ASPECTOS DA CICLAGEM DE NUTRIENTES E DO MICROCLIMA
EM TALHÕES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh
Eucalyptus grandis Hill ex Maiden
e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.

MAURO VALDIR SCHUMACHER

Engenheiro Florestal

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fabio Poggiani

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz" da Universidade de São
Paulo, para a obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de
concentração: Ciências Flores-
tais.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1992

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Schumacher. Mauro Valdir

1392a Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima
em talhões de Eucalyptus camaldulensis Dehnh.
Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus
torelliana F. Muell. Piracicaba. 1992.
87p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia

1. Eucalipto - Ciclagem de nutriente - Efeito sil-
vicultural 2. Floresta de eucalipto - Microclima - Va-
riação I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
Piracicaba

CDD 634.9734

ASPECTOS DA CICLAGEM DE NUTRIENTES E DO MICROCLIMA
EM TALHÕES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh,
Eucalyptus grandis Hill ex Maiden
e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.

MAURO VALDIR SCHUMACHER

Aprovado em: 09.09.1992

Comissão julgadora:

PROF. DR. Fabio Poggiani	ESALQ/USP
PROF. DR. João Walter Simões	ESALQ/USP
PROF. DR. Nilson Augusto Villa Nova	ESALQ/USP

Prof. Dr. FABIO POGGIANI
Orientador

Dedico esta Dissertação

Aos meus pais Liberto e Leonia que muito
me estimularam e incentivaram nesta jornada.

Aos meus irmãos Claudio, Jeferson e
Jaqueline pela compreensão e apoio
dispensados.

AGRADECIMENTOS

Esta Dissertação de Mestrado não é mérito do trabalho de uma única pessoa, mas sim fruto da colaboração de várias às quais expresso meus sinceros agradecimentos:

Ao orientador Prof. Dr. Fabio Poggiani, pela amizade e efetiva orientação na realização deste trabalho.

À RIOCELL S.A., na pessoa do Gerente Técnico, Planejamento e Controle Florestal Dr. Jorge Vieira Gonzaga, pelo incentivo e apoio financeiro concedidos.

Aos Professores João Walter Simões, Mario Ferreira e Nilson Augusto Villa Nova pelas valiosas sugestões e coorientação.

Aos coordenadores do Curso de Pós-graduação em Ciências Florestais José Otávio Brito e Hilton Thadeu Zarate do Couto pela confiança depositada.

Aos Professores Antonio Natal Gonçalves, Frederico Pimentel Gomes e Gerd Sparovek pelas sugestões oportunas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Professor Luiz Ernesto George Barrichelo, chefe do Departamento de Ciências Florestais e diretor científico do IPEF, pelo auxílio e ajuda prestada.

Aos professores, Paulo Renato Schneider; Juarez Martins Hoppe ; Miguel Antão Durlo e Solon Jonas Longhi, docentes da Universidade Federal de Santa Maria-RS pelo incentivo e amizade.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo.

Aos colegas Antonio Sánchez Martínez (Mexicano), Antônio Flávio Barbosa, Alexandre José da Rocha Moreira, Ariovaldo José Ribeiro, Maria del Pilar Díaz, Milton César Ribeiro (Miltinho) e Valcenir Giovelli que colaboraram nas diferentes fases deste estudo.

Aos colegas da Pós-graduação pela amizade e pelo apoio durante o decorrer do curso.

À Alba Valéria Masetto pela amizade e realização das análises laboratoriais envolvidas neste estudo.

À Maríalice Metzker Poggiani, bibliotecária do IPEF, pela amizade e ajuda prestada.

À Maria de Fátima Dürer Juliani, secretária do Departamento de Ciências Florestais pela atenção e contribuição prestada.

Ao Genésio Tâmara Ribeiro e José Luis Lopes Mendo, Engenheiros Florestais do IPEF, pela amizade e coleguismo.

Enfim expresso meu profundo agradecimento a todas àquelas pessoas que de alguma maneira contribuíram para que este trabalho se tornasse possível.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xii
SUMMARY	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Características das espécies estudadas ...	5
2.1.1. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	5
2.1.2. <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden .	6
2.1.3. <i>Eucalyptus torelliana</i> F. Muell	6
2.2. O ciclo biológico de nutrientes	7
2.2.1. Deposição de nutrientes sobre o so- lo florestal através da queda de folheto	7
2.2.2. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes nos povoamentos flores- tais	10
2.3. Índice de área foliar (IAF)	13
2.4. Microclima florestal	15

3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Características da área experimental	19
3.1.1. Localização, clima e solo da área experimental	19
3.1.2. Histórico e descrição dos talhões experimentais	23
3.1.2.1. Talhão de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	23
3.1.2.2. Talhão de <i>Eucalyptus grandis</i>	25
3.1.2.3. Talhão de <i>Eucalyptus torelliana</i>	26
3.2. Metodologia utilizada nas pesquisas conduzidas durante o período de 1989 a setembro de 1991	28
3.2.1. Estimativa da devolução de nutrientes minerais sobre o solo dos talhões das diferentes espécies de eucalipto, através da queda de folheto	28
3.2.1.1. Estimativa da deposição de folheto	28
3.2.1.2. Estimativa da deposição de nutrientes minerais	29
3.2.1.3. Análise química do folheto	29
3.2.2. Determinação do microclima	30
3.2.2.1. Determinação do índice de luminosidade relativa	30
3.2.2.2. Determinação da radiação global	31
3.2.2.3. Determinação da temperatura do ar e do solo	31

3.2.3. Estimativa da fitomassa e da mineralomassa da parte aérea das árvores	32
3.2.3.1. Marcação e corte das árvores representativas de cada espécie	32
3.2.3.2. Determinação da massa seca das árvores abatidas	33
3.2.3.3. Determinação da concentração de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores	34
3.2.3.4. Estimativa da fitomassa arbórea acima do solo e da mineralomassa	35
3.2.4. Estimativa do índice de área foliar (IAF)	36
3.2.5. Análise estatística	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Nutrientes minerais devolvidos ao solo através da deposição de folhedo	37
4.1.1. Deposição de folhedo	37
4.2. Deposição de nutrientes através da queda de folhedo	44
4.2.1. Concentração de nutrientes no folheto depositado sobre o solo	44
4.2.2. Quantidade de nutrientes minerais devolvidos ao solo pelo folhedo ...	46
4.3. Fitomassa arbórea e mineralomassa da parte aérea dos talhões florestais	48

4.3.1. Fitomassa dos diferentes compartimentos das árvores	48
4.3.2. Concentração dos nutrientes minerais nos diferentes compartimentos das árvores	51
4.3.3. Conteúdo de nutrientes na fitomassa arbórea	54
4.4. Índice de área foliar	56
4.5. Microclima no interior dos talhões florestais	58
4.5.1. Radiação global e intensidade luminosa relativa	58
4.5.2. Temperatura do ar e do solo sob os talhões florestais	61
4.6. Implicações silviculturais da ciclagem de nutrientes	65
5. CONCLUSÕES	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
7. ANEXOS	85

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localização geográfica da área experimental no Estado de São Paulo	20
2	Diagrama climático de Jaú (cidade mais próxima de Anhembi) confeccionado de acordo com WALTER (1975)	21
3	Variação mensal da queda de folheto (Kg/ha/mês) em <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i> , de acordo com as mudanças mensais na Temperatura ($^{\circ}$ C) e Precipitação (mm)	40
4	Variação mensal da queda de folheto (Kg/ha/mês) em <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i> , de acordo com as mudanças mensais na Temperatura ($^{\circ}$ C) e precipitação (mm). (Média de dois anos)	42
5	Variação diurna na temperatura do ar e temperatura do solo ($^{\circ}$ C) a diferentes profundidades (cm), no mês de fevereiro (período de 1 semana) para os talhões de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i> .	62
6	Variação diurna na temperatura do ar e temperatura do solo ($^{\circ}$ C) a diferentes profundidades (cm), no mês de agosto (período de 1 semana) para os talhões de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i> .	63

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Dados de análise de solo sob o talhão de <i>E. camaldulensis</i> . Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Tb Álico, a Moderado Textura Média. Características Físicas e Químicas ...	22
2	Dados de análise de solo sob o talhão de <i>E. grandis</i> . Classificação: Latossolo Vermelho Amarelo Álico a Moderado, Textura Média Transição para Areia Quartzosa. Características Físicas e Químicas	23
3	Dados de análise de solo sob o talhão de <i>E. torelliana</i> . Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Tb Álico, a Moderado Textura Arenosa Média. Características Físicas e Químicas ...	23
4	Valores médios e desvio padrão do folheto depositado nos povoamentos puros de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i> em Anhembi - SP. (Kg/ha/mês)	38
5	Médias usadas para o teste de Tukey	39
6	Concentração (%) dos nutrientes no folheto depositado nos talhões florestais (média de 2 anos)	45
7	Nutrientes depositados anualmente (Kg/ha/ano) sobre o solo dos talhões florestais (média de 2 anos)	47

8	Valores dendrométricos dos talhões florestais de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i>	48
9	Fitomassa seca (Kg/ha) e (%) do total em plantações de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i>	50
10	Concentração média (%) de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i> ...	53
11	Fitomassa arbórea e nutrientes acumulados (Kg/ha) nos diferentes componentes para os talhões de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i> com suas respectivas percentagens	55
12	Índice de área foliar para o <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i>	56
13	Valores médios da radiação global externa e interna em diferentes horas do dia ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$) para os talhões de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i> ...	59
14	Valores de Intensidade Luminosa Relativa (%) para os talhões de <i>E. camaldulensis</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. torelliana</i>	59
15	Estimativa da mineralomassa absorvida*, acumuladas** nas árvores e devolvida*** ao solo pela derrubada das folhas (Kg/ha/ano). Entre parêntesis os valores em percentagem em relação elementos absorvidos	66

- 16 Dados comparativos dos nutrientes estocados
 anualmente (Kg/ha/ano) no tronco (casca +
 lenho) e disponíveis no solo (Kg/ha) entre 0
 e 150 cm de profundidade 68
- 17 Eficiência da utilização dos nutrientes (N,
 P, K, Ca e Mg) em matéria seca produzida nos
 talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E.*
 torelliana (Kg de fitomassa produzida/Kg de
 nutriente) ,69

ASPECTOS DA CICLAGEM DE NUTRIENTES E DO MICROCLIMA EM TALHÕES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden E *Eucalyptus torelliana* F. Muell.

Autor: MAURO VALDIR SCHUMACHER

Orientador: PROF. DR. FABIO POGGIANI

RESUMO

Na Austrália, segundo a intensidade com que as copas recobrem o solo, as florestas são classificadas como: abertas típicas, abertas altas e fechadas.

Nesta pesquisa, estudou-se à ciclagem de nutrientes e características do microclima em talhões formados pelas espécies de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*, que pertencem respectivamente a cada tipo de floresta.

Os talhões das três espécies localizam-se na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi, entre as coordenadas geográficas de 22° 43' de latitude sul e 48° 10' de longitude oeste e altitude 500m, no município de Anhembi, Estado de São Paulo, onde o clima é do tipo Cwa (segundo a classificação de Köppen) caracterizado como mesotérmico de inverno seco e a precipitação média anual variando de 1100 a 1300mm.

Na região predomina o solo podzólico vermelho amarelo de baixa fertilidade e textura arenosa média.

A deposição de folheto foi estudada de junho de 1989 até maio de 1991 sendo que no início das coletas os talhões de *E. camaldulensis* e *E. grandis* tinham 7 anos e o *E. torelliana* 10 anos de idade.

No talhão de *E. camaldulensis* foi observada uma deposição anual de 7.2 t/ha contendo 65.1 Kg de N, 2.7

Kg de P, 28.3 Kg de K, 74.4 Kg de Ca e 11.9 Kg de Mg. O *E. grandis* depositou anualmente 3.1 t/ha contendo 24 Kg de N, 1 Kg de P, 12.3 Kg de K, 23.6 Kg de Ca e 6.1 Kg de Mg. O *E. torelliana* depositou 5.8 t/ha contendo 67.2 Kg de N, 3.1 Kg de P, 43.7 Kg de K, 43.6 Kg de Ca e 12.3 Kg de Mg.

A produção de fitomassa arbórea para o *E. camaldulensis* aos 9 anos totalizou 126.1 t/ha com a seguinte distribuição: 2.2 t de folhas; 11 t de ramos; 10.7 t de casca e 102.1 t de lenho. No talhão de *E. grandis* também aos 9 anos o total da fitomassa foi de 273.3 t/ha com 8.5 t de folhas; 14 t de ramos; 19.5 t de casca e 231.2 t de lenho. Para o talhão de *E. torelliana* aos 12 anos de idade, a fitomassa observada foi de 171.3 t/ha com 1.8 t de folhas; 15.7 t de ramos; 11.2 t de casca e 142.5 t de lenho.

As quantidades de nutrientes minerais contidos na fitomassa total do talhão de *E. camaldulensis* foram de 265.6 Kg de N; 10.8 Kg de P; 183.4 Kg de K; 300.5 Kg de Ca e 42.7 Kg de Mg. No talhão de *E. grandis* estimou-se 723.1 Kg de N; 26.8 Kg de P; 371.9 Kg de K; 485.4 Kg de Ca e 115.5 Kg de Mg. No talhão de *E. torelliana* estimou-se 332.8 Kg de N; 23 Kg de P; 327.1 Kg de K; 528.8 Kg de Ca e 82.2 Kg de Mg.

O índice de área foliar no talhão de *E. grandis* foi 9.3; no *E. camaldulensis* 3.0 e no talhão de *E. torelliana* 2.7.

Sobre as características microclimáticas verificou-se que o talhão de *E. camaldulensis* permitiu a penetração das maiores quantidades da radiação solar global e intensidade de luz. A menor penetração da radiação foi observada no talhão de *E. torelliana*.

As maiores temperaturas do ar e ao nível dos primeiros 10 cm do solo foram observadas no interior do talhão de *E. camaldulensis* e as menores no talhão de *E. torelliana*, embora aos 20 cm de profundidade as

temperaturas do solo tenham sido semelhantes e praticamente constantes nos talhões das três espécies estudadas.

Do ponto de vista silvicultural o *E. grandis* foi a espécie que apresentou a maior produtividade de fitomassa. Porém esta espécie removeu do solo as maiores quantidades de nutrientes, devolvendo-lhe todavia, as menores quantidades.

Ainda foi estimada comparativamente a eficiência nutricional das três espécies.

Em função do comportamento ecológico das três espécies de eucaliptos foram sugeridos alguns estudos alternativos e práticas silviculturais com o objetivo de assegurar a produtividade nas rotações futuras.

Para a manutenção da produtividade continua sugere-se o estudo do balanço dos nutrientes minerais no ecossistema florestal, enfocando: a reposição dos nutrientes exportados através da exploração da fitomassa, conservação dos resíduos florestais sobre o solo, o prolongamento dos ciclos de corte, a escolha de espécies arbóreas com maior eficiência nutricional visando a estabilidade do microclima debaixo do dossel

NUTRIENT CYCLING AND MICROCLIMATE ASPECTS IN *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden AND *Eucalyptus torelliana* F. Muell, stands.

Author: MAURO VALDIR SCHUMACHER

Adviser: PROF. DR. FABIO POGGIANI

SUMMARY

The Australian forests are classified as typically open, high open and closed, considering the canopy cover criteria. In this assay, the nutrient cycling, total trees phytomass, leaf area index and microclimate characteristics were studied in *Eucalyptus camaldulensis* (7-9 years old), *E. grandis* (7-9 years old) and *E. torelliana* (10-12 years old) stands.

The stands of the three species were located at the Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi (Anhembi Forest Science Experimental Station - São Paulo- Brazil) between 22°43' Southern latitude and 48°10' western longitude and 500m altitude. In the Köppen classification, the climate is a Cwa type, characterized as mesotermic with a dry winter and an annual mean precipitation of 1100-1300 mm. In the area, occurs predominantly Red Yellow Podzolic soil (Arenic Paleudult), with low fertility and sandy to medium texture.

In the stand of *E. camaldulensis*, it was estimated an annual deposition of 7.2 t/ha, with the following content: 65.1 Kg of N, 2.7 Kg of P, 28.3 Kg of K, 74.4 Kg of Ca and 11.9 Kg of Mg. In the stand of *E. grandis*, it was estimated an annual deposition of 3.1 t/ha, with the following content: 24 Kg of N, 1 Kg of P, 12.3 Kg of K, 23.6 Kg of Ca and 6.1 Kg of Mg. In the stand of *E. torelliana*, it was estimated an annual deposition of 5.8

t/ha, with the following content: 67.2 Kg of N, 3.1 Kg of P, 43.7 Kg of K, 43.6 Kg of Ca and 12.3 Kg of Mg.

In the *E. camaldulensis* 9 years old stand the phytomass production, was 126.1 t/ha, with: 2.2 t of leaves, 11 t of branches, 10.7 t of bark, and 102.1 t of wood. In the *E. grandis* 9 years old stand the phytomass production was of 273.3 t/ha, with: 8.5 t of leaves, 14 t of branches, 19.5 t of bark and 231.2 t of wood. In the *E. torelliana* 12 years-old stand the phytomass production was 171.3 t/ha, with: 1.8 t of leaves, 15.7 t of branches, 11.2 t of bark and 142.5 t of wood.

In the *E. camaldulensis* stand the amount of mineral nutrients in the total phytomass was: 265.6 Kg of N, 10.8 Kg of P, 183.4 Kg of K, 300.5 Kg of Ca and 42.7 Kg of Mg. This estimation for the *E. grandis* stand was: 723 Kg of N, 26.8 Kg of P, 371 Kg of K, 485 Kg of Ca and 115.5 Kg of Mg. Likewise, the estimation for *E. torelliana* stand was: 332.8 Kg of N, 23 Kg of P, 327 Kg of K, 528.8 Kg of Ca and 82.2 Kg of Mg.

The Leaf Area Index were 9.3 in the *E. grandis* stand, 3.0 in the *E. camaldulensis* and 2.7 in the *E. torelliana* stand.

In relation to the microclimate characteristics, the canopy of *E. camaldulensis* stand showed the greatest penetration of global solar radiation and light intensity. The lower penetration was observed in the *E. torelliana* stand.

The highest air and soil temperatures were observed in the *E. camaldulensis* stand, while the lowest were observed in *E. torelliana*.

On a silvicultural point of view, the *E. grandis* showed the highest standing phytomass productivity, but also accumulated the greatest quantities of nutrients from the soil, and returned the lowest percentage of them.

The nutritional efficiency of the three species was also estimated.

The large accumulation of mineral nutrients in the Eucalyptus stands phytomass compared to the low reserves in the soil suggest that more conservative practices and studies should be applied in forest management to sustain site productivity for future rotations.

