DISTRIBUIÇÃO DA FITOMASSA ACIMA DO SOLO E
NUTRIENTES EM TALHÕES DE *Pinus oocarpa* SCHIEDE
PLANTADOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

CARLOS FERREIRA DE ABREU CASTRO

Orientador: Prof. Dr. FÁBIO POGGIANI

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Florestal.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho, 1984

Para a Inês

Aos meus amigos

Paulo Kageyama, Luís Gonzaga, Carpanezzi, Gilney,
Iara, Gerson, Adahil, Mariana, Elisa e Gabriel ,

que me ajudaram nesta dissertação
e me ajudam na vida.

AGRADECIMENTOS

- Ao Professor Dr. Fábio Poggiani pela orientação recebida.
- Aos docentes da ESALQ / USP.
- Aos administradores, engenheiros e operários da Companhia Florestal Monte Alegre (CAFMA).
- Aos funcionários do Departamento de Silvicultura da ESALQ-USP e da biblioteca do IPEF.
- Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da ESALQ / USP.
- A todos aqueles que colaboraram na execução deste trabalho.

Í N D I C E

	Pág.
I - INTRODUÇÃO	1
II - REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. O estoque de nutrientes do ecossistema	5
2.2. Concentração de nutrientes e distribuição de biomassa nos componentes das árvores	7
2.3. Exportação de nutrientes em relação ao ciclo de corte e a diferentes níveis de exploração da fitomassa.	10
III - MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Caracterização das áreas experimentais	16
3.1.1. Localização, clima regional, solos e topografia	16
3.1.2. Características dos plantios	17
3.2. Inventário dos talhões estudados	18
3.3. Derrubada e medição das árvores amostradas	19
3.4. Coleta de amostras para determinação do percentual de umidade e teor de nutrientes	20
3.5. Determinação do peso fresco das árvores amostradas	21
3.6. Secagem das amostras	21
3.7. Estimativa do peso seco das árvores amostradas	21
3.8. Estimativa da fitomassa acima do solo por hectare	22
3.9. Análises químicas	22

cont.	Pág.
3.10 Estimativa do conteúdo de nutrientes nos componentes das árvores por hectare	23
IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Fitomassa média das árvores amostradas em função das classes de diâmetros	24
4.2. Fitomassa acima do solo dos talhões de <i>Pinus oocarpa</i> , com diferentes idades	27
4.3. Concentração de nutrientes nos componentes das árvores de <i>Pinus oocarpa</i> com diferentes idade.	32
4.4. Distribuição dos nutrientes na fitomassa acima do solo por hectare	42
4.5. Eficiência de utilização dos nutrientes	44
4.6. Exportação da fitomassa acima do solo e nutrientes sob diferentes intensidades de exploração florestal	48
V . CONCLUSÕES	52
VI. LITERATURA CITADA	54

L I S T A D E T A B E L A S

Número		Pág.
1	Valores de DAP médio, altura média, área basal e número de árvores por hectare dos tres talhões com idades diferentes de <i>Pinus oocarpa</i>	18
2	Classificação diamétricas dos talhões de três idades de <i>Pinus oocarpa</i> (cm)	1
3	Fitomassa total e parcial por árvore (kg/árvore) de <i>Pinus oocarpa</i> com diferentes idades e por classe de diâmetro (média de três árvores por classe)	25
4	Fitomassas dos troncos e das copas expressas em percentagem em relação às classes de diâmetro nas três idades	26
5	Fitomassa total e parcial (kg./hectare) dos talhões de <i>Pinus oocarpa</i> com diferentes idades e por classe de diâmetro	28
6	Fitomassa acima do solo (kg/hectare) em talhões de <i>Pinus radiata</i> (Nova Zelândia), <i>Pinus caribaea</i> (Nigéria), <i>Pinus patula</i> (India) e <i>Pinus oocarpa</i> (Brasil)	29

