical - a possible lignification reaction in wood. Wood Science and Technology, New York, v.16,n.1, p.71-78, 1982.
- ZÖTTL, H.W.; TSCHINKEL, H. Nutricion y fertilizacion forestal: unaguia pratica. Medellin: Universidad Nacional de Colombia. Dep. Recursos Forestales, 1971.