In order to sustain the continuous forest productivity the mineral nutrient budget study is suggested, including: the adequate mineral fertilization to supply the exported nutrient by trees exploitation; the maintenance of logging residuals on the soil; the lengthening cutting cycles.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a implantação de vastas áreas de florestas puras, na grande maioria formadas por espécies exóticas, é consequência da evolução de toda uma estrutura industrial que tem por objetivo atender a demanda das regiões mais desenvolvidas do país com a matéria-prima necessária para a produção de papel, celulose, chapas, aglomerados, carvão vegetal, móveis etc.

No Brasil foram plantados até o presente momento 6.2 milhões de hectares com diferentes espécies, sendo 52% destas do gênero *Eucalyptus* (SBS, 1990).

Os eucaliptos são árvores essencialmente australiano malaias, com uma dispersão natural em latitudes que se estendem desde 7° norte até 43°39'sul. A grande maioria das espécies são endêmicas no continente Australiano e nas ilhas próximas (FAO, 1981).

A maioria das espécies conhecidas são árvores típicas de florestas altas, atingindo alturas variando de 30 a 50 metros, e de florestas abertas, com árvores menores atingindo alturas entre 10 e 25 metros. Cerca de 30 a 40 espécies são arbustivas (PRYOR, 1976).

Dentro dos tipos de vegetação existentes na Austrália, segundo FAO (1981), as formações abertas são constituídas principalmente por eucaliptos, sendo que nas formações mais fechadas como as florestas pluviais dos trópicos e subtropicais os eucaliptos aparecem apenas nas bordas.

As formações abertas se dividem em: (a) matas abertas altas, (b) matas abertas e (c) matas abertas baixas (FAO, 1981).

As árvores das matas abertas altas tem uma altura média de 30 metros, podendo alcançar até 60 metros e um sub-bosque denso de pequenas árvores, grandes arbustos, epífitas arbóreas etc. Este tipo de mata também é conhecido como "mata esclerófila úmida". As árvores das matas abertas (matas esclerófilas secas), tem altura de 10 a 30 metros. São geralmente dominadas por eucaliptos, sendo que as espécies são determinadas pela latitude e altitude em que ocorrem. Nas matas abertas baixas, encontram-se árvores com alturas que variam de 5 a 10 metros e os eucaliptos coexistem com outras espécies arbóreas. Estas matas compreendem as extensas savanas australianas.

CREMER *et alii* (1978), classificam de forma similar a vegetação australiana, apresentando os tipos: floresta aberta (open - forest), floresta alta-aberta (tall - open - forest), floresta fechada (closed - forest) e floresta pluvial (rain forest).

De acordo com FERREIRA (1991), os eucaliptos plantados no Brasil também podem ser classificados segundo o tipo de cobertura florestal que formam, apresentando diferentes características silviculturais com reflexos sobre o microclima no interior das plantações, a ciclagem de nutrientes e a vegetação do sub-bosque.

Por exemplo, este mesmo autor considera o *Eucalyptus torelliana* como uma espécie característica de "floresta fechada", a qual plantada em povoamentos puros apresenta sistema radicular predominante superficial, suas copas recobrem bem o solo, sendo que a manutenção da ciclagem dos nutrientes é importante para a sua adaptação e crescimento. O sub-bosque dos plantios de *E. torelliana* apresenta-se pouco desenvolvido, uma vez que a incidência de luz no interior do povoamento é relativamente baixa.

As árvores de *Eucalyptus camaldulensis*, que ocorrem na Austrália em "florestas abertas baixas", apresentam sistema radicular profundo, características alelopáticas (elimina a competição ao nível de sistema radicular) e devido a grande penetração de luz através das copas permitem a formação de sub-bosque abundante e propiciam até o surgimento de gramíneas. Esta espécie é altamente resistente a deficiências hídricas, podendo ocupar áreas marginais.

As árvores de *Eucalyptus grandis* compõem na Austrália a floresta aberta alta de casca lisa. Os talhões florestais desta espécie permitem uma penetração moderada de luz e a formação de sub-bosque. Podem apresentar sistema radicular superficial ou profundo.

Segundo FLORENCE (1984), a evolução dos eucaliptos na Austrália primeiro pode ter respondido a uma pressão seletiva relacionada ao declínio da fertilidade do solo no desenvolvimento geológico da paisagem, e depois de um longo intervalo de tempo, às condições mais secas do clima. O mesmo autor ressalta que os eucaliptos não estão uniformemente adaptados aos solos muito pobres em nutrientes e como consequência da pressão de seleção mantida por um longo período de tempo, as espécies diferem em suas tolerâncias e habilidades competitivas.

Considerando as peculiaridades inerentes ao crescimento das árvores de eucalipto e as características descritas nos locais de origem, esta pesquisa teve como principais objetivos:

a) Estimar comparativamente a produção de folheto e a quantidade de nutrientes minerais devolvidos ao solo através do mesmo nos talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

b) Estimar a fitomassa arbórea e a mineralomassa de cada talhão.

c) Determinar o índice de área foliar para cada espécie de eucalipto.

d) Registrar as variações microclimáticas dentro dos talhões.

e) Relacionar os resultados obtidos com suas implicações ecológicas e silviculturais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características das espécies estudadas

2.1.1. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

De acordo com HALL *et alii* (1970), este é o mais amplamente distribuído de todos os eucaliptos. Ocorre ao longo ou próximo de todos os cursos d' água sazonais nas áreas áridas e semi-áridas. É essencialmente uma espécie ciliar, mas pode também ocorrer em encostas de colinas, independente das condições de precipitação.

Cresce sob uma ampla faixa de condições climáticas, mas a maioria das áreas é caracterizada por ocorrência de geadas no inverno e temperaturas muito altas no verão.

O *E. camaldulensis*, forma florestas puras ou florestas abertas baixas ("savannah woodlands"), em planícies inundadas. Em terrenos adjacentes elevados, na parte leste da Austrália, pode estar associado com *Eucalyptus largiflorens*, *Eucalyptus microcarpa* e *Eucalyptus melliodora*.

Em povoamentos naturais as árvores podem alcançar alturas de 20 a 50 metros, com até 2 metros de diâmetro. Desenvolvem copa globosa e a folhagem e os ramos são pendentes, permeáveis à luz. É considerada uma espécie muito competitiva, pela ausência de qualquer vegetação de sub-bosque nas zonas de ocorrência natural (FAO, 1956).

O tronco de muitas procedências é bastante torcido e as copas possuem uma tendência a serem ralas. As folhas juvenis são ovaladas e largamente lanceoladas, com pecíolos quadrangulares. Quando adultas, apresentam-se pecioladas, lanceoladas e pendentes (FAO, 1981).

2.1.2. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

O *E. grandis*, é uma árvore alta (de 43 a 55 metros em média) e diâmetros moderados em relação a altura (1.2 a 1.8 metros em média). O fuste é claro, de boa forma e ocupa 2/3 da altura total da árvore. A copa é espalhada e um pouco aberta. Ocorre na região costeira mas pode chegar a ocupar regiões de altitudes próximas a 760 metros. O clima dominante é subtropical, tornando-se temperado na parte sul. Altas umidades prevalecem em todas as estações. Em altitudes elevadas podem ocorrer geadas ocasionais. É tipicamente encontrado em povoamentos puros ou quase puros, pode também ser encontrado em associação com *Eucalyptus pilularis* ou com espécies de floresta pluvial como a *Tristania conferta* (HALL et alii, 1970).

As folhas juvenis são alternas, pecioladas curtas, lanceoladas e levemente onduladas. As adultas são bastante semelhantes, tornando-se um pouco mais longas e não mais onduladas (FAO, 1981).

2.1.3. *Eucalyptus torelliana* F. Muell.

Certamente é a única espécie de eucalipto na Austrália tropical que cresce em competição com a vegetação da floresta pluvial. É uma árvore de tamanho médio, altura média de 24.4 a 30.5 metros e de diâmetros próximos a 1 metro.

O *E. torelliana* cresce numa área pequena e bem definida em clima tropical com pequenas amplitudes de

temperatura, e umidade relativa do ar alta. A ocorrência de geadas é rara e freqüentemente é encontrado próximo as bordas da floresta tropical pluvial e também dentro dela, sempre como indivíduos solitários ou em pequenos grupos (HALL et alii, 1970).

Na Austrália esta espécie pode alcançar altura máxima de 30 metros, com um tronco bem desenvolvido e copa densa. As folhas jovens são opostas a princípio e peltadas ou com pecíolos curtos, este quando existe é um pouco peludo, posteriormente as folhas se tornam lanceoladas, largas e quase elípticas com pedicelos. As folhas adultas são alternadas, pecioladas e ovais (FAO, 1981).

2.2. O Ciclo biológico de nutrientes

2.2.1. Deposição de nutrientes sobre o solo florestal através da queda de folheto

O retorno de nutrientes através da deposição do material orgânico, constitui a via mais importante do ciclo biogeoquímico. Este ciclo juntamente com o bioquímico, permitem que as árvores da floresta possam sintetizar a matéria orgânica através da fotossíntese reciclando os nutrientes, especialmente em solos altamente intemperizados, onde a biomassa vegetal é o principal reservatório de nutrientes.

BRAY & GORHAM (1964), em uma revisão de âmbito mundial, concluíram que nas diferentes zonas macro-ecológicas, de modo geral as serapilheiras amostradas em diferentes florestas do mundo são compostas de 60 a 80% por folhas, de 1 a 15% por frutos, de 12 a 15% por ramos e de 1 a 25% por cascas de árvores.

Quanto a periodicidade da deposição, esta varia de espécie para espécie nas regiões tropicais e subtropicais, sendo que os fatores climáticos influenciam significativamente este fenômeno. Nas florestas de regiões temperadas e frias, a chegada do outono é sempre o fenômeno que desencadeia o processo de derrubada total das folhas.

A quantia de material orgânico depositado ao longo de um ano esta relacionada principalmente com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas. Por exemplo, florestas situadas em regiões árticas ou alpinas produzem anualmente cerca de uma tonelada de serapilheira por hectare, florestas temperadas frias 3.5 toneladas, florestas temperadas quentes 5.5 toneladas e florestas equatoriais cerca de 11 toneladas (BRAY & GOHRAM, 1964).

Em recente trabalho de revisão, LONSDALE (1988), através de modelos matemáticos utilizando dados de latitude, altitude e precipitação, procurou estimar a deposição de folheto das diferentes florestas do mundo. Para isto usou 137 sítios. A precipitação foi descartada dos modelos pois seu efeito não foi significativo. Os dois modelos que apresentaram os melhores resultados foram baseados na latitude, latitude e altitude. Entretanto este autor demonstrou estatisticamente que a altitude pode ser descartada do melhor modelo.

Quanto à sazonalidade de deposição ASHTON (1975), na Austrália, estudou a deposição de folheto em *Eucalyptus regnans* e registrou uma queda de 7.7 ton/ha/ano. Verificou ainda que a mesma ocorreu mais intensamente no verão ou no início do outono, sendo mínima no inverno.

A característica acima citada é confirmada por outros trabalhos com eucaliptos como ATTIWILL (1980), em florestas naturais temperadas no sudeste da Austrália; CARPANEZZI (1980), com *E. grandis* no interior de

São Paulo; TURNER & LAMBERT (1983), em plantios de *E. grandis* na região de Coff's Harbour (Austrália); POGGIANI (1985), com *Eucalyptus saligna* em Piracicaba, São Paulo.

A quantidade de nutrientes no "litter" depende da espécie, da proporção de folhas em relação aos demais componentes, da capacidade de translocação do nutriente antes da senescência, bem como do tipo de solo.

ATTIWILL *et alii* (1978), acompanharam a queda de "litter" em uma floresta madura de *Eucalyptus obliqua*, típica floresta temperada quente do sudeste da Austrália. Observaram uma queda que variou de 3.6 a 5.5 t/ha/ano. Acima de 50% do total do "litter" morto de eucalipto caiu durante os meses de verão, dezembro, janeiro e fevereiro. O total das folhas devolvidas ao solo neste período foi de aproximadamente 75.5% do total anual. Estes autores verificaram que a concentração de nutrientes varia significativamente ao longo do ano.

ADAMS & ATTIWILL (1986), em trabalho sobre ciclagem de nutrientes, na qual foram usadas 6 espécies diferentes de eucalipto, distribuídas em 8 parcelas, encontraram uma deposição de serapilheira variando de 260g/m² até 750g/m². Na maioria das parcelas acima de 50% da massa total era composta de folhas mortas de eucalipto. Estes autores verificaram que a distribuição sazonal da queda do "litter" foi semelhante para todas as parcelas, com a queda máxima de "litter" ocorrendo nos meses de verão. A derrubada de folhas verdes foi mais intensa durante os meses de inverno.

No Brasil também foram realizados trabalhos avaliando a deposição de folheto e a devolução de nutrientes para o solo.

KLINGE & RODRIGUES (1968), em estudo referente a deposição de folheto e nutrientes na floresta amazônica, próxima a Manaus registraram uma deposição apenas de folhas correspondentes a 5.6 t/ha/ano e uma

deposição de 7.4 t/ha/ano incluindo todos os componentes da serapilheira, com as seguintes quantidades de elementos químicos 114 Kg de N; 2.1 Kg de P; 12 Kg de K; 18 Kg de Ca e 12 Kg de Mg. Observaram que a deposição de serapilheira é pelo menos duas vezes superior nos meses que constituem o período de menor pluviosidade.

GARRIDO & POGGIANI (1981/82), estudando deposição anual de nutrientes, através das folhas decíduas de quatro povoamentos puros formados por essências nativas, verificaram que: a maior deposição de folhas no solo, ocorreu no povoamento do (cambará) *Gochnatia polymorpha* com 4751 Kg/ha, vindo após o (angico) *Anadenanthera falcata* com 4381 Kg/ha, povoamento misto com 2616 Kg/ha, (aroeira) *Astronium urundeuva* com 2297 Kg/ha e (ipê roxo) *Tabebuia impetiginosa* com 980 Kg/ha. As espécies estudadas apresentaram um comportamento diferenciado quanto a época de deposição de folhas e somente a aroeira apresentou uma deposição nitidamente acentuada no período seco do ano.

2.2.2. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes nos povoamentos florestais

Os ecossistemas florestais contém cerca de 90% da biomassa da terra e cobrem aproximadamente 40% de sua superfície (GARDNER & MANKIN, 1981).

Segundo PRITCHETT (1979), a absorção dos nutrientes pelas árvores é influenciada pela espécie, pela cobertura vegetal e pelas condições de solo e clima. Em princípio, a absorção anual de nutrientes pela maioria das espécies florestais é da mesma ordem da apresentada pelas culturas agrícolas, mas como a maior parte dos nutrientes absorvidos são devolvidos para o piso florestal, quantidades relativamente pequenas são retidas no acréscimo anual da fitomassa arbórea.

Num ecossistema florestal a quantidade de nutrientes é determinada pela quantidade destes contidos nos diferentes compartimentos das árvores (folhas, ramos, casca e lenho etc.), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo. Cada compartimento de uma árvore, apresenta diferentes concentrações de elementos químicos em seus tecidos. Observa-se geralmente um gradiente com a seguinte tendência: folhas > casca > ramos > lenho.

O acúmulo de nutrientes na biomassa arbórea varia de elemento para elemento, em função dos diferentes níveis de fertilidade do solo, das características nutricionais de cada espécie e da idade da floresta.

Em florestas situadas em regiões de clima tropical ou subtropical observa-se geralmente uma produtividade bem mais elevada do que nas florestas em regiões de clima temperado ou boreal.

De acordo com as conclusões de BAZILEVICH et alii (1971), a produtividade anual das florestas é diretamente dependente dos fatores climáticos. Salientam estes autores que não se deve perder de vista um outro importante fator que afeta a produtividade vegetal que é a disponibilidade de nutrientes.

Em pesquisa realizada em uma área da floresta pluvial Amazônica, KLINGE et alii (1975), encontraram uma fitomassa de 734.9 t/ha, distribuída da seguinte forma: 18.1 t de folhas, 202.4 t de ramos, 468.2 t de troncos e 46.2 t de lianas, epífitas e outras plantas parasitas.

SWITZER & NELSON (1972), estimaram a fitomassa e o conteúdo de nutrientes em um talhão de *Pinus taeda* aos 15 anos e encontraram total de 63 t/ha com as seguintes quantidades de nutrientes: 140 Kg de N, 15.8 Kg de P, 82 Kg de K, 62 Kg de Ca e 17.3 Kg de Mg.

ATTIWILL (1979), estudando a fitomassa de uma floresta natural de *E. obliqua*, encontrou para um

determinado "stand" aos 60.7 anos de idade, uma fitomassa de 344.2 t/ha. Esta estava distribuída da seguinte forma: 8.1 t de folhas, 25.3 t de ramos, 47.4 t de casca e 263.4 toneladas de lenho.

BRADSTOCK (1981), estudou uma série de plantações de *E. grandis* com idade variando de 2 a 27 anos e observou que a fitomassa total das árvores aumentou com a idade até 394 t/ha. O compartimento folhas foi relativamente constante em torno de 1.5 a 2.3 t/ha.

TANDON et alii (1988), estimando a fitomassa e a distribuição de nutrientes em plantações de *E. grandis* com 5 idades diferentes (3, 5, 7, 9, e 11 anos), verificaram que a percentagem de contribuição da fitomassa do tronco para o total acima do solo aumenta com o diâmetro e a idade variando entre 28 e 86%. A percentagem de contribuição das folhas, galhos finos e ramos decresce com o aumento da idade e diâmetro.

TURNER (1986), estudando a fitomassa e a produtividade líquida em plantações de *E. grandis*, encontrou para um povoamento com 12 anos de idade, somente com árvores vivas, uma fitomassa total de 139.2 t/ha onde a folhagem apresentava 3.37 t/ha, ramos 10.47 t/ha, casca 21.1 t/ha, alburno 54.6 t/ha e cerne 49.68 t/ha.

No Brasil, também foram realizados alguns trabalhos de pesquisa com o objetivo de estimar a produção de fitomassa e a ciclagem de nutrientes minerais em povoamentos florestais.

ANDRAE & KRAPPENBAUER (1982), avaliando a produção de fitomassa e o conteúdo de nutrientes em um povoamento de *E. saligna* aos 4 anos de idade, encontraram uma fitomassa arbórea de 38.4 t/ha contendo 171 Kg de N, 24.9 Kg de P, 173.8 g de K, 202 Kg de Ca; 43 Kg de Mg. Para o mesmo povoamento num segundo inventário aos 8 anos de

idade, os autores encontraram uma fitomassa de 124.6 t/ha contendo 211 Kg de N, 33 Kg de P, 262 Kg de K 334 Kg de Ca e 75 Kg de Mg.