Número		Pág.
7	Componentes das árvores expressos como percentagem da <u>mas</u> sa seca do lenho	30
8	Componentes da copa expressos como percentagem da massa seca do tronco	31
9	Concentração de nutrientes (ppm) nas acículas de <i>Pinus oo-</i> <i>carpa</i>	33
10	Concentração de nutrientes (ppm) nos ramos de <i>Pinus oo-</i> <i>carpa</i>	34
11	Concentração de nutrientes (ppm) na casca de <i>Pinus oo-</i> <i>carpa</i>	36
12	Concentração de nutrientes (ppm) no lenho de <i>Pinus oo-</i> <i>carpa</i>	37
13	Concentração de nutrientes (ppm) em diferentes componen <u>en</u> tes de <i>Pinus oocarpa</i> com 8 anos de idade	39
14	Concentração de nutrientes (ppm) em diferentes componen <u>en</u> tes de <i>Pinus oocarpa</i> com 14 anos de idade.	40

15	Concentração de nutrientes (ppm) em diferentes componentes de <i>Pinus oocarpa</i> com 18 anos de idade.	41
16	Distribuição de nutrientes nos componentes das árvores de <i>Pinus oocarpa</i> em diferentes idades (kg/hectare).	43
17	Produção de matéria total por kg. de macronutrientes retidos na fitomassa acima do solo	45
18	Produção de matéria seca por kg. de macronutrientes retidos na fitomassa de <i>Pinus oocarpa</i> e de <i>Pinus caribaea</i> de 14 anos de idade	46
19	Fitomassa acima do solo e nutrientes exportados sob diferentes intensidades de exploração florestal (kg/hectare).	49

DISTRIBUIÇÃO DA FITOMASSA ACIMA DO SOLO
E NUTRIENTES EM TALHÕES DE *Pinus oocarpa* SCHIEDE
PLANTADOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

AUTOR: CARLOS FERREIRA DE ABREU CASTRO

ORIENTADOR: FÁBIO POGGIANI

RESUMO

Em talhões de *Pinus oocarpa* com 8, 14 e 18 anos de idade foi estudada a distribuição da biomassa e dos nutrientes minerais nos diferentes componentes das árvores. Inicialmente as árvores de cada idade foram classificadas em cinco classes de diâmetro, tendo sido amostradas três árvores em cada classe. No total, 45 árvores foram amostradas para a determinação da biomassa e do conteúdo de nutrientes do lenho, casca, ramos e acículas. A estimativa da fitomassa por classe diamétrica foi obtida multiplicando-se a média da biomassa das árvores amostradas, por classe de diâmetro, pela respectiva densidade da classe. A soma-tória da fitomassa por classe de diâmetro forneceu a estimativa

da fitomassa por hectare. Estes dados foram combinados com os dados de concentrações químicas, e utilizados na estimativa da distribuição dos nutrientes nos diferentes componentes da fitomassa acima do solo.

A estimativa da fitomassa acima do solo por hectare foi de 106 toneladas no plantio de 8 anos de idade, 139 toneladas no de 14 anos e 174 toneladas no de 18 anos de idade. A distribuição da fitomassa, nas três idades, obedece a seguinte ordem decrescente: lenho, casca, ramos e acículas. Aos 8 anos, o lenho representa 69% da fitomassa acima do solo, sendo 76% aos 18 anos .

A concentração dos nutrientes nos componentes apresentam uma ordem diferente: acículas > ramos $\gtrsim$ casca > lenho. As acículas apresentam em média concentração de nutrientes 7,5 vezes superior à concentração de nutrientes do lenho.

O total de nutrientes acumulados na fitomassa acima do solo por hectare, aos 8 anos, foi de 559,6 kg, sendo 59% localizados na copa e na casca. Na plantação de 14 anos, o acúmulo foi de 604,9 kg, 52% dos quais na copa e casca. Dos 669,7 kg/ha acumulados na fitomassa do plantio de 18 anos, 46% localiza-se na copa e casca.

A exploração total da fitomassa acima do solo, em relação à exploração somente do lenho, acarreta um aumento na saída dos nutrientes analisados de 144% aos 8 anos, 106% aos 14

anos e de 85% aos 18 anos. Isto sugere que a utilização da arvore inteira não seria conveniente, principalmente em rotações curtas, visto que a exploração dos resíduos florestais (capa e casca) implica em uma considerável remoção adicional de nutrientes.