POGGIANI et alii (1983), avaliando a fitomassa de um povoamento formado por árvores de *E. saligna*, com idade de 8 anos, plantadas em areia quartzosa no estado de São Paulo, encontraram uma fitomassa total de 106.2 t/ha, contendo os seguintes nutrientes minerais: 218.2 Kg de N, 28.5 Kg de P, 176.3 Kg de K, 186.2 Kg de Ca e 41.9 Kg de Mg.

A variação entre espécies é outro fator importante quanto a alocação de nutrientes nas árvores.

PEREIRA et alii (1984), verificaram que o *E. saligna* continha na sua copa cerca de 50% da quantidade do Ca e Mg acumulados na árvore enquanto o *E. citriodora* apresenta em média 33%.

De acordo com POGGIANI (1985), a fitomassa total estimada aos 11 anos de idade para um talhão de *E. saligna* foi de 186 t/ha, estando a mesma distribuída da seguinte maneira: 4.1 t/ha de folhas, 13.8 t/ha de ramos, 9.5 t/ha de casca e 158.6 t/ha de lenho. Para o mesmo talhão foram estimadas as quantidades de elementos minerais. Estas quantidades foram de 219 Kg de N, 58.1 Kg de P, 19.5 Kg de K, 954 Kg de Ca e 81 Kg de Mg.

2.3. Índice de área foliar (IAF)

Toda vez que se realiza um estudo a respeito do crescimento e desenvolvimento de uma determinada floresta, é interessante realizar-se uma avaliação da área foliar. O estudo da área foliar é um parâmetro importante também na determinação da intensidade de transpiração e taxa assimilatória líquida.

De acordo com Whatson¹, citado por LARCHER (1986), a atenuação da radiação num determinado conjunto de plantas depende principalmente da densidade da folhagem e do arranjo das folhas. A densidade de folhagem de um povoamento florestal pode ser expressa quantitativamente pelo Índice de Área Foliar.

Índice de área foliar é representado em metros quadrados de área de superfície de folha em relação a 1m² de superfície de solo. Os índices de área foliar são correlacionados com a produtividade, mas de forma bastante rudimentar, e de uma maneira que não permite um prognóstico da produção pelos índices (LIETH, 1975).

A luz, na sua trajetória até o solo, sofre a maior diminuição no âmbito da copa, e também diminui pelo efeito de sombra dos troncos. A quantidade de luz que penetra até o solo depende da estrutura da floresta, do espaçamento das árvores, forma e número de folhas e também da idade.

Segundo Lyr², citado por ANDRAE (1978), o índice de área foliar, varia conforme o povoamento, sendo inferior a 1 em reflorestamentos novos, podendo alcançar 8 a 9 em florestas densas de coníferas e foram medidos valores de até 13,7 (em florestas latifoliadas do Japão) e 16.6 (em florestas de galeria na Tailândia).

BIDDISCOMBE et alii (1985), encontraram um índice de área foliar de 3.7 para um povoamento de *E. camaldulensis*, este com idade de 6 anos e com um espaçamento de 3.5 x 3.5 metros.

¹WHATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in the net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Bot.* 11:41-76. 1947.

²LYR, H. et alii. *Gehoelzphysiologie*. August Fischer Verlag, Jena.

ANDRAE & KRAPPENBAUER (1982), mediram um índice de área foliar de 5.7 num povoamento de *E. saligna* com 4 anos de idade. As árvores que originalmente foram plantadas num espaçamento de 2 x 2 metros, no momento da determinação do índice apresentavam uma altura média de 10 metros.

Segundo LARCHER (1986), em regiões secas, nos solos pobres e pedregosos e nas áreas de curta estação de crescimento, surgem comunidades abertas de plantas cujo índice de área foliar cai para valores mínimos, na medida em que decresce a cobertura. Ainda este, afirma que as florestas boreais e as florestas sempre verdes da zona temperada, apresentam o maior índice de área foliar médio 12, vindo após as florestas pluviais tropicais com (IAF) médio de 8, na sequências florestas verdes úmidas e as florestas caducifólias com (IAF) de 5 e finalmente os bosques esclerófilos e arbustos com (IAF) médio de 4.

2.4. Microclima florestal

Geralmente a distribuição dos vegetais está regulada pelas variações do clima, que dependem da latitude, distância do mar e altitude. As variações devidas a fatores históricos ou a agentes bióticos ou edáficos tem, em geral, um significado geográfico mais ou menos limitado (PHILLIPS, 1953).

O microclima de uma floresta, caracteriza-se primeiramente pela modificação sofrida na luz que penetra através da cobertura das árvores. Nas áreas com árvores tipo coníferas, a luz é fortemente reduzida, mas pouco modificada qualitativamente. Já nas áreas ocupadas por árvores tipo folhosas, a luz sofre uma grande absorção, seletiva que lhe dá uma tonalidade amarelo esverdeada quando as árvores estão com folhas. Numa floresta temperada, a iluminação ao nível do solo, pode descer a 2%

da iluminação de um terreno descoberto. Na floresta tropical a iluminação varia entre 0.1 e 1% (DAJOZ, 1973).

De acordo com GEIGER (1980), o povoamento adulto de grande altura e totalmente coberto por copas de árvores, distingue-se de todas as outras coberturas vegetais por possuir na zona dos fustes um espaço de atmosfera que lhe é próprio e fechado sobre si mesmo. O clima do espaço dos fustes é um clima de transição entre o clima do ar livre, do qual esta separado pela zona densa das copas, e o clima do solo florestal subjacente. Debaiixo do manto protetor da zona dos fustes, o microclima do solo florestal é essencialmente diferente do microclima de um solo nu fora da floresta.

WHATLEY & WHATLEY (1982), dizem que a quantidade de luz que atinge o solo de uma floresta depende das espécies presentes e da densidade das sucessivas camadas abaixo do dossel. Sob um dossel uma grande parte da luz que atinge as folhas situadas mais abaixo está sob a forma de alguns raios de sol que penetram através de aberturas no dossel. Quando as aberturas são pequenas, cada raio de sol persistirá durante um intervalo de tempo relativamente curto, cuja duração depende do tamanho da brecha. As brechas de luz são uma importante fonte de iluminação para as plantas das camadas inferiores principalmente em florestas densas. Ainda segundo este mesmo autor, parte da radiação solar que chega ao dossel florestal é refletida de volta para o céu aberto, parte é absorvida pelas copas e posteriormente transmitida para o interior da floresta na forma de ondas longas, e finalmente uma ultima parte penetra diretamente na floresta.

De acordo com ANDRAE (1978), da radiação que atinge a vegetação, parte é refletida, uma parte é absorvida e outra parte passa pelas folhas. Desta maneira há uma seleção das ondas de luz. A transmissão da luz depende da estrutura da folha, ela pode ser de até 40% em

folhas finas, ou até 0% em folhas grossas. Este mesmo autor diz que a intensidade da luz sofre alterações diurnas e estacionais e varia também com a latitude, altitude, a exposição e a inclinação. Além dos fatores acima citados, a órbita do sol, nuvens, conteúdo do ar em vapor d'água, conteúdo em agentes de poluição, também influem na intensidade luminosa relativa. Ainda segundo este autor, a avaliação da intensidade da luz poderia ser feita em números absolutos (LUX), mas considerando que dentro de um povoamento existem grandes variações de sombreamento durante o caminho do sol ou devido ao movimento de folhas pelo vento, causando flutuações, a própria intensidade, de luz no aberto igualmente está sujeita a variações contínuas. Tudo isto dificulta a definição da luminosidade num povoamento em termos absolutos. Todos estes fatores fazem com que a luminosidade numa floresta seja avaliada como fração de intensidade de luz do sol disponível no aberto. Esta fração é chamada de intensidade luminosa relativa.

Segundo SPURR & BARNES (1980), a iluminação relativa abaixo de um dossel de uma floresta temperada caducifolia que se encontra desprovida de folhas pode chegar de 50 - 80%, enquanto um valor de 1 a 5% é comum para estas florestas quando com folhas.

REIFSNYDER & LULL (1965), assinalam valores de 2 a 60% de iluminação relativa para florestas de folhosas. Já em coníferas a redução pode ser um pouco maior, principalmente na época de emissão de brotações anuais chegando a extremos de 0.5 - 6.7%. Em florestas tropicais são atingidos valores tão baixos quanto 0.2 a 1% (JACOBS, 1988).

Segundo PARDÉ (1974), a temperatura do ar varia sob a cobertura florestal da mesma forma que a radiação solar, principal fonte de calor para o ar, a vegetação e a superfície do solo. Para se conhecer a

influência da floresta sobre a temperatura do ar, estuda-se as temperaturas máximas e mínimas do decorrer dos meses.

As temperaturas máximas na floresta mudam lentamente de posição durante o curso do dia. Ao meio dia os raios solares penetram mais facilmente no interior da floresta, fazendo com que neste horário a temperatura seja máxima mais cedo. Ao nível das copas das árvores o máximo ocorre mais tarde, quando os raios passam a ser oblíquos e são mais absorvidos. Já a noite a temperatura é sensivelmente a mesma em todos os níveis, havendo maiores temperaturas em favor do solo e das camadas próximas ao solo entre 0 e 2 metros (DAJOZ, 1973).

Conforme JACOBS (1988), a temperatura dentro das florestas tropicais pode ser até 7 a 10°C menor que fora dela, o que pode ter uma importância biológica grande. As temperaturas do solo nos primeiros 40cm de profundidade oscilam ao redor de 23°C durante o dia, enquanto podem chegar a 40°C em áreas abertas, sujeitas a maiores flutuações diárias. Também o déficit de pressão de vapor dentro da floresta, apresenta valores máximos de 25% daqueles observados no aberto, e a umidade relativa do ar obedece a um gradiente crescente do dossel para o piso.

De uma forma geral o solo florestal é mais quente no inverno e mais fresco no verão que o solo descoberto, sendo este fenômeno observado até profundidades de 1.20m. A influência da floresta, resulta da ação das copas e do isolamento térmico devido ao "litter" (PARDÉ, 1974).

Conforme ANDRAE (1978), a partir de uma certa profundidade a temperatura do solo permanece uniforme, sem sofrer influência das oscilações diárias ou até estacionais. Este autor comenta que em solos da bacia do rio Congo, esta profundidade foi medida em 70 cm, porém já a partir de 30 cm as variações se tornam insignificantes.

3. MATERIAL E MÉTODOS.

3.1. Característica da área experimental

3.1.1. Localização, clima e solo da área experimental

Os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana* utilizados para este estudo localizam-se na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi, pertencente a ESALQ - USP.

Conforme mostra o mapa da Figura 1, a estação experimental situa-se na margem esquerda do rio Tietê, um dos braços da represa de Barra Bonita, no município de Anhembi, Estado de São Paulo, próximo às coordenadas geográficas de 22° 43' de latitude sul e 48° 10' de longitude oeste de Greenwich e altitude 500 metros.

O clima de Anhembi é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C. O total de chuva do mês mais seco é inferior a 30mm. Em termos anuais, a precipitação média varia de 1100 a 1300mm.

Através da Figura 2, é possível visualizar-se o diagrama climático elaborado para a estação meteorológica de Jaú (cidade mais próxima de Anhembi com dados climatológicos de 29 anos, segundo o método sugerido por WALTER (1975)).

Figura 1. Localização geográfica da área experimental no Estado de São Paulo.

Figura 2. Diagrama climático de Jaú (cidade mais próxima de Anhembi) confeccionado de acordo com WALTER (1975). Indicações: Área sombreada = indica o período chuvoso acima de 100 mm mensais. Área pontilhada = indica período seco. Temperatura média = 21.7 °C e altitude = 580 m.

A estação seca vai de abril a setembro, sendo julho o mês mais seco. Janeiro e fevereiro são os meses de maior pluviosidade.

As três glebas que compõem a estação perfazem uma área total de 502,76 ha. São, de modo geral, terras de topografia suave, com relevo variando de plano a levemente ondulado.

Do ponto de vista geológico, a área esta situada sobre a formação Botucatu, representada pelo conjunto de sedimentos da parte mais inferior do grupo São Bento. São arenitos conglomerados e argilitos do período Triásico, da era mesozóica (BRASIL, 1960).

Conforme as análises efetuadas pelo laboratório do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", os talhões de *E. camaldulensis* e *E. torelliana* (Tabelas 1 e 3 respectivamente) encontram-se estabelecidos sobre um solo tipo Podzólico Vermelho Amarelo. Já o talhão de *E. grandis* esta localizado sobre um Latossolo Vermelho Amarelo, conforme se observa na tabela 2. Para as análises de solo, foi utilizado o método da resina de troca iônica (RAIJ et alii, 1986).

Tabela 1 - Dados de análise de solo sob o talhão de *E. camaldulensis*. Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Tb Alico, a Moderado, Textura Arenosa Média. Características Físicas e Químicas.

IDENTIFI	PROF. (cm)	COR	ARGIL %	pH H2O	CaCl2	MO %	P ppm	K	Ca	Mg	Al	T	m	V	D
															SOLO
A1	0 - 5	7.5YR3/2	11	4.6	3.7	1.8	2	0.19	0.56	0.51	0.72	5.07	36	25	1.38
A2	5 - 12	7.5YR3/2	12	4.5	3.6	1.7	2	0.16	0.34	0.26	1.10	4.56	59	17	1.46
A3	12 - 20	7.5YR3/3	10	4.3	3.5	1.8	3	0.14	0.30	0.25	1.30	4.89	65	14	1.60
A/B	20 - 31	7.5YR3/3	15	4.2	3.5	1.5	3	0.12	0.36	0.24	1.62	4.92	69	15	1.55
B/A	31 - 50	7.5YR4/4	19	4.3	3.5	1.4	3	0.13	0.28	0.29	1.62	5.40	70	13	1.54
Bt1	50 - 80	5YR4/6	20	4.3	3.6	1.5	3	0.08	0.32	0.34	1.46	4.14	66	18	1.55
Bt2	80 - 120	5YR4/6	21	4.3	3.6	1.2	2	0.03	0.42	0.28	1.60	4.13	69	18	1.52
Bt3	120 - 150	5YR4/6	20	4.4	3.7	1.2	3	0.03	0.48	0.34	1.38	3.65	62	23	1.43

Tabela 2 - Dados de análise do solo sob o talhão de *E. grandis*. Classificação: Latossolo Vermelho Amarelo Álico a Moderado, Textura Média Transição para Areia Quartzosa. Características físicas e químicas.

IDENTIFI	PROF. (cm)	COR	ARGIL %	pH H2O	pH CaCl2	MO %	P ppm	K	Ca	Mg	Al	T	m	V	D
															SOLO
A1	0 - 5	7.5YR4/2	10	4.4	3.8	1.4	1	0.08	0.10	0.10	1.36	4.08	83	7	1.34
A2	5 - 20	7.5YR4/2	9	4.5	3.8	1.3	1	0.10	0.02	0.04	1.32	3.96	89	4	1.56
B/A	20 - 55	7.5YR4/4	15	4.6	3.8	1.0	1	0.06	0.10	0.04	1.58	4.40	89	5	1.43
BW1	55 - 80	7.5YR4/4	15	4.6	3.8	0.8	1	0.04	0.06	0.05	1.58	3.55	91	4	1.47
BW2	80 - 130	7.5YR4/6	16	4.5	3.8	0.7	1	0.03	0.04	0.06	1.22	3.23	90	4	1.43
BW3	130 - 150	7.5YR4/6	16	4.4	4.1	0.7	1	0.04	0.10	0.07	1.12	2.71	84	8	1.40

Tabela 3 - Dados de análise de solo sob o talhão de *E. torelliana*. Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Tb Álico, a Moderado, Textura Arenosa Média. Características Físicas e Químicas.

IDENTIFI	PROF. (cm)	COR	ARGIL %	pH H2O	pH CaCl2	MO %	P ppm	K	Ca	Mg	Al	T	m	V	D
															SOLO
A1	0 - 5	7.5YR3/2	12	4.2	3.4	2.4	7	0.14	0.50	0.43	1.24	6.27	54	17	1.46
A2	5 - 12	7.5YR3/2	12	4.3	3.4	2.2	6	0.15	0.36	0.28	1.40	5.49	64	14	1.62
A3	12 - 22	7.5YR4/4	15	4.3	3.6	2.0	6	0.11	0.22	0.16	1.46	4.69	75	10	1.64
A/B	22 - 34	7.5YR4/4	17	4.4	3.7	1.8	5	0.13	0.20	0.22	0.22	1.87	29	29	1.59
Bt1	34 - 57	7.5YR4/5	22	4.4	3.7	0.9	1	0.10	0.08	0.32	1.30	3.90	72	13	1.55
Bt2	57 - 120	7.5YR4/5	24	4.1	3.5	0.8	1	0.09	0.12	0.20	1.54	3.81	79	11	1.52
Bt3	120 - 180	7.5YR4/6	24	4.5	3.8	0.7	1	0.03	0.22	0.19	1.46	3.24	77	14	1.57

3.1.2. Histórico e descrição dos talhões experimentais

3.1.2.1. Talhão de *Eucalyptus camaldulensis*

As árvores de *E. camaldulensis* Dehnh, foram plantadas em abril de 1982, com um espaçamento de 3 x 3 metros e no início da coleta de dados de folheto, estavam

com 7 anos de idade. As mudas foram obtidas a partir de sementes procedentes de Petford Queensland - Austrália e na ocasião do plantio não receberam nenhuma adubação. O respectivo talhão apresenta uma área de 0.98 ha.

Foto 1 - Vista interna do talhão de *E. camaldulensis*.

O manejo utilizado para com o povoamento constituiu-se de tratos culturais normais, isto é, capinas periódicas até o estabelecimento definitivo dos indivíduos.

No momento do inventário florestal, a idade do povoamento era de 9 anos e a densidade arbórea era de 854 árvores por hectare com um diâmetro médio à altura do peito de 18.0 cm e uma altura total média de 20.5 metros.

3.1.2.2. Talhão de *Eucalyptus grandis*

Este talhão, com árvores de *E. grandis* Hill ex Maiden, foi plantado também em abril de 1982. O espaçamento usado no ato da implantação foi de 3 x 3 metros. No início da coleta de dados de folheto, as árvores possuíam 7 anos de idade.

As mudas foram obtidas a partir de sementes oriundas de população base de multiprocedências de Atherton - Queensland - Austrália e na ocasião do plantio não receberam nenhuma adubação.

Os tratos culturais realizados no povoamento constituíram-se de capinas periódicas até o estabelecimento definitivo dos indivíduos. O talhão possui uma área de 1.21 ha.

No momento do inventário florestal realizado para a determinação de fitomassa, a idade das árvores era de 9 anos e a densidade arbórea era de 976 árvores por hectare com um diâmetro médio a altura do peito e uma altura média de 21.0 cm e 27.6 metros respectivamente.

Foto 2 - Vista interna do talhão de *E. grandis*.

3.1.2.3. Talhão de *Eucalyptus torelliana*.

Este talhão formado por árvores de *E. torelliana* F. Muell, foi implantado em agosto de 1979, com um espaçamento de 3 x 2 metros. Na época de instalação

das bandejas coletoras de folheto, as árvores possuíam uma idade de 10 anos.

No plantio, as mudas usadas foram obtidas a partir de sementes procedentes da Argentina - Misiones, que por sua vez, tiveram origem em Kuranda - Queensland - Austrália. Por ocasião do plantio não receberam nenhuma adubação.

O povoamento encontra-se localizado numa área de 0,34 ha. Com relação ao tratos culturais realizados após o plantio, estes constituíram-se de capinas periódicas até o estabelecimento definitivo dos indivíduos.

Foto 3 - Vista interna do talhão de *E. torelliana*.

Na época do inventário florestal efetuado para a determinação do levantamento de fitomassa da

espécie, a idade do povoamento era de 12 anos. A densidade arbórea foi de 1600 árvores por hectare, onde este povoamento apresentou um diâmetro médio a altura do peito e uma altura média de 17.0 cm e 19.5 metros respectivamente.

3.2. Metodologia utilizada nas pesquisas conduzidas durante o período de junho de 1989 a setembro de 1991

3.2.1. Estimativa da devolução de nutrientes minerais sobre o solo dos talhões das diferentes espécies de eucalipto, através da queda do folheto

3.2.1.1. Estimativa da deposição de folheto

Para quantificar a deposição de folheto foram distribuídas no interior do talhão aleatoriamente 20 armadilhas coletoras ou bandejas, formadas por telas de náilon tipo mosquiteiro de 1m^2 de superfície cada uma e amostrando uma área de 900m^2 .

Com a finalidade de se obter uma distribuição casualizada das armadilhas, em cada talhão foram demarcados 4 blocos com 5 repetições.

As telas foram instaladas entre as árvores, e ficaram suspensas a 30 cm do solo, sustentadas por 4 estacas de madeira e uma moldura. A parte central das telas coletoras se apresentava de forma côncava, de tal modo a permitir o acúmulo do folheto e a facilitar o escoamento da água através das malhas.

O material depositado sobre as armadilhas foi coletado mensalmente, segundo a metodologia tradicional

utilizada pela maioria dos pesquisadores dentre os quais CARPANEZZI (1980), POGGIANI (1985) e mais recentemente KÖEHLER (1989). Todas as coletas foram feitas no primeiro dia útil de cada mês. Desde a instalação do experimento, junho de 1989, foram feitas 24 coletas de folheto em todos os talhões.

O folheto armazenado sobre cada uma das armadilhas, era removido e transferido para um saco plástico devidamente etiquetado e levado para o laboratório do setor de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, onde era imediatamente posto para secar em estufa a 70 - 80°C, até alcançar o peso constante e a seguir pesado com balança de precisão. Através dos valores encontrados em cada armadilha era calculada a deposição média mensal de folheto por hectare.

3.2.1.2. Estimativa da deposição de nutrientes minerais

Mediante a análise química das folhas resultantes de 4 amostras compostas, formadas cada uma a partir de 5 sub-amostras, era calculada a concentração média de cada elemento. Para isto, as folhas de cada amostra eram moidas em moinho tipo Wiley e o pó resultante era peneirado através de uma malha 20. A partir deste pó eram efetuadas as determinações dos elementos nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

Para determinar o quanto de cada elemento mineral era depositado mensalmente nos talhões, multiplicava-se a biomassa seca das folhas depositadas por hectare pela concentração média de cada elemento.

3.2.1.3. Análise química do folheto

As determinações dos elementos químicos foram realizadas no laboratório do setor de Ecologia

Aplicada do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, onde foram feitas as análises química dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), segundo a metodologia descrita por SARRUGE & HAAG (1974); de modo que o nitrogênio foi determinado por titulação após passagem pelo microdestilador de Kjeldahl. O fósforo era analisado em fotocolorímetro utilizando o método do vanado - molibdato de amônio. As concentrações de potássio, cálcio e magnésio foram determinadas através da espectrofotometria de absorção atômica.

3.2.2. Determinação de microclima

3.2.2.1. Determinação do Índice de Luminosidade Relativa

Tanto na estação de inverno (Agosto) como na de verão (Fevereiro), num dia totalmente limpo (isto é, dia de sol e sem nuvens), com o auxílio de um luxímetro, as 13 horas foram feitas medições da luminosidade dentro e fora dos talhões de *E. grandis*, *E. camaldulensis*, e *E. torelliana*. Inicialmente foi feita uma leitura próxima do povoamento, a pleno sol, em seguida foram feitas mais 30 leituras no interior da floresta. As leituras no interior do bosque, eram feitas em pontos a 3 metros uns dos outros.

De posse do valor de leitura externa, representando a luz que chega sobre a floresta, e da média das leituras dentro do povoamento, calculou-se o Índice de Luminosidade Relativa (ILR), obtido a partir da expressão:

$$ILR = \frac{\text{Luz debaixo do dossel}}{\text{Luz acima do dossel}} * 100.$$

3.2.2.2. Determinação da radiação global

Para as três espécies de eucaliptos, determinou-se a radiação global fora e dentro de cada talhão. As leituras fora e dentro de cada povoamento foram feitas com o auxílio de um milivoltímetro digital e portátil acoplado a um tubo solarímetro, localizado sobre um tripé a 80cm de altura, estando este nivelado em relação ao terreno.

Foram realizadas medições às 9:00, 12:00 e 15:00 horas. Nos horários pré-estabelecidos realizou-se uma leitura fora do povoamento à plena luz e um total de 30 leituras no interior do povoamento, estas leituras distantes 3 metros umas das outras.

Os valores de radiação global em $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$, tanto fora do povoamento como no interior do mesmo, foram obtidos multiplicando-se respectivamente uma única leitura (fora) e a média das 30 leituras (dentro) em milivolts (mv) pela constante de cada aparelho, constante esta obtida a partir da calibragem do tubo solarímetro em função do radiômetro de Eppley.

3.2.2.3. Determinação da temperatura do ar e do solo

A temperatura do solo foi medida nas profundidades de 5, 10 e 20cm. Para que isto se tornasse viável utilizaram-se termômetros de solo (geotermômetros).

Procurou-se um local que fosse o mais representativo possível das condições internas de cada talhão e ali foram instalados os geotermômetros. Na ocasião da instalação procurou-se alterar o mínimo possível a serapilheira que se encontrava sobre o solo.

Com o auxílio de uma bússola, delimitou-se o sentido leste-oeste e na parte intermediária entre 2

fileiras de árvores os geotermômetros ficaram distantes 50cm uns dos outros e as escalas de leitura ficaram em exposição sul.

As leituras tinham início as 7:00 h e o final das mesmas ocorria as 19:00 horas. O intervalo das leituras era de uma hora, o que totalizava no final do dia 13 leituras para cada profundidade em cada talhão.

Para determinar a temperatura do ar, também foi instalado um termômetro de máxima e mínima tipo capela a 1.5 m do nível do solo e as leituras obedeciam a mesma metodologia usada para os geotermômetros.

3.2.3. Estimativa da fitomassa e da mineralomassa da parte aérea das árvores

3.2.3.1. Marcação e corte das árvores representativas de cada espécie

No mês de setembro de 1991, realizou-se a determinação da fitomassa arbórea dos talhões experimentais de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*. Nesta ocasião os talhões, *E. camaldulensis* e *E. grandis* apresentavam a idade de 9 anos e 4 meses. Já o talhão de *E. torelliana* apresentava-se com uma idade de 12 anos e 1 mês.

Inicialmente realizou-se um inventário dos talhões experimentais, com a finalidade de caracterizar a população no que diz respeito à variação existente entre os parâmetros diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total. No talhão de *E. camaldulensis* foram instaladas 5 parcelas de 15 x 15 metros, totalizando uma área de 1125 m². Para o talhão de *E. grandis* foram instaladas 4 parcelas também de 15 x 15 metros, perfazendo uma área de 900 m². Já no talhão de *E. torelliana*, por este apresentar uma área pequena,

todas as árvores foram amostradas, representando uma área de 2256 m². Todas as árvores vivas e com DAP maior ou igual 4.0 cm tiveram seus diâmetros e alturas devidamente mensurados.

Para cada espécie, foi feita uma distribuição diamétrica em função de 5 classes e em cada uma destas foi abatida uma árvore. Logo em cada talhão foram abatidas um total de 5 árvores com a finalidade de determinar a massa de cada um dos compartimentos destas (folhas, ramos, casca e lenho).

3.2.3.2. Determinação da massa seca das árvores abatidas

Uma vez abatidas, as árvores foram medidas quanto ao diâmetro (DAP) e altura do primeiro galho vivo (altura de copa). Na sequência as árvores foram submetidas a uma cubagem rigorosa, segundo o método desenvolvido por "SMALIAN" também utilizado por (COUTO & BASTOS, 1987). Logo após, na copa das árvores, foram coletadas amostras de folhas para posterior determinação do Índice de Área Foliar (IAF), estas em diferentes posições da copa. Para a análise nutricional, as folhas foram coletadas na parte intermediária da copa, isto levando em conta quatro pontos ortogonais. Também os ramos foram separados dos troncos e classificados em finos (diâmetro menor que 1.0cm), médios (diâmetro entre 1.0 e 2.0cm) e grossos (diâmetro maior que 2.0cm). Dos ramos, foram coletadas todas as folhas. Todos os compartimentos tiveram seu peso total determinado. Em função do comprimento total da árvore, o tronco foi dividido em 3 partes e na parte central de cada terço foi retirado um disco de 5cm de espessura. Após a retirada dos galhos e dos discos de amostragem, o tronco foi seccionado

em toretes de 1 metro, todos foram descascados e pesou-se separadamente toda casca e todo o lenho.

Todas as amostras (folhas, ramos, casca e lenho), utilizadas para determinação do teor de umidade foram pesadas ainda no campo, com o auxílio de uma balança de precisão. A seguir foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e posteriormente levadas para o laboratório.

No caso dos discos do tronco, a casca e o lenho foram pesados separadamente. Já no laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, as amostras foram colocadas em estufa com ventilação forçada e à temperatura de 70-80°C, até alcançar peso constante.

Para a determinação da peso de matéria seca das folhas e dos ramos utilizou-se o valor dos teores de umidade encontrados nas amostras retiradas em quatro pontos ortogonais da parte intermediária da copa das árvores. Na determinação do peso da matéria seca do lenho e da casca de cada tronco utilizou-se a média dos teores de umidade dos discos de madeira e dos anéis de casca retirados a 16.5%, 50% e 83% do comprimento total do tronco.

3.2.3.3. Determinação da concentração de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores

Com o objetivo de determinar as concentrações de nutrientes nas folhas, ramos, casca e lenho utilizaram-se as mesmas amostras que já haviam sido utilizadas na determinação dos teores de umidade. Para cada árvore foram preparadas amostras compostas de folhas e amostras individuais de ramos, isto em função dos seus tamanhos (finos, médios e grossos). O tronco foi amostrado utilizando um disco retirado na metade da altura total da

árvore, conforme metodologia de YOUNG & CARPENTER (1976). Este disco foi separado em casca e lenho. O anel de casca, após a secagem, foi moído na sua totalidade. O disco do lenho, foi dividido em quatro cunhas iguais. Duas cunhas foram fragmentadas e utilizadas para análise. Todo material vegetal foi moído separadamente em moinho tipo Wiley e passado por uma peneira de malha 20. Para a determinação dos elementos químicos de cada compartimento usou-se a metodologia de SARRUGE & HAAG (1974).

3.2.3.4. Estimativa da fitomassa arbórea acima do solo e da mineralomassa

Com a finalidade de estimar a fitomassa arbórea dos talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*, inicialmente foram determinados os pesos (Kg) de cada um dos componentes das árvores derrubadas (folhas, ramos, casca, lenho.), em função de classes de diâmetro pré-estabelecidas, conforme os itens; 3.2.3.1. e 3.2.3.2..

Logo após multiplicou-se o número de árvores em cada classe de diâmetro pelos valores encontrados para cada componente. Somando-se os valores individuais obtidos para cada classe foi possível estimar a fitomassa existente no talhão para cada componente em separado e a fitomassa total.

Conhecendo-se a concentração de cada nutriente em cada um dos componentes das árvores analisadas, conforme o método acima citado, foi estimada a quantidade de nutrientes existentes na fitomassa arbórea de cada um dos talhões em estudo.

3.2.4. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF)

A medida que as árvores iam sendo abatidas, dentro de suas respectivas classes de diâmetro, de cada uma coletavam-se amostras de folhas em diferentes posições da copa. Procurou-se tomar folhas de todos os tamanhos, mas sempre mantendo a proporcionalidade entre folhas pequenas, médias e grandes.

As folhas oriundas das 5 árvores abatidas para cada espécie, foram homogeneizadas dando origem a uma amostra composta que teve seu peso determinado ainda no campo.

Em seguida as folhas foram levadas para o laboratório do Setor de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ.

A área foliar, considerada real, foi obtida utilizando o método da "pesagem de impressões" (BARROS *et alii*, 1973).

O método constitui em recortar as impressões em papel e comparar o seu peso com o de figuras de áreas conhecidas, utilizando o mesmo material (papel).

3.2.5. Análise estatística

Para a análise estatística, foi utilizado um modelo linear para a variável "deposição de folheto".

Quando foi obtida significância na Análise de Variância, usou-se o teste de Tukey de comparações múltiplas, para determinar as diferenças.

Metodologia semelhante, foi utilizada para a variável quantidade de nutrientes devolvidos ao solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Nutrientes minerais devolvidos ao solo através da deposição de folheto

4.1.1. Deposição de folheto

O processo de derrubada das folhas e de outros componentes das copas, constitui-se num importante mecanismo de transferência de nutrientes da fitomassa para o solo. A queda das folhas é causada pela senescência resultante de uma série de processos metabólicos, ligados à fisiologia de cada espécie e também pelos estímulos vindos do ambiente tais como fotoperíodo, temperatura, estresse hídrico etc. (KRAMER & KOZLOWSKI, 1979).

Mediante a coleta da massa foliar oriunda das copas das árvores e depositada sobre as bandejas coletoras, foi possível estimar a quantidade de folheto devolvida mensalmente ao solo para cada uma das espécies de eucalipto em estudo. Na tabela 4, são apresentados os resultados referentes ao período de coleta, compreendido entre junho de 1989 e maio de 1991.

Observa-se que as médias dos valores anuais de deposição de folheto para os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana* foram respectivamente de 7200 Kg/ha, 3138 Kg/ha e 5858 Kg/ha.

Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão do folheto depositado nos povoamentos puros de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana* em Anhembi - SP. (Kg/ha/mês).

MESES	<i>E. camaldulensis</i>		<i>E. grandis</i>		<i>E. torelliana</i>	
1989 - 90						
JUN	426.50	±8.23	108.55	±3.48	138.60	±3.91
JUL	480.70	±8.06	172.55	±4.36	213.90	±6.35
AGO	810.05	±9.39	152.75	±9.17	245.46	±11.04
SET	726.80	±10.49	145.50	±4.28	358.20	±8.62
OUT	675.55	±12.51	153.35	±4.83	856.50	±10.09
NOV	679.15	±7.96	196.80	±7.60	887.30	±10.74
DEZ	387.85	±7.36	310.50	±8.74	870.45	±19.63
JAN	450.15	±9.73	574.45	±10.55	689.95	±12.71
FEV	552.70	±11.00	340.25	±14.09	559.50	±8.68
MAR	713.55	±8.16	291.35	±5.19	567.85	±11.17
ABR	827.20	±11.65	399.42	±4.60	595.40	±8.16
MAI	546.15	±9.12	270.80	±11.98	292.55	±6.68
TOTAL ANUAL :	7267.15		3116.57		6275.61	
1990 - 91						
JUN	484.60	±7.79	176.70	±6.79	241.70	±6.89
JUL	538.05	±6.28	115.00	±4.58	318.40	±7.64
AGO	583.65	±7.00	143.40	±5.61	440.20	±10.63
SET	567.30	±4.96	77.60	±3.25	415.40	±6.76
OUT	1070.75	±12.11	332.85	±10.91	1200.90	±16.76
NOV	578.56	±8.22	407.13	±10.57	458.54	±7.56
DEZ	347.00	±7.67	406.10	±6.59	268.70	±5.54
JAN	177.15	±4.40	293.65	±8.84	108.80	±2.56
FEV	310.65	±7.84	341.25	±7.48	410.00	±8.59
MAR	626.95	±14.70	352.30	±11.40	568.50	±9.02
ABR	837.55	±8.65	302.80	±7.94	528.25	±7.85
MAI	1013.25	±10.21	211.45	±2.50	381.45	±4.97
TOTAL ANUAL :	7135.37		3160.23		5440.79	
MEDIA (2 ANOS) :	7201.26		3138.40		5858.20	

Em trabalho realizado em Israel, num povoamento de *E. camaldulensis* com 20 anos de idade, ZOHAR (1984), encontrou uma deposição de folheto de 7370 Kg/ha/ano.

Na Austrália em um povoamento de *Eucalyptus grandis* com 27 anos de idade, TURNER & LAMBERT (1983), registraram uma deposição anual média de 4490 Kg/ha.

Conforme os resultados apresentados na tabelas 5 não foi verificada diferença estatística significativa entre os talhões de *E. camaldulensis* e o *E. torelliana* em termos de deposição de folheto, mas estes talhões diferiram estatisticamente do *E. grandis*.

Tabela 5 - Médias usadas para o teste de Tukey.

ESPÉCIE	MEDIA MENSAL		C.V.
<i>E. camaldulensis</i>	587.45	A	31.8
<i>E. torelliana</i>	488.17	A	26.9
<i>E. grandis</i>	261.45	B	14.4

Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando que a queda de folheto, dentre uma série de fatores, pode estar relacionada com as variações climáticas, foram elaborados os gráficos, representando a variação mensal da queda de folheto ao longo dos 24 meses de estudo, contidos na Figura 3. Também foram feitas análises de correlação entre a deposição de folheto e as variáveis climáticas (temperatura e precipitação), para melhor entender a sazonalidade de deposição das folhas.

Verifica-se na Figura 3, que no primeiro ano (1989/90), a precipitação do período de verão concentrou-se no mês de janeiro, ao passo que no segundo ano se distribuiu de dezembro a março. Já a temperatura apresentou um comportamento semelhante nos dois anos.

Figura 3. Variação mensal da queda de folheto (kg/ha/mês) em *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*, de acordo com as mudanças mensais na Temperatura (°C) e Precipitação (mm).

Os dados climáticos observados durante os dois anos de estudo estão de acordo com os valores médios da região.