ABOVE - GROUND BIOMASS AND NUTRIENT
DISTRIBUTION IN STANDS OF *Pinus oocarpa* SCHIEDE
PLANTED IN THE STATE OF SÃO PAULO

AUTHOR: CARLOS FERREIRA DE ABREU CASTRO

ADVISER: FÁBIO POGGIANI

SUMMARY

The distribution of the above-ground biomass and macronutrient (N , P , K , Ca , Mg) and micronutrient (Na , Fe, Mn , Zn) content of the trees were studied on 8 , 14 and 18 years sold stands of *Pinus oocarpa* Schiede planted in the State of São Paulo, Brazil.

Forty-five trees were sampled to determine the biomass and nutrient content of wood, bark, branches and needles. The stratified tree technique was used to convert sample trees data to a land area basis. These data were combined with data on chemical concentrations and used to estimate the distribution of nutrients elements in different above-ground biomass components of the stands.

The estimated above-ground biomass were 106, 139 and 174 tonnes/ha in the 8, 14 and 18 years old stands, respectively. This distribution were observed decreasing in the following order: bolewood, bark, branches and needles. The bolewood represents, at age 8, 69% of the above-ground biomass and 76% at the 18 years old stand.

The nutrient concentration in the tree tissues shows the following order: needles > branches $\geq$ bark > bolewood. The needles shows, in average, nutrient concentration 7,5 times higher than the nutrient concentration in the bolewood.

The quantity of nutrients retained in the pine biomass were 551,6 kg/ha in the 8 years old stand, 59% it located in the bark and crown. At age 14, the nutrient content were 604,5 kg/ha, 52% located in the bark and crown. The nutrient content of the 18 years old stand were 669,7 kg/ha and the crown and bark retained 46% of it.

The whole-tree harvest, in comparison with the conventional harvest (only the bolewood), increases the output of nutrients in 144% at age 8, 106% at age 14 and 85% at age 18. It seems to be not convenient to exploit the crown and bark, mainly for short rotation, because the increase yield is accompanied by a strong increase in nutrients removal.

1. INTRODUÇÃO

As plantações de árvores se assemelham às plantações agrícolas modernas pelo fato de serem normalmente monocultivos com crescente tendência a uma maior uniformidade genética.

Apresentam grandes diferenças, contudo, em relação ao impacto que causam no ambiente em que estão localizadas nos ecossistemas vizinhos. A alteração química, física e biológica dos solos, a poluição do ar e dos rios pelo uso intensivo e indiscriminado de maquinarias pesadas, adubos químicos e agrotóxicos, causados em muitos casos, pela agricultura moderna, é notadamente maior do que a causada pela plantação florestal. Este fato se deve a manutenção parcial, nos plantios de árvores, dos processos que caracterizam a eficiência de conservação ambiental dos sistemas florestais naturais, principalmente no tocante à economia de nutrientes.

Outro aspecto que acentua essa diferença é a forma como se procede à extração dos produtos agrícolas e florestais. As plantações florestais tem ciclos mais longos do que as agrícolas, com conseqüente diminuição do trânsito de máquinas, manipulação e exposição do solo, resultando em uma menor lixiviação,

erosão e compactação do solo. As rotações maiores aliada à baixa concentração de nutrientes nos tecidos das árvores fazem com que a saída de nutrientes via extração de biomassa seja relativamente pequena por ocasião da exploração florestal convencional, em relação às colheitas agrícolas anuais.

Vem ocorrendo, entretanto, certas inovações nas práticas de manejo das plantações florestais, no sentido de enfatizar estratégias que maximizem a saída de biomassa, dando pouca ou nenhuma atenção aos efeitos ambientais resultantes. Um exemplo, é a tendência ao encurtamento das rotações e à intensificação do uso da biomassa florestal com a exportação de todos os componentes das árvores (folhas, ramos, casca e raízes). RAISON e CRANE (1981) compararam as plantações de eucalipto com altas taxas de crescimento e rotações de menos de dez anos às culturas de milho. Estes autores concluíram que, em relação à demanda anual das reservas de nutrientes do solo, estas culturas apresentaram comportamento similar. Consideram que, se aliado à rotação curta houver uma exportação mais intensiva da biomassa, será necessário, para manter a mesma fertilidade do solo e a produtividade da plantação, o uso de fertilizantes na mesma taxa utilizada na agricultura.

Estas práticas, sem uma adequada avaliação do balanço de nutrientes, poderão levar as plantações florestais aos mesmos custos sociais, econômicos e ecológicos das plantações agrícolas modernas.