Ainda nesta figura, observa-se que as três espécies apresentam comportamentos diferenciados no que diz respeito a deposição de folheto ao longo das diferentes estações do ano.

Para uma melhor visualização das tendências da deposição de folheto para cada espécie ao longo do tempo, foram feitos os gráficos contidos na Figura 4, utilizando-se os valores médios de cada mês.

Observa-se que os períodos de maior deposição de folheto no talhão de *E. camaldulensis*, ocorreram durante a primavera e o outono, enquanto que a menor deposição foi registrada nos meses de verão.

No caso do *E. camaldulensis*, a deposição de folheto apresentou correlação negativa ($R = -0.3804$) com a precipitação pluviométrica e nenhuma correlação com a temperatura.

Em estudos realizados por ZOHAR (1984), acompanhando o curso sazonal da queda de serapilheira em plantios de *E. camaldulensis*, em Israel, foi verificado que o pico da derrubada das folhas (40.7% do total anual) ocorreu na primavera.

Segundo citação de BARROS & NOVAIS, (1990), o *E. camaldulensis*, dependendo de sua distribuição na Austrália, inicia sua abscisão foliar antes ou depois do estresse hídrico. As árvores localizadas em regiões de clima seco apresentam um sistema radicular mais profundo.

THORANISORN et alii (1991), avaliando a queda de "litter" em povoamentos de *E. camaldulensis* na Tailândia, verificaram que o período de maior queda de serapilheira se estendeu a partir do final da estação úmida até a metade da estação seca.

Figura 4. Variação mensal da queda de folheto (kg/ha/mês) em *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*, de acordo com as mudanças mensais na Temperatura (°C) e Precipitação (mm). (Média de dois anos).

Para o *E. grandis* observa-se que a deposição de folhede tem alta correlação positiva ($R = 0.7052$) com a precipitação, enquanto possui baixa correlação com a temperatura ($R = 0.4642$).

Mediante uma análise da Figura 4, verifica-se que a maior deposição de folhede para o *E. grandis* ocorre durante o verão, enquanto que a menor deposição é observada na primavera. Dentre as três espécies de eucaliptos estudadas, o *E. grandis* foi a espécie que apresentou a menor deposição de folhede.

Também TURNER & LAMBERT (1983), observaram que em plantações de *E. grandis* localizadas em Coff's Harbour (Austrália) a derrubada mais acentuada das folhas ocorre durante o verão quente e chuvoso.

No Brasil, trabalhos realizados por CARPANEZZI (1980) e POGGIANI (1983), com *E. grandis* e *E. saligna* respectivamente, demonstraram características semelhantes às observadas no presente estudo. Ainda FERREIRA (1984), em Bom Despacho (MG) observou que a queda de folhas de *E. grandis*, ocorreu predominantemente no período de novembro a abril.

Observa-se ainda na Figura 4, que para o *E. torelliana* o pico máximo de deposição de folhede ocorreu na primavera ou seja ao final da estação seca.

Neste aspecto o comportamento do *E. torelliana* é semelhante ao observado nas florestas semidecíduas do Estado de São Paulo, onde a deposição de folhede nas florestas naturais da região subtropical ocorre no final do inverno após o período seco. Os trabalhos de CARPANEZZI (1980) e DELITTI (1984), em florestas naturais do Estado de São Paulo e em áreas de Cerrado identificaram a estação de inverno como sendo aquela em que ocorre o pico da derrubada de folhede.

Ao contrário, no caso do *E. grandis*, POGGIANI (1985), POGGIANI et alii (1984) e FERREIRA (1984),

verificaram que as maiores deposições de folheto em plantações de localizadas em São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais ocorreram nos meses quentes e chuvosos. O presente estudo com o *E. grandis* apresenta resultados que confirmam as observações destes autores.

Pode-se dizer que os resultados obtidos para a deposição de folheto na Estação Experimental de Anhembi, como os encontrados por outros pesquisadores em outros locais, não podem ser explicados somente pelas correlações existentes entre a deposição de folheto e as variáveis climáticas como temperatura e precipitação, mas sim todos os fatores, sejam eles climáticos, edáficos e genéticos precisam ser analisados no contexto geral, para poder explicar as características de deposição de folheto pertinentes a cada espécie.

4.2. Deposição de nutrientes através da queda de folheto

4.2.1. Concentração de nutrientes no folheto depositado sobre o solo

Os resultados das diferentes concentrações dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) no folheto coletado mensalmente para cada uma das espécies, encontram-se nas Tabelas números 1, 2 e 3 do anexo.

As variações mensais nas concentrações de nutrientes, que freqüentemente se observam no folheto dos eucaliptos, podem ser atribuídas às mudanças de fatores climáticos e edáficos, como também às diferentes proporções entre tecidos vegetais mais velhos ou mais novos que fazem parte do material coletado (ATTIWILL et alii, 1978).

Segundo SPURR & BARNES (1980), o conhecimento do grau da fertilidade do solo é ferramenta fundamental para auxiliar na interpretação das diferentes

concentrações de nutrientes encontrados nas folhas decíduas.

Mediante uma análise global dos valores médios das concentrações mensais de nutrientes obtidas no período de 2 anos de coleta (Tabela 6) observa-se, que o *E. torelliana* apresenta as concentrações mais elevadas para os elementos Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Magnésio. O *E. camaldulensis* apresenta a maior concentração de Cálcio.

Tabela 6. Concentrações (%) dos nutrientes no folheto depositado nos talhões florestais (média de 2 anos).

ESPÉCIE	N	P	K	Ca	Mg
<i>E. camaldulensis</i>	0.92	0.04	0.38	1.07	0.17
<i>E. grandis</i>	0.81	0.03	0.40	0.73	0.19
<i>E. torelliana</i>	1.17	0.05	0.71	0.74	0.22

CARPANEZZI (1980), estudando a deposição de serapilheira por uma floresta mista de eucaliptos (*E. grandis* e *E. saligna*) de 4 a 5 anos de idade localizada sobre um Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, encontrou para a fração foliar as seguintes concentrações com os seus respectivos elementos: 0.69% de N; 0.05% de P; 0.20% de K; 0.52% de Ca e 0.25% de Mg.

Também POGGIANI (1985), estudando a deposição de folheto em árvores de *E. saligna*, plantadas sobre solo podzólico de fertilidade baixa/média, determinou a concentração dos elementos com os seguintes valores: 1.2% de N; 0.12% de P; 0.72% de K; 2.65% de Ca; 0.29% de Mg. Verifica-se neste ultimo trabalho, que as concentrações são mais elevadas em virtude da maior fertilidade do solo.

Em várias pesquisas foi observado que as baixas concentrações de nutrientes encontradas no folheto das espécies estudadas, podem ser atribuídas ao baixo grau de fertilidade dos solos (LOPES, 1983; RAIJ & QUAGGIO,

1983; MELLO et alii, 1985); ao dreno de carboidratos e nutrientes para a floração e frutificação (MENGUEL & KIRKBY, 1982). Outro fator, que melhor pode explicar a baixa concentração dos nutrientes no folheto, é a retranslocação dos mesmos para outros compartimentos da planta antes da abscisão e derrubada das folhas (KRAMER & KOZLOWSKI, 1979).

4.2.2. Quantidade de nutrientes minerais devolvidos ao solo pelo folheto

Na Tabela 7, é possível se verificar os valores estimados de nutrientes (Kg/ha/ano) depositados anualmente através da queda das folhas.

As maiores quantidades dos nutrientes depositados (N, P, K e Mg) foram observadas no folheto de *E. torelliana*, com exceção do Ca que está presente em maior quantidade no folheto do *E. camaldulensis*. A espécie que depositou as menores quantidades de nutrientes foi o *E. grandis*.

TURNER & LAMBERT (1983), registraram em plantios de *E. grandis* na Austrália, estabelecidos sobre solos de moderada a alta fertilidade, uma deposição de folhas de 4.2 t/ha/ano com os seguintes conteúdos de nutrientes : 34.5 Kg de N, 1.29 Kg de P, 6.1 Kg de K, 30.8 Kg de Ca e 8.8 Kg de Mg.

No Brasil CARPANEZZI (1980), avaliando a deposição de folheto de uma floresta mista de *E. saligna* e *E. grandis*, situada sobre um Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa em Lençóis Paulista, verificou uma deposição média anual de 4.7 t/ha/ano, contendo 32.5 Kg de N, 2.29 Kg de P, 9.5 Kg de K, 24.5 Kg de Ca e 11.7 Kg de Mg.

Tabela 7 - Nutrientes depositados anualmente (Kg/ha/ano) sobre o solo dos talhões florestais (média de 2 anos).

ESPÉCIE	N	P	K	Ca	Mg
<i>E. camaldulensis</i>	65.1 ^a	2.7 ^a	28.3 ^b	74.4 ^a	11.9 ^a
<i>E. grandis</i>	24.0 ^b	1.0 ^b	12.3 ^c	23.6 ^c	6.1 ^b
<i>E. torelliana</i>	67.2 ^a	3.1 ^a	43.7 ^a	43.6 ^b	12.3 ^a
C.V.	41.6	46.6	62.6	41.5	43.3

Médias, seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

POGGIANI *et alii* (1984), estudando a queda de folheto em povoamentos de *E. saligna* e *E. grandis*, situados em Latossolo Vermelho Escuro de textura arenosa e baixa fertilidade, localizados na região de Três Lagoas - MS., verificaram que a deposição para ambas as espécies foi de 4 t/ha/ano. Ambos os povoamentos depositaram aproximadamente 36 Kg de N, 2 Kg de P, 7 Kg de K, 25 Kg de Ca e 8 Kg de Mg.

Ainda POGGIANI (1985), estimou a deposição de folheto em árvores de *E. saligna*, crescendo sobre um solo podzólico de fertilidade baixa/média, por um período de três anos, e encontrou uma média anual de 4.5 t/ha, com 27.3 Kg de N, 1.2 Kg de P, 16.7 Kg de K, 44.0 Kg de Ca e 9.3 Kg de Mg.

Mediante os resultados deste trabalho e do de outros pesquisadores, pode-se dizer que a quantidade de nutrientes devolvidos ao solo, pelas diferentes espécies de eucaliptos, depende do comportamento fisiológico de cada espécie, das condições climáticas e principalmente do grau de fertilidade do solo.

4.3. Fitomassa arbórea e mineralomassa da parte aérea dos talhões florestais

4.3.1. Fitomassa dos diferentes compartimentos das árvores

Os resultados obtidos em função do inventário florestal nas parcelas de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*, segundo a metodologia descrita no item 3.2.3.1., são apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Valores dendrométricos dos talhões florestais de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

ESPÉCIE	IDADE (anos)	NÚMERO DE ÁRV./ha	ALTURA MÉDIA (m)	D A P MÉDIO (cm)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUME SÓLI.(m ³ /ha)
E. CAMALDULENSIS	9	853	20.5	17.9	22.9	198.6
E. GRANDIS	9	966	27.6	21.0	30.0	528.9
E. TORELLIANA	12	1160	19.0	17.0	29.4	267.4

Dentre às três espécies observa-se que o *E. grandis* destaca-se por apresentar os maiores valores para as variáveis DAP, Altura, Área basal e volume de madeira. Já o *E. camaldulensis* foi a espécie que apresentou a menor área basal e o menor volume de madeira.

Em função dos resultados obtidos no inventário florestal, para cada espécie, e após uma análise global do mesmo, foram estabelecidas 5 classes de diâmetro e escolhida uma árvore representando cada classe. Uma vez

abatidas, as árvores foram separadas em seus compartimentos: folhas; ramos finos, médios, grossos; casca e lenho. Cada um destes compartimentos teve sua matéria seca devidamente aferida e através dos dados de inventário foi possível estimar a fitomassa total expressa na tabela 9

Observa-se que o *E. grandis*, mesmo apresentando menor idade e menor número de árvores por hectare que o *E. torelliana* apresentou uma maior produção de matéria seca em todos os compartimentos exceto para ramos grossos observados no *E. torelliana*. Principalmente com relação ao compartimento das folhas o *E. grandis* apresentou uma fitomassa aproximadamente 4 vezes superior aos outros eucaliptos.

Verifica-se para as três espécies que o tronco (casca + lenho) representa em média 90% do total produzido, enquanto que a copa (folhas + ramos) representa apenas 10% da fitomassa total.

O maior percentual de fitomassa produzido por um povoamento encontra-se no tronco. Esta proporção tende a aumentar a medida que o povoamento envelhece (ANDRAE, 1976).

SINGH & SHARMA (1976), estudando a fitomassa em *Eucalyptus tereticornis*, com 5 idades diferentes, encontraram um peso seco de 53,18 Kg/árvore para a idade de 5 anos, aumentando para 197,50 Kg/árvore aos 9 anos. Estes ainda verificaram que a contribuição da fitomassa do lenho em relação à fitomassa total acima do solo aumenta com o diâmetro e com a idade e varia de 28 e 86%. Já a percentagem de contribuição dos demais compartimentos (folhas, ramos finos e galhos) se estabiliza ou decresce a medida que aumenta a idade.

Na Austrália TURNER (1986), estudando a fitomassa arbórea e a produtividade líquida em plantações de *E. grandis* com diferentes idades e localizadas sobre solos derivados de granodiorito permiano ou sedimentos,

Tabela 9 - fitomassa seca (kg/ha) e (%) do total em plantações de E. camaldulensis, E. grandis e E. torelliana

ESPECIE	IDADE	NÚMERO	RAMOS						FITOMASSA						
			ANOS	ÁRVORES/ha	FOLHA (%)	FINOS (%)	MÉDIOS (%)	GROSSOS (%)	CASCA (%)	LENHO (%)	TOTAL				
E. c	9	853	2201.23	1.74	930.75	0.74	1692.27	1.34	8456.74	6.70	10722.81	8.50	102118.1	80.97	126121.63
E. g	9	966	8530.58	3,12	2554.54	0.93	4345.22	1.59	7132.80	2.61	19471.87	7.12	231242.1	84.62	273277.16
E. t	12	1160	1837.40	1.07	1123.16	0.66	3740.90	2.18	10876.05	6.35	11254.37	6.57	142493.8	83.17	171325.69

encontrou para um povoamento com 12 anos, uma fitomassa total de 139,2 toneladas por hectares onde a folhagem correspondia a 3,37 t/ha, ramos 10,47 t/ha, casca 21,10 t/ha, alburno 54,60 t/ha e cerne 49,68 t/ha.

No estado de Kerala (India) TANDON et alii (1988), estimaram a fitomassa arbórea e a distribuição de nutrientes em plantações de *E. grandis* localizadas sobre solos argilosos e verificaram que, aos 11 anos de idade e com uma densidade de 689 árvores/ha, a fitomassa aérea total era de 275 t/ha, sendo esta assim distribuída por hectare: 5.5 t de folhas, 5.5 t de galhos finos, 10.8 t de ramos, 20.6 t de casca e 232.4 t de lenho.

RESENDE et alii (1983), avaliando a produção de fitomassa e a quantidade de nutrientes em plantações florestais de *E. grandis*, localizadas em Bom Despacho (MG), sobre solos de baixa fertilidade, encontraram para o *E. grandis* aos 3,5 anos de idade e com uma densidade de 1667 árvores/ha uma fitomassa de 42,73 t/ha. Esta fitomassa estava distribuída da seguinte maneira: 2,8 t/ha de folhas; 5,42 t/ha de ramos; 4,09 t/ha de casca e 30,42 t/ha de lenho.

4.3.2. Concentração dos nutrientes minerais nos diferentes compartimentos das árvores

As diferentes concentrações de nutrientes observadas nas espécies florestais arbóreas, podem ser atribuídas às características genéticas pertinentes a cada espécie e também às condições edáficas onde as mesmas se encontram em desenvolvimento.

Através da tabela 10, são apresentados os valores referentes às concentrações médias dos nutrientes encontrados nos diferentes compartimentos das árvores.

As necessidades de nutrientes por parte das árvores florestais são bastante variáveis de espécie para

espécie. A concentração de nutrientes pode acumular-se na fitomassa arbórea também em função da disponibilidade de nutrientes nos solos dos diferentes sítios (WARING & SCHLESINGER, 1985).

Observa-se na tabela 10, que as três espécies de eucalipto apresentam um comportamento semelhante no que diz respeito a distribuição de nutrientes nos diferentes compartimentos. Nas folhas verificam-se as maiores concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e na casca foram observadas as maiores concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Comportamento semelhante foi observado por TANDON *et alii* (1988), na Austrália em plantações de *E. grandis*. Este autor também observou a concentração máxima de Ca na casca.

Ainda na tabela 10, verifica-se que o *E. torelliana* é a espécie que apresenta as maiores concentrações de minerais em quase praticamente todos os compartimentos (folhas, ramos, casca e lenho). É importante ressaltar a alta exigência do *E. torelliana* em relação ao elemento Ca.

Com relação ao Magnésio, é comum que este elemento tenha concentração mais elevada nas folhas (TURNER & LAMBERT, 1983; PEREIRA *et alii* 1984; TURNER, 1986). Neste trabalho, todavia as concentrações de Mg mais elevadas foram observadas na casca das árvores.

Também POGGIANI (1985), trabalhando com *E. saligna* plantado sobre um solo de baixa fertilidade e coletando o material no final do período seco, observou que as maiores concentrações de Mg estavam na casca.

SCHÖNAU (1981), em estudo sobre as mudanças dos níveis de concentrações de nutrientes nas folhas de *E. grandis* em função da sazonalidade, verificou claramente que as mudanças ocorrem em árvores de sítios diferentes, principalmente no auge da estação de crescimento.

Tabela 10 - Concentração média (%) de nutrientes nos diferentes compartimentos das árvores de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

		NUTRIENTE (%)				
COMPONENTE	ESPÉCIES	N	P	K	Ca	Mg
FOLHAS	<i>E. camaldulensis</i>	1.990	0.122	1.380	0.746	0.188
	<i>E. grandis</i>	1.398	0.086	0.976	0.746	0.230
	<i>E. torelliana</i>	1.576	0.086	1.300	0.568	0.176
RAMOS FINOS	<i>E. camaldulensis</i>	0.350	0.022	0.332	0.274	0.040
	<i>E. grandis</i>	0.264	0.013	0.272	0.308	0.102
	<i>E. torelliana</i>	0.528	0.022	0.480	0.638	0.152
RAMOS MÉDIOS	<i>E. camaldulensis</i>	0.318	0.008	0.246	0.264	0.044
	<i>E. grandis</i>	0.226	0.011	0.158	0.252	0.090
	<i>E. torelliana</i>	0.504	0.019	0.284	0.680	0.112
RAMOS GROSSOS	<i>E. camaldulensis</i>	0.244	0.007	0.236	0.250	0.038
	<i>E. grandis</i>	0.197	0.013	0.127	0.222	0.072
	<i>E. torelliana</i>	0.413	0.014	0.283	0.263	0.077
CASCA	<i>E. camaldulensis</i>	0.310	0.019	0.640	1.870	0.217
	<i>E. grandis</i>	0.354	0.042	0.698	1.464	0.314
	<i>E. torelliana</i>	0.384	0.034	0.582	2.780	0.322
LENHO	<i>E. camaldulensis</i>	0.156	0.005	0.056	0.054	0.014
	<i>E. grandis</i>	0.218	0.004	0.056	0.044	0.010
	<i>E. torelliana</i>	0.134	0.011	0.134	0.100	0.020

BELLOTE (1990), no Brasil trabalhando com *E. grandis* observou que o conteúdo dos nutrientes minerais nas folhas varia em função da idade e das estações.

Também POGGIANI³, em trabalho realizado acompanhou a sazonalidade da concentração de nutrientes nas folhas de *E. grandis* e *E. urophylla*, na região de Mogi

³ POGGIANI, F. (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, SP) Comunicação pessoal 1992.

Guaçu (SP) e verificou que as maiores concentrações ocorrem na época quente e chuvosa do verão , enquanto que as menores concentrações foram encontradas na época seca.

De acordo com KRAMER & KOZLOWSKI (1979), as concentrações de cálcio e magnésio poderão ser mais ou menos elevadas nas folhas de acordo com a época do ano.

4.3.3. Conteúdo de nutrientes na fitomassa arbórea

Na tabela 11, são apresentados os pesos da fitomassa seca dos diversos compartimentos com o respectivo conteúdo de nutrientes.

Observa-se, que o *E. grandis* além de apresentar a maior produção de fitomassa, também é a espécie que extrai e acumula as maiores quantidades dos nutrientes analisados, com exceção do cálcio que se encontra em maiores quantidades no *E. torelliana*.

Na Austrália TURNER & LAMBERT (1983), trabalhando com uma floresta de *E. grandis* aos 27 anos de idade, encontraram uma fitomassa de 394 t/ha e o seu conteúdo mineral era de 435 Kg de N, 25 Kg de P, 315 Kg de K, 937 Kg de Ca e 162 Kg de Mg.

A elevada quantidade do elemento cálcio encontrada no *E. torelliana*, provavelmente indica que esta espécie é bastante exigente com relação a este elemento.

Segundo GONÇALVES⁴, em plantios de *E. torelliana* localizados no Horto Florestal Navarro de Andrade, Rio Claro - SP, verifica-se que esta espécie

⁴ GONÇALVES, A. N. (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, SP) Comunicação pessoal 1992.

apresenta-se com bom desenvolvimento quando plantada sobre solos calcáreos.

Tabela 11 - Fitomassa arbórea e nutrientes acumulados (Kg/ha) nos diferentes componentes para os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana* com suas respectivas percentagens.

NUTRIENTES													
COMPONENTE	ESPÉCIE	FITOMASSA	(%)	N	(%)	P	(%)	K	(%)	Ca	(%)	Mg	(%)
FOLHAS	E. c	2201.23	1.75	43.80	16.49	2.69	24.86	30.38	15.56	16.42	5.47	4.14	9.70
	E. g	8530.53	3.12	119.43	16.52	7.68	28.62	83.60	22.48	63.97	13.18	19.62	16.98
	E. t	1837.40	1.07	28.59	8.70	1.58	6.85	23.89	7.30	10.44	1.97	3.23	3.93
RAMOS FINOS	E. c	930.75	0.74	3.26	1.23	0.20	1.85	3.09	1.68	2.55	0.85	0.37	0.87
	E. g	2554.54	0.93	6.74	0.93	0.33	1.23	6.94	1.87	7.86	1.62	2.60	2.26
	E. t	1123.16	0.66	5.93	1.78	0.25	1.09	5.39	1.65	7.58	1.43	1.70	2.07
RAMOS MÉDIOS	E. c	1692.00	1.34	5.38	2.03	0.13	1.20	4.16	2.27	4.47	1.49	0.74	1.73
	E. g	4345.22	1.59	9.82	1.36	0.51	1.90	6.86	1.84	10.94	2.25	3.91	3.38
	E. t	3740.90	2.19	18.85	5.66	0.73	3.16	10.62	3.25	26.78	5.06	4.19	5.10
RAMOS GROSSOS	E. c	8456.74	6.70	20.63	7.76	0.61	5.64	10.96	10.88	21.14	7.04	3.21	7.51
	E. g	7132.80	2.61	14.08	1.95	0.92	3.43	9.09	2.45	15.87	3.27	5.17	4.47
	E. t	10876.05	6.34	44.95	13.50	1.49	6.46	30.82	9.42	28.64	5.42	8.34	10.15
COPA	E. c	13200.72	10.53	73.07	27.51	3.63	33.55	57.59	31.39	44.58	14.85	8.46	19.81
	E. g	22563.14	8.25	150.07	20.76	9.44	35.18	106.49	28.64	98.64	20.32	31.30	27.09
	E. t	17577.51	10.26	98.68	29.64	4.05	17.56	70.72	21.62	73.44	13.88	17.46	21.25
CASCA	E. c	10722.81	8.50	33.24	12.51	2.08	19.22	68.62	37.43	200.52	66.78	19.44	46.70
	E. g	19471.87	7.13	68.93	9.53	8.14	30.34	153.91	36.54	285.07	58.72	61.14	52.91
	E. t	11254.37	6.57	43.22	12.99	3.92	16.99	65.50	20.02	312.87	59.17	36.24	44.09
LENHO	E. c	102118.10	80.97	159.30	59.98	5.11	47.23	57.19	31.18	55.44	18.37	14.30	33.49
	E. g	231242.15	84.62	504.11	69.71	9.25	34.48	129.50	34.82	101.74	20.96	23.12	20.00
	E. t	142493.81	83.17	190.94	57.37	15.10	65.45	190.94	58.36	142.44	26.95	28.50	34.66
TRONCO	E. c	112840.91	89.47	192.54	72.49	7.19	66.45	125.81	68.61	255.96	85.15	34.24	80.19
	E. g	250714.02	91.75	573.04	79.24	17.39	64.82	265.41	71.36	386.81	79.68	84.26	72.91
	E. t	153748.18	89.74	234.16	70.36	19.02	82.44	256.44	78.38	455.36	86.12	64.74	78.75
TOTAL DA ÁRVORE	E. c	126121.63	100.00	265.61	100.00	10.82	100.00	183.40	100.00	300.54	100.00	42.70	100.00
	E. g	273277.16	100.00	723.11	100.00	26.83	100.00	371.90	100.00	485.45	100.00	115.56	100.00
	E. t	171325.69	100.00	332.84	100.00	23.07	100.00	327.16	100.00	528.80	100.00	82.20	100.00

O componente "copa" representa, para as três espécies, cerca 10% da fitomassa total e armazena em média 24% do total dos nutrientes contidos na árvore e verifica-se que no componente casca encontram-se as maiores quantidades do elemento cálcio, aproximadamente 60% do total.

Também REZENDE *et alii* (1983), em *E. grandis* verificaram que a casca representava 9.5 % da fitomassa, mas continha 16.7% dos nutrientes, sendo que para o elemento Ca esta proporção subia para 45.6%.

Verifica-se que o lenho do tronco representa em média para as três espécies 83% da fitomassa, mas este apresenta uma proporção relativamente baixa de elementos minerais quando comparado com a copa ou com a casca.

4.4. Índice de área foliar

A área foliar é um parâmetro importante na avaliação da capacidade fotossintética e do crescimento das árvores, previsão da capacidade de competição entre plantas e está correlacionada com a capacidade de acumulação de matéria seca (BENINCASA *et alii*, 1976).

Na tabela 12, são apresentados os valores dos índices de área foliar referentes ao *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

Tabela 12 - Índice de área foliar para o *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

ESPÉCIE	IDADE (anos)	Nº de árvores/ha	Área fol. (m ² /ha)	Área fol. média (m ² /Árv)	IAF
<i>E. camald.</i>	9	853	27552	32.3	2.75
<i>E. grandis</i>	9	966	93219	96.5	9.32
<i>E. torel.</i>	12	1160	30740	26.5	3.07

Observa-se que o *E. grandis* é a espécie que apresenta o maior índice de área foliar, vindo após o *E. torelliana* e o *E. camaldulensis* com valores aproximadamente 70% menores.

Nas florestas de eucaliptos do sudeste da Austrália, a deposição de folheto ocorre, principalmente na primavera e no verão e em menor intensidade no outono, estando associada com os períodos de secas sazonais, que reduzem ou interrompem o crescimento das árvores (POOK, 1984).

Desta forma dependendo da estação do ano os eucaliptos podem apresentar uma maior ou menor quantidade de folhas. Os dados da tabela 12 e da tabela 9 item 4.3.1. sugerem que provavelmente as árvores de *E. grandis* possuam características genéticas que lhes permitem uma maior conservação das folhas na copa, fazendo com que esta espécie apresente ao longo do ano uma maior área foliar e conseqüentemente uma maior produção de fitomassa, conforme evidenciado no capítulo 4.3.1..

O índice de área foliar cresce com a idade das plantações até se estabilizar em um valor máximo que varia segundo as características da espécie. A produtividade bruta da comunidade vegetal segue em geral o mesmo comportamento do índice de área foliar (ALVIN, 1975).

De acordo com KRAMER & KOZLOWSKI (1979), a produtividade máxima em espécies florestais geralmente ocorre para valores de índice de área foliar entre 8 a 10.

O IAF pode variar ainda com a interação das diferentes espécies que compõem o povoamento florestal. DRUMOND (1985), por exemplo, observou para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, quando em plantios puros, um IAF de 12.5. Todavia esta espécie plantada em consórcio com *Liquidambar styraciflua* reduziu o IAF para 1.4 tornando-se dominada.

4.5. Microclima no interior dos talhões florestais

A estrutura do dossel das floresta é um resultado complexo e dinâmico das interações fisiológicas e evolutivas entre a vegetação e o ambiente. É a estrutura da copa das árvores que afeta a produtividade primária do ecossistema como um todo e regula também a luz, temperatura, vento e umidade sob o dossel e na altura do piso florestal.

4.5.1. Radiação global e intensidade luminosa relativa

Dependendo da latitude e da altitude de um determinado sítio, da natureza do terreno, da frequência de nuvens e da estação do ano, existem amplas diferenças regionais e locais no fornecimento de radiação (LARCHER, 1986). Por sua vez a estrutura do dossel afeta a energia radiante acima do piso florestal.

Na tabela 13, são apresentados os resultados referentes à radiação solar global registrados no exterior e no interior dos talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*. As medições foram efetuadas ao longo de sete dias seguidos durante os meses de fevereiro e agosto.

De acordo com ANDRAE (1978), é a intensidade de luz que decide muitos fenômenos fisiológicos. Uma iluminação forte favorece a acumulação de reservas e estimula a formação de inflorescências e frutos. A intensidade de luz regula ainda a abertura e fechamento dos estômatos, a síntese da clorofila, o crescimento e diferenciação das células e outros fenômenos fisiológicos.

Por outro lado a iluminação na altura do piso florestal esta inversamente relacionada com a densidade das copas (SPURR & BARNES, 1980).

Na tabela 14, são apresentados os valores encontrados para a intensidade luminosa relativa (ILR) nos

talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*, resultantes de observações efetuadas nos meses de agosto e fevereiro.

Conforme se observa nas tabelas 13 e 14, o *E. camaldulensis* nos períodos de verão (Fevereiro) e inverno (Agosto) é a espécie que em termos percentuais intercepta as menores quantidades da radiação total externa que incide sobre a floresta. E é também a espécie que apresenta os maiores valores para a ILR.

Tabela 13 - Valores médios da radiação global externa e interna em diferentes horas do dia ($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$) para os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

H O R A												
ESPÉCIE	9 : 00				12 : 00				15 : 00			
	LEIT. EXTERNA		LEIT. INTERNA		LEIT. EXTERNA		LEIT. INTERNA		LEIT. EXTERNA		LEIT. INTERNA	
	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)	($\text{cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$)
	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
E. ca	0.95	0.47	0.27	0.13	1.50	0.94	0.61	0.24	1.18	0.60	0.28	0.13
E. gr	0.75	0.46	0.16	0.09	1.35	0.83	0.44	0.20	1.02	0.56	0.21	0.12
E. to	0.76	0.38	0.11	0.05	1.29	0.80	0.23	0.10	1.00	0.71	0.13	0.05

Tabela 14 - Valores de Intensidade Luminosa Relativa (%) para os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

ESPÉC.	ESPAÇAMEN.	ILR	
		VERÃO	INVERNO
E. c	3 x 3	23.4	20.4
E. g	3 x 3	15.4	13.4
E. t	3 x 2	7.9	4.8

Provavelmente em ambos os casos isto se deva ao menor número de árvores/ha desta espécie e principalmente à estrutura da copa onde os ramos e as folhas são pendentes, propiciando de tal modo uma maior passagem da radiação solar para o interior do povoamento.

Dentre as três espécie estudadas, considerando suas características individuais, o *E. torelliana* é a espécie que deixa passar a menor percentagem da radiação solar global e apresenta os menores valores para a ILR.

Neste caso, a explicação para os resultados encontrados pode ser atribuída ao fato desta espécie apresentar o maior número de árvores/ha e apresentar também a maior proporção de ramos grossos que propiciam um melhor entrelaçamento das copas, conforme se observa na tabela 9 do item 4.3.1. A presença de folhas pilosas e espessas características desta espécie pode aumentar a reflexão da luz visível e do infravermelho reduzindo assim sua transmissão debaixo do dossel, de acordo com a revisão efetuada por LARCHER (1986).

Segundo REIFSNYDER & LULL (1965), ao longo do dia as árvores recebem diferentes quantidades de radiação devido as diferentes posições de suas folhas. Depende ainda da localização em relação às outras árvores.

Estes autores ainda observaram que a quantidade de luz que atinge o solo de uma floresta depende das espécies presentes, propriedades óticas das folhas e densidade das sucessivas camadas abaixo do dossel.

De acordo com LARCHER (1986) " a intercepção da radiação numa plantação também pode ser descrita sob o aspecto de espaço ocupado pela folhagem (densidade de área foliar). Neste caso o IAF se refere não a área do solo mas ao volume ocupado pelo grupo de plantas (m^2 de área foliar pelo m^3 do volume do grupo de plantas). Isto leva em conta as diferenças do arranjo e da posição das folhas ".

Considerando a variação dos resultados

encontrados nas tabelas 13 e 14, e sua importância do ponto de vista fisiológico, destaca-se a necessidade da realização de estudos mais aprofundados em relação à determinação de métodos para analisar a arquitetura da copa, incluindo observações tais como: diâmetro e altura da copa, ângulo de incidência dos ramos, exposição e propriedades óticas das folhas etc.. de forma comparativa para as diferentes espécies.

4.5.2. Temperaturas do ar e do solo sob os talhões florestais

A temperatura do solo é um dos fatores mais importantes que controla a atividade microbiológica e os processos envolvidos na movimentação dos nutrientes. É fato conhecido que a decomposição da matéria orgânica e a mineralização das formas orgânicas do nitrogênio aumenta com a temperatura. A atividade funcional das raízes de plantas como a absorção de água e nutrientes, pode ser afetada por ambas altas e baixas temperaturas do solo. (BAVER et alii, 1972).

Os dados das figuras 5 e 6 são usados para ilustrar as variações diurnas na temperatura do ar com medições efetuadas a 1.5m de altura e no solo a diferentes profundidades, para os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana* nos meses de fevereiro (verão) e agosto (inverno).

Mediante uma análise global das figuras 5 e 6 é possível se verificar que o *E. camaldulensis* é a espécie que tanto no mês de fevereiro como no mês de agosto apresenta as maiores temperaturas do solo para as diferentes profundidades (5, 10 e 20 cm).

Figura 5 - Variação diurna na temperatura do ar e temperatura do solo (°C) a diferentes profundidades (cm), no mês de fevereiro (período de 1 semana) para os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

Figura 6 - Variação diurna na temperatura do ar e temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) a diferentes profundidades (cm), no mês de agosto (período de 1 semana) para os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

O *E. torelliana* é a espécie que apresenta as menores oscilações nas temperaturas registradas, para as diferentes profundidades do solo, mantendo temperaturas mais baixas no verão. Provavelmente isto se deva ao fato de que as árvores de *E. torelliana* com maior densidade de copa regularizam as trocas energéticas entre o interior e a parte externa do talhão.

De acordo com BAVER et alii (1972), a vegetação e principalmente a floresta desempenha um papel significativo na temperatura do solo, devido as propriedades isolantes do dossel. Solos descobertos e não protegidos dos raios solares diretos, apresentam temperaturas elevadas durante o período mais quente do dia. Quando chega a estação fria, como o solo não está protegido, ocorre uma rápida perda de calor para a atmosfera.

Verifica-se ainda, que para as três espécies, aos 20 cm de profundidade, quer seja no mês de fevereiro ou de agosto, a temperatura do solo se mantém praticamente constante. Conforme ANDRAE (1978), a partir de uma certa profundidade a temperatura do solo permanece uniforme, sem sofrer influência das oscilações diárias ou até estacionais.

Observa-se que nos três talhões tanto no verão como no inverno, à medida que aumenta a temperatura do ar, ocorre um aumento da temperatura do solo. Verifica-se que as temperaturas máximas e mínimas do ar influenciam a superfície do solo, fazendo com que a temperatura deste se comporte de forma semelhante.

Os dados climáticos observados no interior dos diferentes talhões experimentais confirmam as observações de CREMER et alii (1978) e FERREIRA (1991), segundo os quais as árvores de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana* são classificadas como pertencentes na Austrália a formação de floresta aberta baixa, floresta aberta alta e floresta fechada.

4.6. Implicações ecológicas silviculturais da ciclagem de nutrientes

Atualmente existe uma grande preocupação por parte das empresas florestais no que diz respeito ao manejo sustentado das florestas implantadas. A principal meta das empresas ligadas ao setor florestal é manter a produtividade das florestas, sem diminuir a capacidade produtiva do sítio.

Para que isto se concretize, são necessárias pesquisas a respeito da quantificação dos nutrientes contidos no solo, nos diferentes componentes da árvore, no material orgânico depositado no solo e nos resíduos da exploração florestal, enfim conhecer o comportamento das diferentes espécies florestais no que diz respeito a ciclagem dos nutrientes.

O acúmulo de nutrientes na fitomassa arbórea varia de elemento para elemento em função, das características nutricionais de cada espécie, dos diferentes níveis de fertilidade do solo, e idade da floresta.

Na tabela 15, são apresentadas as estimativas das quantidades de nutrientes absorvidos pelas árvores, acumulados pela fitomassa e devolvidos ao solo pela deposição de folheto nos talhões florestais estudados.