Esse fato não deve ser desconsiderado pelos que tomam decisões no campo florestal. Mesmo porque, além do impacto causado em todos os sistemas interligados, poderá resultar, dependendo do sítio, em uma diminuição acentuada da produtividade futura.

Segundo CHIBA (1981), os projetos florestais devem ser implantados não somente para a produção de madeira, mas também para proteger e ativamente conservar o ambiente natural. Para este autor, a utilização da biomassa florestal deve ser restrita dentro dos limites da capacidade de recuperação natural do sítio.

A ecologia florestal, de acordo com CARPANEZZI (1980), permite a compreensão do ecossistema de florestas plantadas através da junção de estudos sobre assuntos complementares tais como: a dinâmica de populações e a ciclagem da água e dos nutrientes. Este pesquisador considera que os conhecimentos adquiridos permitem localizar fatores potencial e efetivamente limitantes à produtividade do ecossistema, bem como formular suges-tões para ajustá-lo ao conceito de uso múltiplo da floresta.

CHIBA (1981) chama a atenção para o fato de que devemos lembrar sempre que a atividade silvicultural é um tipo de "indústria da terra" que depende grandemente do sistema de circulação natural e portanto, suas atividades devem ser sempre baseadas nas regras que regem os ecossistemas.

Considerando todos esses aspectos, o presente tra-

balho tem como objetivos:

- a) Estimar a fitomassa arbórea acima do solo em três plantios de *Pinus oocarpa* com as idades de 8, 14 e 18 anos.
- b) Determinar a concentração de nutrientes nas acículas, ramos, casca e lenho das árvores de cada talhão.
- c) Estimar a quantidade de nutrientes removidos do sítio sob diferentes intensidades de utilização e idades de corte.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O estoque de nutrientes do ecossistema

Nutrientes são todos os elementos requeridos pelas plantas para completar seus ciclos vegetativos e reprodutivos. Macronutrientes são aqueles requeridos em maior quantidade e micronutrientes os requeridos em pequenas quantidades.

Os nutrientes são encontrados nos diferentes compartimentos do ecossistema florestal, os quais estão intimamente ligados por uma gama de processos naturais tais como a absorção de elementos químicos pelas plantas, a decomposição biológica e a lavagem dos nutrientes pela ação das chuvas (BORMANN e LIKENS, 1970). Segundo BARBOUR *et alii* (1980), os nutrientes ocorrem como minerais primários (rocha) ou secundários (solo), como nutrientes disponíveis na atmosfera ou na matéria orgânica viva ou morta. O crescimento da biomassa implica no aumento do estoque de nu-

trientes deste último compartimento citado.

O ecossistema é ligado à biosfera circundante através de seu sistema de entradas e saídas. De acordo com BORMANN e LIKENS (1970), os nutrientes podem entrar e sair do sistema através de vários processos: as forças meteorológicas, como a precipitação e o vento; as forças geológicas, como a água superficial e sub-superficial; e o fluxo biológico, que é geralmente causado pelo transporte animal. A comunidade florestal tem grande influência em todos esses processos, alterando a magnitude das entradas e saídas de nutrientes, o que ocasiona o aumento ou a manutenção do estoque de nutrientes do ecossistema.

A retirada da vegetação provoca mudanças nas taxas de entrada e saída naturais e introduz uma nova forma de saída, através dos nutrientes contidos na fitomassa extraída. Neste sentido, as consequências da exploração florestal foram divididas por RAISON e CRANE (1981), em duas categorias principais:

- a) efeitos diretos na taxa de saída de nutrientes do sítio;
- b) efeitos indiretos associados com a exploração, preparação do sítio e desenvolvimento do novo talhão.

BOYLE (1976) considera como efeitos indiretos, entre outros, a diminuição da evapotranspiração e o consequente aumento na lixiviação, o aumento da precipitação incidente, a compactação e a erosão do solo.