Observa-se que existe uma diferença considerável entre o *E. grandis* e o *E. camaldulensis* e *E. torelliana*, no que diz respeito a quantidade de elementos acumulados e devolvidos.

Em função da grande porcentagem de elementos devolvidos ao solo deve-se destacar que a deposição do folheto desempenha um papel mais importante nos talhões de *E. camaldulensis* e *E. torelliana* do que no talhão de *E. grandis*.

Tabela 15 - Estimativa da mineralomassa absorvida* acumulada** nas árvores e devolvida*** ao solo pela derrubada das folhas (Kg/ha/ano). Entre parêntesis os valores em percentagem em relação aos elementos absorvidos.

ESPÉCIE	N			P			K			Ca			Mg		
(%)	ABS.	AC.	DEV.	ABS.	AC.	DEV.	ABS.	AC.	DEV.	ABS.	AC.	DEV.	ABS.	AC.	DEV.
E. c	94.6	29.5	65.1	3.9	1.2	2.7	48.6	20.3	28.3	107.8	33.4	74.4	16.6	4.7	11.9
(%)	100.0	31.8	68.2	100.0	30.7	69.3	100.0	41.7	58.3	100.0	30.9	69.1	100.0	28.3	71.7
E. g	104.3	80.3	24.0	3.9	2.9	1.0	53.6	41.3	12.3	77.6	54.0	23.6	18.9	12.8	6.1
(%)	100.0	77.0	23.0	100.0	74.3	25.7	100.0	77.0	23.0	100.0	69.5	30.5	100.0	67.7	32.3
E. t	94.9	27.7	67.2	5.0	1.9	3.1	70.9	27.2	43.7	87.6	44.0	43.6	19.2	6.9	12.3
(%)	100.0	29.3	70.7	100.0	38.0	62.0	100.0	38.3	61.7	100.0	50.2	49.8	100.0	35.7	64.3

* Mineralomassa Absorvida = Nutrientes minerais acumulados na fitomassa + devolvidos ao solo via folheto.

** Mineralomassa Acumulada = Nutrientes minerais estocados na fitomassa arborea.

*** Mineralomassa Devolvida = Nutrientes minerais devolvidos ao solo via folheto.

No caso do *E. grandis*, verifica-se que esta espécie acumula em média 73% dos nutrientes estudados e devolve apenas 27% destes ao solo via folheto. Esta característica demonstra o quanto o ciclo bioquímico é fundamental para esta espécie que apresenta um rápido crescimento, mas retém na fitomassa elevada quantidade de nutrientes. Este comportamento a médio prazo deverá refletir-se principalmente na fertilidade da camada superficial do solo.

Através de resultados como os da tabela 15, observa-se que os estudos sobre o equilíbrio da dinâmica dos nutrientes nos diferentes ecossistemas, especialmente

em florestas de rápido crescimento, devem ser mais aprofundados e prolongados, considerando as sucessivas rotações. Estas observações deveriam ser feitas acompanhadas por estudos referentes a decomposição da serapilheira e dinâmica dos nutrientes ao nível do sistema radicular.

Quanto à exportação de nutrientes, esta é geralmente proporcional à quantidade de fitomassa arbórea exportada. Todavia cada componente possui diferentes concentrações dos elementos químicos nos seus tecidos. Isto se reflete nas consequências das diferentes formas de exploração da fitomassa.

Atualmente no Brasil a maioria das empresas explora somente o tronco (madeira + casca) da árvore, deixando os resíduos (folhas, galhos etc.) no local.

Neste sentido foi preparada a tabela 16 com os valores comparativos dos nutrientes estocados anualmente nos troncos das árvores dos talhões experimentais em relação aos disponíveis no solo.

Mesmo partindo-se da premissa que o balanço entre a entrada e a saída de nutrientes do sistema das plantações florestais estudadas permanecerá em equilíbrio, verifica-se mediante uma análise global da tabela 16 que o *E. grandis* plantado no local, em virtude do elevado acúmulo de nutrientes na fitomassa e baixo estoque no solo, deverá apresentar a curto prazo problemas nutricionais, principalmente em relação ao elemento cálcio. Deve ser ressaltado todavia que a estimativa de nutrientes estocados até 150cm de profundidade no solo dos talhões, foi efetuada utilizando-se as concentrações de nutrientes obtidas através do método da resina trocadora de íons (empregado usualmente para análise de solos com culturas anuais). O uso de extratores mais fortes poderia melhor expressar a real disponibilidade de nutrientes para o sistema radicular de espécies arbóreas.

Tanto o *E. torelliana* como o *E. camaldulensis* apresentaram um menor acúmulo de nutrientes no tronco apesar de se situarem em solos mais férteis.

Todas as observações parecem importantes nas decisões a serem tomadas quanto ao futuro manejo dos talhões, principalmente com referência à duração do ciclo de corte, formas de exploração e práticas de adubação.

Na Austrália TURNER & LAMBERT (1983), estimando a fitomassa dos diversos compartimentos de uma floresta plantada de *E. grandis* com 27 anos de idade, verificaram que o cálcio foi o elemento mais extraído pelas árvores devido ao grande acúmulo na casca. Sugeriram que a exploração das árvores deveria ser evitada antes da floresta atingir 15 anos de idade, devido ao elevado teor de nutrientes existente no alburno.

POGGIANI (1985), estimou a exportação de nutrientes do sítio devido a exploração da fitomassa arbórea em talhões de *E. saligna*, *Pinus caribaea* Var.

Tabela 16 - Dados comparativos dos nutrientes estocados anualmente (Kg/ha/ano) no tronco (casca + lenho) e disponíveis no solo (Kg/ha) entre 0 e 150cm de profundidade.

ELEMENTO	E. camaldulensis				E. grandis				E. torelliana			
	CASCA	LENHO	TRONCO	SOLO	CASCA	LENHO	TRONCO	SOLO	CASCA	LENHO	TRONCO	SOLO
N	3.79	17.70	21.39	*	7.66	56.01	63.67	*	3.06	15.91	18.97	*
P	0.23	0.56	0.79	60.50	0.90	1.03	1.93	21.60	0.32	1.26	1.58	53.70
K	7.62	6.35	13.97	679.00	17.10	14.39	31.49	414.00	5.45	15.91	21.35	858.00
Ca	22.22	6.16	28.38	1730.00	31.67	11.30	42.97	279.00	26.07	11.87	37.94	1003.00
Mg	2.16	1.58	3.74	832.00	6.79	2.57	9.36	140.00	3.02	2.37	5.39	739.00

* = Elemento não analisado

hondurensis e *Pinus oocarpa* e observou que os pinheiros tropicais são espécies pouco exigentes e apresentam elevada eficiência de utilização dos nutrientes. Esta, segundo HANSEN & BAKER (1979), é a quantidade de matéria seca (Kg) produzida por Kg de nutriente utilizado. Na tabela 17, mostra-se a eficiência de utilização dos nutrientes para os povoamentos de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*.

Tabela 17 - Eficiência da utilização dos nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) em matéria seca produzida para os talhões de *E. camaldulensis*, *E. grandis* e *E. torelliana*. (Kg de fitomassa produzida/Kg de nutriente).

ELEMENTO	E. camaldulensis			E. grandis			E. torelliana		
	CASCA	LENHO	TRONCO	CASCA	LENHO	TRONCO	CASCA	LENHO	TRONCO
N	322.87	641.04	586.15	282.44	458.73	437.52	408.65	746.35	675.40
P	5180.08	20261.52	15870.73	2403.92	24945.21	14433.73	3907.75	9424.19	8109.07
K	156.35	1786.84	897.48	126.52	1785.51	884.63	229.44	746.35	600.11
Ca	53.62	1841.95	441.38	68.31	2273.76	648.29	47.96	1000.30	337.70
Mg	551.50	7181.29	3352.37	318.63	9997.49	2976.18	414.06	5162.82	2377.05

Observa-se que se for considerado o tronco como um todo, o *E. grandis* foi a espécie que apresentou a maior eficiência nutricional para o elemento cálcio.

Todavia o *E. camaldulensis* evidenciou as maiores eficiências para os elementos fósforo, potássio e magnésio.

Entretanto, se for considerado apenas o compartimento lenho que com o crescimento das árvores

incorpora uma proporção cada vez maior da fitomassa da árvore, então o *E. grandis* passa a apresentar as maiores eficiências para os elementos: fósforo, cálcio e magnésio. Isto evidencia a adaptação desta espécie para o crescimento em solos de baixas fertilidades conforme as observações efetuadas por ATTIWILL et alii (1978) na Austrália.

Também SILVA et alii (1983), estudando a eficiência de utilização de nutrientes em 5 espécies de eucaliptos plantados em Itirapina-SP, verificaram que o *E. grandis* se destacou pela alta eficiência na utilização do fósforo e potássio.

A alta eficiência apresentada por uma espécie na economia de nutrientes, torna-se um parâmetro de grande utilidade na seleção das espécies a serem utilizadas nos reflorestamentos, principalmente em se tratando de solos de baixa fertilidade. Deve-se também considerar que o grau de melhoramento genético ao qual uma determinada espécie é submetida, também pode aumentar a eficiência da mesma. Desta forma em função das características edafo-climáticas, e das espécies utilizadas, tornam-se necessários estudos específicos e a adoção de práticas silviculturais adequadas.

Dentre os principais estudos e práticas silviculturais poderiam ser considerados como prioritários:

a) Acompanhamento da evolução do estoque de nutrientes do solo durante o crescimento dos talhões florestais, a partir de sua implantação, com análises periódicas da fertilidade em diferentes profundidades.

b) Elaboração de métodos de análise de solo mais adequados para estimar a disponibilidade de nutrientes minerais para o sistema radicular das espécies arbóreas, visto que os atuais se aplicam de maneira geral às plantas de culturas anuais.

c) Acompanhamento do balanço de nutrientes minerais do solo através da quantificação das entradas e saídas no ecossistema florestal visando manter seu equilíbrio. Particular importância deveria ser dada à adubação, calagem com o objetivo de repor de forma adequada os nutrientes perdidos através da exportação da fitomassa arbórea.

Seria importante generalizar também a prática de manutenção sobre o solo dos resíduos resultantes da exploração florestal considerando o papel que estes desempenham na melhoria das características edáficas, favorecendo os processos de decomposição, ciclagem de nutrientes e retenção de água a nível do sistema radicular.

d) Utilização de rotações mais longas do que as utilizadas atualmente (5 - 8 anos), sendo estas desejáveis para otimizar a ciclagem de nutrientes e manter o solo protegido.

e) Realização de estudos quanto à arquitetura do sistema radicular das espécies florestais, tendo em vista que sua distribuição no solo esta relacionada com a capacidade de absorver água e nutrientes. Os resultados servirão de referência para o silvicultor tomar decisões sobre: espaçamentos ideais, formas de aplicação do adubo, preparo de solo, tratos culturais, escolha de local x espécie etc.

f) Efetivação de estudos associando o crescimento das árvores com as características de arquitetura da copa considerando: ângulo de inserção dos ramos, arranjo e disposição das folhas e transmissão de luz através do dossel.

g) Em função das características das copas, determinar espaçamentos ideais para cada espécie, objetivando

estimular o crescimento das árvores e proporcionar as condições microclimáticas para os processos biológicos que ocorrem na superfície do solo dentre os quais se destaca a decomposição da serapilheira.

h) Seleção de espécies arbóreas que tenham elevada eficiência nutricional e que devolvam através da serapilheira uma elevada proporção dos nutrientes absorvidos.

5. CONCLUSÕES

Em função dos objetivos inicialmente propostos, foi possível chegar-se às seguintes conclusões:

a) A produção anual de folheto, não apresentou diferenças significativas entre o *Eucalyptus camaldulensis* e o *Eucalyptus torelliana* que depositaram respectivamente (7201.26 Kg/ha e 5858,20 Kg/ha). Estas duas espécies apresentaram valores superiores ao *E. grandis* que depositou 3138.4 Kg/ha. A sazonalidade da produção do folheto foi semelhante nos talhões de *E. camaldulensis* e *E. torelliana* os quais apresentaram maior deposição na estação da primavera (após o período seco), enquanto que no talhão de *Eucalyptus grandis* a maior deposição ocorreu no verão (período quente e chuvoso).

b) Observou-se que o *Eucalyptus torelliana* foi a espécie que anualmente devolveu ao solo, mediante a queda de folheto, as maiores quantidades dos elementos minerais, com exceção do cálcio que foi devolvido em maior quantidade pelo *Eucalyptus camaldulensis*. Já o *Eucalyptus grandis* devolveu as menores quantidades de nutrientes.

c) Quanto à produção de fitomassa arbórea acima do solo, o *E. grandis* foi a espécie que apresentou os maiores valores para os compartimentos (folhas; ramos finos, médios; casca e lenho). Apenas para os ramos grossos a maior produção de fitomassa foi registrada nas árvores de

E. torelliana. Verificou-se ainda que nas três espécies estudadas o tronco (casca + lenho) representou em média 90% do total da fitomassa acima do solo. Entretanto as copas acumularam em média 24% dos nutrientes contidos na fitomassa total das árvores. O *Eucalyptus grandis*, foi a espécie que acumulou as maiores quantidades dos nutrientes N, P, K e Mg na fitomassa total. Já o *Eucalyptus torelliana*, armazenou a maior quantidade de cálcio.

d) Quanto ao Índice de área foliar, o maior valor foi encontrado para o *E. grandis* (9.3) seguido pelo *E. torelliana* (3.0) e o *E. camaldulensis* (2.7).

e) Constatou-se que o *E. camaldulensis* foi a espécie, que interceptou as menores quantidades da radiação solar global e deixou passar as maiores intensidades de luminosidade. Já o *E. torelliana* foi a espécie que mais interceptou a radiação solar global e deixando o sub-bosque com menos luminosidade. No interior do *E. camaldulensis* foram observadas as maiores temperaturas diárias do ar e dos primeiros 10 cm do solo. Todavia, aos 20 cm de profundidade a variação da temperatura foi semelhante em todos os talhões.

f) Do ponto de vista silvicultural o *E. grandis* evidenciou-se como a espécie que apresentou a maior produtividade. Todavia, removeu do solo a maior quantidade de nutrientes, devolvendo-lhe a menor quantidade em relação aos outros eucaliptos estudados. Desta forma cuidados especiais deverão ser tomados para garantir a produtividade nos futuros ciclos de corte, considerando a baixa fertilidade do solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, M.A. & ATTIWILL, P.M. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypt forests of south-eastern Austrália. *Plant and Soil*, Netherlands, 92 (3): 319 - 339, 1986.
- ALVIN, P.T. *Agricultura nos trópicos úmidos: potencialidades e limitações*. Centro de pesquisas do cacau, Ilheus, 1975. 10p.
- ANDRAE, F. H. *Washstum, wasser-und nahrost Ffhaushalt von Araucaria angustifolia O. Kuntze, Cordia trichotoma Arrab und Eucalyptus saligna Smith*. Wien. Universität für Bodenkultur, 1976. 140p.
- ANDRAE, F. H. *Ecologia Florestal*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1978. 230p.
- ANDRAE, F. H. & KRAPPENBAUER, A. *Pesquisas Austro - Brasileiras 1973-1982 sobre Araucaria angustifolia, Podocarpus lambertii e Eucalyptus saliga*. Wien, Universität für Bodenkultur, 1982. 112 p.
- ASHTON, D. H. Studies of litter in *Eucalyptus regnans* forests. *Australian Journal of botany*, Melbourne, 23: 413-433, 1975.

ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* forest: 3 - growth biomass and net primary production. *Australian Journal of Botany*, Melbourne, 27: 439-58, 1979.

Nutrient Cycling in a *Eucaliptus obliqua* (L' Hérít) Forest: 4 - Nutrient Uptake and Nutrient Return. *Australian Journal of Botany*, Melbourne, 28: 199-222, 1980.

ATTIWILL, P.M.; GUTHRIE, H.B.; LEUNING, R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* forest: 1 - litter production and nutrient return. *Australian journal of botany*, Melbourne, 26: 79-91, 1978.

BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA FILHO, L. J. Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica*, L. CV "BOURBON AMARELO"). *Revista Ceres*, 20: 44-52, 1973.

BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. *Relação Solo Eucalipto*. Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa, 1990. 330p.

BAVER, L. D. The meteorological approach to irrigation control. *Hawaiian Planters' Rec.*, 54: 291-298, 1954.

BAZILEVICH, N. I.; DROZDOV, A. V.; RODIN, L. E. World forest productivity, its basic regularities and relationship with climatic factors. In: DUVIGNEAUD, P. *Productivity of forest ecosystems*. Paris, UNESCO, 1971. p.345-53.

BELLOTE, A. F. J. Suprimento de nutrientes minerais e crescimento de plantações adubadas de *Eucalyptus grandis* nos cerrados do estado de São Paulo. Freiburg, 1990. 166p. (Doutorado - Universidade de Fraiburgo).

- BENINCASA, M. M. P.; BENINCASA, M.; LATANZ, R. J.; JUNQUETTI, M. T. G. Métodos não destrutivos para estimativa da área foliar de *Phaseolus vulgaris*, L. (Feijoeiro). *Científica*, 4: 43-48, 1976.
- BIDDISCOMBE, E. F.; ROGERS, A. L.; GREENWOOD, E. A. N.; BOER, E. S. Growth of tree species near salt seeps, as estimated by leaf area, Crown Volume and Height. *Australian Forest Research*, Sidney, 15 (2): 141-54, 1985.
- BRADSTOCK, R. Biomass in an age series of *Eucalyptus grandis* plantations. *Australian Forest Research*, Sidney, 11 (2): 111-27, 1981.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Comissão de solos. *Levantamento dos solos do Estado de São Paulo*. São Paulo, 1960. 634p.
- BRAY, J. R. & GHORAM, E. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, Londres, 2: 101-157, 1964.
- CARPANEZZI, A. A. Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo. Piraciaba, 1980. 107 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)
- COUTO, H.T.Z. & BASTOS, N.L.M. Modelos de equações de volume relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no Estado de São Paulo. *IPEF*, Piracicaba, (37): 33-34. 1987.