Os efeitos indiretos são de difícil quantificação e há poucos trabalhos sobre o assunto. Aumentos da erosão e da lixiviação após a retirada da vegetação foram constatados por COLE e GESSEL (1965), BORMANN e LIKENS (1970), SWITZER e NELSON (1973) e LIKENS *et alii* (1978). Para RAISON e CRANE (1981), mesmo taxas modestas de erosão do solo, durante a rotação florestal, podem resultar em perdas de nutrientes equivalentes às da biomassa exportada. A queima dos "resíduos florestais" e o aumento na respiração do solo pode acarretar em severa redução da matéria orgânica do solo e saídas acentuadas de elementos, especialmente N, P e S (RAISON, 1980 e RAISON e CRANE, 1981).

A quantidade e a taxa de exportação direta de nutrientes contidos na fitomassa de um ecossistema depende, principalmente, da combinação de três fatores:

- a) As espécies exploradas
- b) A duração da rotação
- c) A intensidade de utilização da fitomassa

2.2. Concentração de nutrientes e distribuição de biomassa nos componentes das árvores

CHAPMAN (1976) define biomassa como sendo a massa de matéria orgânica, por unidade de área, presente em um determinado componente do ecossistema em um dado momento. BARBOUR (1980)

considera biomassa como sendo sinônimo de fitomassa, isto é, a massa da vegetação por unidade de área. DUVIGNEAUD (1977) distingue biomassa vegetal (fitomassa) da biomassa animal (zoomassa). Esta distinção é adotada no presente trabalho, pois permite especificar e caracterizar melhor as referências feitas à biomassa do ecossistema em sua globalidade (animal e vegetal) ou somente à biomassa vegetal (fitomassa).

A distribuição entre os componentes da árvore (folhas, ramos, casca, lenho e raízes), da fitomassa acumulada depende de vários fatores, tais como a espécie (OVINGTON e MADGWICK, 1959; CROW e BLANK, 1978 e TARAS, 1978); progênies (MADGWICK, 1976); idade da árvore (FORREST e OVINGTON, 1970; POGGIANI *et alii*, 1979 e SINGH, 1982); e altitude e tratamentos silviculturais (MADGWICK, 1976).

Segundo RUSSO (1983), a biomassa do tronco (lenho + casca) representa, em geral, 55 a 77% da fitomassa total. Este autor verificou em seu trabalho de revisão bibliográfica que, de modo geral, as espécies de coníferas tem 15 - 20% da fitomassa total na copa e as latifoliadas de 20 a 25%. O sistema radicular varia entre 10 e 20% da fitomassa total. A fitomassa acima do solo dos pinheiros naturais do sul dos E.U.A. é distribuída, em média, em 73% de lenho, 14% de ramos, 9% de casca e 4% de acículas (TARAS, 1978).

CURLIN (1970) considera que, em geral, a distribuição da fitomassa obedece à seguinte ordem decrescente: Lenho,

raízes, ramos, casca e folhas. Contudo a concentração percentual dos nutrientes nos diferentes componentes, obedece uma ordem inversa: folhas > casca > ramos > lenho > raízes.

Existe uma relação inversa entre a durabilidade dos tecidos das árvores e seu teor de nutrientes. As árvores alocam a maior parte dos nutrientes absorvidos para os tecidos de vida curta (folhas, flores e frutos), que são mais rapidamente ciclados entre a planta e o solo. Gosz *et alii*, citados por WHITTAKER (1975), constataram que as concentrações de macronutrientes e de alguns micronutrientes nas folhas de *Acer Saccharum* eram de 6 a 20 vezes superiores às concentrações no lenho

Esta maior concentração de nutrientes nas folhas tornam este compartimento um grande reservatório de elementos químicos, apesar de representar um pequeno percentual em relação à fitomassa total. POGGIANI *et alii* (1983) observaram que a biomassa foliar de uma plantação de *Eucalyptus grandis*, de 2,5 anos de idade, representa 9% da fitomassa acima do solo, contendo porém, 37% do total de nutrientes acumulados na plantação.

A quantidade de nutrientes acumulados nos componentes das árvores varia com as espécies, as práticas de manejo e com a idade do talhão. Isto se deve às diferenças na distribuição de matéria seca nos componentes, já comentadas neste item, e às diferenças nas concentrações de nutrientes das espécies florestais. Inúmeros trabalhos têm mostrado tais diferenças entre as espécies. No Brasil, os trabalhos de HAAG *et alii* (1976), HAAG

et alii (1977) e SILVA (1983) apresentam resultados que evidenciam diferenças significativas entre espécies do gênero *Eucalyptus*. Diferenças entre procedências, progênies e clones também tem sido relatados (FORREST e OVINGTON, 1971 e BARTOS e JOHNSTON, 1978).