- CREMER, K. W. et alii. Stand Stabllishment. In: HILLS, W. E. *Eucalyptus for wood production*. Adelaide, CSIRO, 1978. p. 81-138.
- DAJOZ, R. *Ecologia geral*. 3 ed. Petropolis, VOZES. 1978. 472p.
- DELITTI, W. B. C. Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. São Paulo, 1984. 298p. (Doutorado - Instituto de Botânica/USP)
- DRUMOND, M. A. Distribuição da Biomassa Arbórea e dos Nutrientes em Plantações Consorciadas de *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus caribaea* Var. *hondurensis* Bar et Golf. Piracicaba, 1985. 87p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)
- FAO. *Tree planting practices in Tropical Africa*. Roma, 1956. 303 p.
- FAO. *El eucalipto en la repoblacion forestal*. Roma, 1981. 723 p.
- FERREIRA, M. Melhoramento e a Silvicultura Intensiva Clonal. Apresentado na Feira Nacional de Biotecnologia. Julho, 1991. (No prelo).
- FERREIRA, M.G.M. An analysis of the future productivity of *Eucalyptus grandis* plantations in the cerrado region in Brazil: a nutrient cycling approach Vancouver, 1984, 230p. (Tese Ph.D. - University of British Columbia)

- FLORENCE, R. G. Eucalypts, sites and silviculture. In: Symposium on site and productivity of fast growing plantations, 1984. *Proceedings*. South Africa, IUFRO, 1984. v. 2p. 609-20.
- GARDNER, R. H. & MANKIN, J. B. Analysis of biomass allocation in forest ecosystems of the IBP. In: REICHLE, D. E. *Dynamic Properties of Forest Ecosystems*. Cambridge, Cambridge University Press. 1981. cap.8, p.451-497.
- GARRIDO M. A. de O. & POGGIANI, F. Avaliação da quantidade e do conteúdo de nutrientes e folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies indígenas. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, 15/16: 1 - 22. 1981-1982.
- GEIGER, L. *Manual de microclimatologia*. O clima da camada de ar junto ao solo. 4 ed. Lisboa. Fundação Calouste Gublenkian, 1980. 637p.
- HALL, N.; JOHNSTON, R. D.; CHIPPENDALE, G. M. *Forest trees of Austrália*. Cambera, Australian Goverment Publishing Service, 1970. 334p.
- HANSEN, E. A. & BAKER J. B. Biomass and nutrient removal in short rotation intensively cultured plantations. In: *Annual meeting North American Poplars Concil*, Thompsonville, 1979. p 130-51.
- JACOBS, M. *The tropical rain forest - a first encounter*. Berlin, Springer - Verlag, 1988. 295p.
- KLINGE, M. & RODRIGUES, W.A. Litter production in a area of Amazonian terra firme forest: part 1 - litter fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. *Amazoniana*, Kiel, 1 (4): 287-302. 1968.

- KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A.; BRUNIG, E.; FITTKAU, E. J. Biomass and structure in a Central Amazonian Rain Forest. In: GOLLEY, F. B. & MEDINA, E. *Tropical ecological systems; trends in terrestrial and aquatic research*. Berlin, Springer-Verlag, 1975. p. 115 - 121.
- KÖEHLER, C. W. *Variação Estacional da Deposição de Serapilheira e de Nutrientes em Povoamentos de Pinus taeda na Região de Ponta Grossa - PR. Paraná, 1989, 148p. (Doutorado - Universidade Federal do Paraná)*
- KRAMER, P. J. & KOZLOWSKI, T. *Physiology of Woody plants*. New York, Academic Press Inc., 1979. 811p.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. 4 ed. São Paulo, EPU, 1986. 319p.
- LIETH, H. Primary Production of the Major Vegetation Units of the World. In: LIETH, H. & WHITTAKER, H. *Primary productivity of the Biosphere*. Berlin, Springer, 1975. 339p.
- LONSDALE, W. M. Predicting the amount of litterfall in forest of the world. In: *Annals of Botany, Austrália, Winnellii*, 1988. cap. 61, p. 319-324.
- LOPES, A. S. *Solos sob "Cerrados". Características, propriedades e manejo*. POTAFOS. Piracicaba - SP, 1984. 162p.
- MELLO, F. A.; BRASIL, M. O. C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. T.; COBRA, A.; KIEHL, J.C. *Fertilidade do solo*. 3 ed. Ed. Nobel. São Paulo. 1985. 400p.

- MENGEL, K. & KIRKBI, E. A. *Principles of plant nutrition*. 3 ed. International Potash Institute, 1982. 655p.
- PARDÉ, J. Le microclimat en forest. In: PESSON, P. *Ecologie Forestière*. Paris, Gauthier-Villiar, 1974. p.1-19.
- PEREIRA, A. R.; ANDRADE, D. .; LEAL P. G. L.; TEIEIRA, N. C. 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*, 15: 8-16. 1984.
- PHILLIPS, A. de. Ecologia e fitoclimatologia florestais. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*. Rio de Janeiro, 6 (6): 383-92. 1953.
- POGGIANI, F. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. In: *Simpósio sobre Energia da Biomassa florestal*. CESP/IPEF. São Paulo. 1983. p 102-49.
- Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*. Implicações silviulturais. Piracicaba, ESALQ/USP, 1985. 210p. (Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)
- POGGIANI, F.; COUTO, H. T. Z.; CORRADINI, L.; FAZZIO, E. M. C. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. IPEF. Piracicaba, (25): 37-39. 1983.
- POGGIANI, F.; ZEN, S.; MENDES, F.; SPINA - FRANÇA, F. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. IPEF, Piracicaba (27): 17-30. 1984.

- POOK, E. N. Canopy Dynamics of *Eucalyptus maculata* Hook. III - effects of Drought. *Australian Journal of Botany*, Melbourne, 32: 405-13. 1984.
- PRITCHETT, W. L. *Properties and management of forest soils*. New York, John Wiley, 1979. 500p.
- PRYOR, L. *Biology of eucalypts*. London, Edward Arnold, 1976. 82p.
- RAIJ, B. V. & QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. *Boletim técnico no. 81 Instituto Agrônomo de Campinas*, Campinas, 1983. 31p.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A; SILVA N.M. da. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, New York, 11: 547-66, 1986.
- REIFSNEYDER, W. E. & LULL, H. W. Radiant energy in relation to forests. *USDA FOREST SERVICE. Technical Bulletin. 1344*: 63-95. 1965.
- REZENDE, G. C.; BARROS, N. F.; MORAES, T. S.; MENDES, C. J. Produção e Macronutrientes em florestas de eucalipto sob duas densidades de plantio. *Revista árvore*, Viçosa, 7 (2): 165-176, 1983.
- SARRUGE, J. R. & HAGG, H. P. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SCHÖNAU, A. P. G. Seasonal changes in foliar nutrient content of *Eucalyptus grandis*. *South African forestry journal*, Pretória, (119): 1-4. 1981.

- SILVA, H. D.; POGGIANI, F.; COELHO, L. C. Eficiência de utilização de nutrientes em cinco espécies de eucaliptos. *Boletim de Pesquisa Florestal*. Curitiba, (6/7): 1-8, jun/dez. 1983.
- SOCIEADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. *A sociedade Brasileira e seu Patrimônio Florestal*. São Paulo. 1990. 20p.
- SINGH, R. P. & SHARMA, V. K. Biomass estimation in five different aged plantations of *Eucalyptus tereticornis* Smith. in Western Uttar Pradesh. In: OSLO BIOMASS STUDIES. Oslo, Norway, 1976. 302p.
- SPURR, S. H. & BARNES, B. V. *Forest Ecology*. 3 ed. New York, Ronald Press, 1980. 571p.
- SWITZER, G. L. & NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly pine: first 20 years. *Soil science society of America proceedings*, Madison, 36 (1): 143-7. 1972.
- TANDON, V. N.; PANDE, M. C.; SINGH, R. Biomass estimation and distribution of nutrients in five different aged *Eucalyptus grandis* plantations ecosystems in Kerala state. *The Indian Forester*, 114 (4): 184-199. 1988.
- THORANISORN, S.; SAHUNALU, P.; YODA, K. Litterfall and productivity of *Eucalyptus camaldulensis* in Thailand. *Journal of Tropical Ecology*. Cambridge, (7): 275-279. 1991.
- TURNER, J. Organic matter accumulation in a series of *Eucalyptus grandis* plantations. *Forest Ecology and Management*. Amsterdam, 17 (2/3): 231-242. 1986.

- TURNER, J. & LAMBERT, M. J. Nutrient cycling within a 27-year-old *Eucalyptus grandis* plantations in New South Wales. *Forest Ecology and Management*. Amsterdam, 6 (2): 155-168. 1983.
- WALTER, H. *Climate-diagram maps*. Berlin, Springer-Verlag, 1975. 36p.
- WARING, R. H. & SCHLESINGER, W.H. *Forest Ecosystems, Concepts and Management*. Orlando, Academic Press, Inc. 1985. 340p.
- WHATLEY, J. M. & WHATLEY, F. R. *A luz e a vida das plantas*. EPU/EDUSP, São Paulo, 1982. 103p.
- ZOHAR, Y. Annual Course of Litter fall in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn in Israel. *South African Forestry Journal*. Pretória, 128: 79-80. 1984.
- YOUNG, H. E. & CARPENTER, P. N. Sampling variation of nutrient element content within and between trees of the same species. In: OSLO BIOMASS STUDIES, Oslo, 1976. p 75-90.

7. ANEXOS

Anexo 1 - Concentração de nutrientes (%) no folheto depositado no talhão de *E. camaldulensis* (média - desvio padrão).

MESES	N	P	K	Ca	Mg
1989 - 90					
JUN	0.75 ±0.06	0.02 ±0.01	0.36 ±0.02	0.72 ±0.02	0.21 ±0.04
JUL	1.06 ±0.09	0.04 ±0.01	0.56 ±0.12	0.95 ±0.03	0.22 ±0.02
AGO	1.10 ±0.06	0.05 ±0.01	0.56 ±0.07	0.89 ±0.04	0.20 ±0.02
SET	0.89 ±0.07	0.04 ±0.01	0.49 ±0.16	0.92 ±0.23	0.16 ±0.03
OUT	0.95 ±0.11	0.04 ±0.01	0.36 ±0.05	1.04 ±0.14	0.18 ±0.02
NOV	0.92 ±0.06	0.05 ±0.01	0.31 ±0.11	1.05 ±0.25	0.14 ±0.03
DEZ	0.93 ±0.12	0.04 ±0.01	0.14 ±0.02	1.15 ±0.03	0.10 ±0.01
JAN	0.87 ±0.07	0.05 ±0.01	0.61 ±0.04	1.15 ±0.05	0.18 ±0.02
FEV	0.89 ±0.12	0.04 ±0.01	0.29 ±0.07	1.23 ±0.18	0.17 ±0.02
MAR	0.67 ±0.08	0.02 ±0.00	0.18 ±0.02	1.15 ±0.04	0.14 ±0.01
ABR	0.73 ±0.11	0.03 ±0.00	0.29 ±0.04	1.22 ±0.12	0.19 ±0.01
MAI	0.79 ±0.04	0.03 ±0.01	0.31 ±0.05	1.04 ±0.06	0.19 ±0.03
1990 - 91					
JUN	0.90 ±0.04	0.05 ±0.01	0.20 ±0.03	1.01 ±0.03	0.19 ±0.01
JUL	1.00 ±0.02	0.06 ±0.01	0.21 ±0.02	1.09 ±0.09	0.19 ±0.03
AGO	1.14 ±0.06	0.05 ±0.00	0.60 ±0.03	1.11 ±0.05	0.19 ±0.02
SET	1.16 ±0.08	0.05 ±0.00	0.57 ±0.03	1.14 ±0.01	0.18 ±0.02
OUT	0.92 ±0.03	0.04 ±0.00	0.45 ±0.07	0.96 ±0.06	0.16 ±0.02
NOV	0.96 ±0.08	0.04 ±0.01	0.49 ±0.04	1.12 ±0.21	0.17 ±0.02
DEZ	1.01 ±0.05	0.04 ±0.01	0.37 ±0.03	1.24 ±0.01	0.15 ±0.04
JAN	1.00 ±0.10	0.04 ±0.00	0.27 ±0.06	1.15 ±0.10	0.14 ±0.01
FEV	0.95 ±0.13	0.04 ±0.00	0.27 ±0.05	1.17 ±0.07	0.16 ±0.02
MAR	0.83 ±0.05	0.04 ±0.00	0.29 ±0.04	1.13 ±0.08	0.15 ±0.00
ABR	0.86 ±0.06	0.04 ±0.01	0.25 ±0.04	1.07 ±0.07	0.14 ±0.01
MAI	0.78 ±0.03	0.04 ±0.00	0.69 ±0.06	1.02 ±0.06	0.18 ±0.02

Anexo 2 - Concentração de nutrientes (%) no folheto depositado no talhão de *E. grandis* (média - desvio padrão).

MESES	N	P	K	Ca	Mg
1989 - 90					
JUN	1.37 ±0.08	0.04 ±0.02	0.92 ±0.05	0.69 ±0.02	0.20 ±0.02
JUL	1.05 ±0.32	0.03 ±0.01	0.32 ±0.03	0.63 ±0.01	0.21 ±0.01
AGO	0.96 ±0.22	0.04 ±0.01	0.48 ±0.08	0.68 ±0.03	0.23 ±0.01
SET	0.80 ±0.02	0.02 ±0.00	0.30 ±0.08	0.44 ±0.17	0.15 ±0.05
OUT	0.74 ±0.05	0.03 ±0.01	0.47 ±0.03	0.64 ±0.03	0.22 ±0.00
NOV	0.67 ±0.12	0.02 ±0.01	0.37 ±0.04	0.75 ±0.04	0.21 ±0.03
DEZ	0.67 ±0.20	0.04 ±0.01	0.17 ±0.01	0.78 ±0.05	0.17 ±0.01
JAN	0.65 ±0.06	0.04 ±0.01	0.64 ±0.05	0.76 ±0.02	0.25 ±0.01
FEV	0.87 ±0.19	0.04 ±0.00	0.28 ±0.07	0.80 ±0.07	0.21 ±0.01
MAR	0.70 ±0.03	0.02 ±0.00	0.27 ±0.03	0.79 ±0.03	0.18 ±0.00
ABR	0.73 ±0.05	0.02 ±0.01	0.25 ±0.11	0.89 ±0.03	0.21 ±0.01
MAI	0.83 ±0.12	0.04 ±0.01	0.50 ±0.11	0.65 ±0.04	0.21 ±0.01
1990 - 91					
JUN	0.77 ±0.07	0.07 ±0.01	0.26 ±0.07	0.66 ±0.02	0.21 ±0.01
JUL	1.03 ±0.07	0.05 ±0.01	0.13 ±0.03	0.68 ±0.04	0.18 ±0.01
AGO	1.00 ±0.08	0.04 ±0.00	0.58 ±0.04	0.74 ±0.06	0.21 ±0.01
SET	0.96 ±0.10	0.03 ±0.01	0.63 ±0.05	0.78 ±0.03	0.20 ±0.02
OUT	0.73 ±0.03	0.02 ±0.00	0.57 ±0.02	0.77 ±0.02	0.20 ±0.00
NOV	0.70 ±0.05	0.03 ±0.00	0.53 ±0.05	0.76 ±0.02	0.21 ±0.01
DEZ	0.70 ±0.05	0.02 ±0.00	0.31 ±0.06	0.91 ±0.01	0.19 ±0.01
JAN	0.78 ±0.09	0.03 ±0.01	0.28 ±0.03	0.97 ±0.01	0.19 ±0.01
FEV	0.69 ±0.07	0.03 ±0.01	0.36 ±0.03	0.72 ±0.06	0.21 ±0.01
MAR	0.71 ±0.07	0.03 ±0.00	0.19 ±0.02	0.74 ±0.03	0.17 ±0.01
ABR	0.70 ±0.04	0.03 ±0.00	0.32 ±0.02	0.67 ±0.03	0.17 ±0.01
MAI	0.65 ±0.04	0.02 ±0.00	0.50 ±0.04	0.65 ±0.05	0.18 ±0.02

Anexo 3 - Concentração de nutrientes (%) no folheto depositado no talhão de *E. torelliana* (média - desvio padrão).

MESES	N	P	K	Ca	Mg
1989 - 90					
JUN	0.93 ±0.09	0.02 ±0.01	0.29 ±0.03	1.38 ±0.09	0.19 ±0.01
JUL	1.41 ±0.03	0.07 ±0.01	0.70 ±0.09	0.65 ±0.04	0.21 ±0.02
AGO	1.53 ±0.08	0.07 ±0.01	0.97 ±0.04	0.68 ±0.04	0.23 ±0.02
SET	1.29 ±0.10	0.06 ±0.01	0.92 ±0.05	0.68 ±0.06	0.22 ±0.02
OUT	1.17 ±0.05	0.06 ±0.01	0.74 ±0.01	0.65 ±0.06	0.20 ±0.02
NOV	1.04 ±0.04	0.04 ±0.01	0.57 ±0.03	0.77 ±0.05	0.18 ±0.02
DEZ	1.03 ±0.25	0.05 ±0.01	0.30 ±0.08	0.86 ±0.07	0.19 ±0.02
JAN	1.32 ±0.14	0.06 ±0.02	1.09 ±0.12	0.78 ±0.08	0.24 ±0.01
FEV	0.96 ±0.20	0.05 ±0.00	0.68 ±0.08	0.70 ±0.04	0.25 ±0.01
MAR	0.86 ±0.16	0.04 ±0.01	0.69 ±0.13	0.74 ±0.04	0.22 ±0.02
ABR	0.87 ±0.20	0.05 ±0.00	0.78 ±0.11	0.66 ±0.03	0.23 ±0.01
MAI	1.37 ±0.02	0.08 ±0.01	0.70 ±0.12	0.65 ±0.07	0.22 ±0.01
1990 - 91					
JUN	1.38 ±0.08	0.07 ±0.02	0.53 ±0.03	0.67 ±0.07	0.21 ±0.02
JUL	1.51 ±0.07	0.07 ±0.01	0.25 ±0.00	0.66 ±0.02	0.22 ±0.01
AGO	1.51 ±0.05	0.08 ±0.01	1.03 ±0.04	0.73 ±0.03	0.20 ±0.01
SET	1.43 ±0.15	0.07 ±0.01	0.91 ±0.02	0.82 ±0.03	0.20 ±0.01
OUT	1.09 ±0.08	0.05 ±0.00	0.83 ±0.05	0.79 ±0.04	0.18 ±0.02
NOV	1.02 ±0.12	0.04 ±0.01	0.80 ±0.06	0.83 ±0.23	0.19 ±0.02
DEZ	1.17 ±0.07	0.06 ±0.01	0.67 ±0.07	0.91 ±0.01	0.23 ±0.01
JAN	1.12 ±0.10	0.06 ±0.01	0.60 ±0.08	0.69 ±0.11	0.27 ±0.02
FEV	0.97 ±0.15	0.05 ±0.01	0.76 ±0.06	0.70 ±0.02	0.27 ±0.02
MAR	0.95 ±0.05	0.03 ±0.00	0.53 ±0.06	0.58 ±0.05	0.22 ±0.03
ABR	1.07 ±0.06	0.05 ±0.00	0.62 ±0.02	0.62 ±0.01	0.20 ±0.01
MAI	1.01 ±0.04	0.05 ±0.00	1.07 ±0.05	0.65 ±0.04	0.20 ±0.01