A concentração de nutrientes nos componentes pode também ser influenciada pela idade (SWITZER e NELSON, 1972 e BELLOTE, 1979), fertilidade do solo (PRITCHET, 1979), estação do ano (WHITACKER, 1975), umidade do solo (SHOULDERS, 1981) e densidade do talhão (SWITZER *et alii*, 1968).

2.3. Exportação de nutrientes em relação ao ciclo de corte e à diferentes níveis de exploração da fitomassa

O aumento na demanda de produtos florestais (energéticos e fibras) e o desenvolvimento de novas tecnologias têm estimulado o encurtamento de rotações e a intensificação da utilização da fitomassa. Nos chamados "plantios fitoenergéticos" (rotações 2 - 3 anos) ambos os sistemas são utilizados aliados ao aumento da densidade do plantio. Um outro motivo que leva à adoção destes sistemas é a procura de maior lucro a curto prazo, sem levar em consideração os impactos ambientais que causam. Portanto, as necessidades de atender ao aumento e diversificação da procura e de obter maiores lucros é atendida, sem que haja uma preocupação no que se refere ao processo de "descapitalização" do ecossistema.

tema florestal e dos ecossistemas a ele ligados. Quando se analisa esta questão, pode-se verificar que os custos de produção são muito mais elevados do que aparentam, pois não está computado aí o desgaste de seu principal meio de produção: o sítio florestal. Acrescente-se a isto o impacto causado nos outros ecossistemas, que vai onerar a sociedade em geral.

Qualquer que seja a técnica adotada, a exportação direta e indireta de nutrientes será maior do que a provocada pela exploração convencional (somente o tronco). Isto se deve, principalmente, a três fatores básicos:

- a) O simples encurtamento das rotações emprega um maior período de cada rotação para a regeneração. Este é um período de alto risco para a perda de nutrientes através da degradação do piso florestal, erosão e lixiviação (SWITZER e NELSON, 1973).
- b) Os tecidos jovens apresentam, de forma geral, maior concentração de nutrientes (BURN e WILL, 1973).
- c) A concentração de nutrientes das folhas, ramos e casca é superior à do lenho (WHITTAKER, 1975).
- d) Nos talhões mais jovens, a biomassa da copa apresenta uma maior percentual em relação à fitomassa total do que nos talhões mais velhos (POGGIANI, 1979).

Segundo Kimmins, citado por RAISON e CRANE (1981) a utilização da fitomassa total em relação à exploração convencional pode aumentar a quantidade de nutrientes exportados diretamente do sítio em cerca de cinco vezes. MALKONEN (1973) verificou que, em talhões do gênero *Pinus*, a exploração total da fitomassa em relação à utilização somente da madeira resultou em uma exportação de 2,5 vezes mais nitrogênio, 3 vezes mais fósforo, 2 vezes mais potássio e 1,5 vezes mais cálcio. WEETMAN e WEBBER (1972) relatam que, em um povoamento de *Picea mariana* de 65 anos de idade, a exploração total resultou em uma saída direta de nutrientes três vezes maior do que a exploração convencional. Numerosos exemplos semelhantes são encontrados na literatura sobre este assunto (NORTON e YOUNG, 1976 e STATE UNIVERSITY OF NEW YORK, 1979).

Em relação ao encurtamento do ciclo de corte, BUNN e WILL (1973) consideram que níveis mais altos de nitrogênio, fósforo e potássio por unidade de volume são removidos em madeira jovem do que em madeira mais velha, sendo que ocorre o oposto em relação ao cálcio, por ser este um elemento imóvel nos tecidos vegetais. Em relação a este fato, POWERS (1976) afirma que a demanda de nutrientes é maior no estágio juvenil, sendo que o ciclo interno de nutrientes somente ganha importância após as copas entrarem em intensa competição.

De acordo com BUNN e WILL (1973), após o fechamento do dossel há um aumento na ciclagem interna (bioquímica) dos elementos móveis dentro da árvore. Concomitantemente, uma cama-

da de serrapilheira é formada e a sua decomposição fornece uma quantidade crescente dos nutrientes requeridos pelas árvores. Na maturidade, o ciclo de nutrientes tende a um estado de equilíbrio, onde o retorno de nutrientes preenche a maior parte da demanda. O corte da floresta, durante o seu desenvolvimento, não permite que se estabeleça este ciclo equilibrado e eficiente (SWITZER e NELSON, 1973). Segundo BALLONI (1979), o encurtamento das rotações promoverá um aumento da demanda de nutrientes pelo povoamento, pois o mesmo será constantemente mantido num ritmo acelerado de crescimento. SWITZER e NELSON (1973) calcularam a média anual de acúmulo de nutrientes em *Pinus taeda*, verificando que a demanda de nutrientes é maior nos períodos iniciais de crescimento. O encurtamento da rotação, de 40 para 20 anos, promoveu um aumento da exportação de nutrientes de 27% para o nitrogênio, 22% para o fósforo e de 15% para o potássio.

RAISON e CRANE (1981) concluem que, em qualquer destes casos (maior intensidade de utilização e/ou encurtamento das rotações), a eficiência nutricional (massa de fitomassa extraída por massa de nutriente exportado) é reduzida e o custo nutricional aumentado quando comparados com um manejo mais tradicional de rotações mais longas e exploração somente do tronco.

Tendo-se identificado as quantidades de nutrientes removidos sob diversos sistemas de exploração, é necessário verificar a significância dessas perdas para a produção futura da plantação. Uma abordagem inicial para esta questão pode ser fei

ta pela comparação das exportações com as reservas de nutrientes disponíveis e totais do solo, somadas às quantidades de nutrientes que entra no sistema e a que circula internamente. Neste sentido, trabalhos vem sendo feitos para a estimativa do balanço de nutrientes em diversos ecossistemas florestais como os de WEETMAN e WEBBER (1972); BOYLE *et alii* (1973) e outros.

Análises mecânicas destes balanços, sem levar em consideração a dinâmica nutricional, podem levar a interpretações equivocadas. Por exemplo, a perda de nitrogênio causada pela exploração florestal não parece grande quando comparada com a quantidade deste elemento no solo. Contudo, a maior parte do nitrogênio do solo está nos compostos húmicos relativamente estáveis, que se decompõem muito mais lentamente que os resíduos da exploração. Segundo WEETMAN e WEBBER (1972) e MALKONEN (1973), uma quantidade considerável do nitrogênio disponível para a próxima rotação é aparentemente derivada da decomposição dos resíduos deixados na floresta pela exploração convencional. Portanto, o nitrogênio contido nos resíduos é consideravelmente mais importante para a fertilidade do sítio do que aparenta pela mera comparação entre as quantidades de nitrogênio dos resíduos da exploração e do solo.

A questão da exportação de nutrientes pela exploração florestal, seus efeitos nas condições hidrológicas e edáficas do ambiente e na produtividade futura do sítio tem atraído crescente atenção em várias partes do mundo. No Brasil, em que 4.250.000 hectares de plantações de árvores são mantidas geralmen

te sob rotações extremamente curtas, são raros os trabalhos a respeito deste assunto (GALVÃO, 1981).

É importante também salientar que em florestas de clima temperado, a maior parte dos nutrientes do sistema está contida no solo, o que não ocorre em florestas de clima tropical, onde a vegetação é o maior reservatório de nutrientes do ecossistema (LONGMAN e JENIK, 1974). Se o mesmo fato ocorrer nas plantações florestais, a depleção de nutrientes, causada pela exploração florestal, será muito mais drástica do que nas regiões temperadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização das áreas experimentais

3.1.1. Localização, clima regional, solos e topografia

Os dados foram coletados em plantas de *Pinus oocarpa* Schiede localizados na Fazenda Monte Alegre, de propriedade da Companhia Agro Florestal Monte Alegre (CAFMA), no município de Agudos, SP. As coordenadas geográficas do ponto central da Fazenda são $22^{\circ}22' S$ e $48^{\circ}55' W$.

O tipo climático regional pelo sistema de Koeppen é o Cwa, clima mesotérmico de inverno seco.

A temperatura média anual é de $21,1^{\circ}C$, enquanto as médias de inverno e verão são respectivamente $18,6^{\circ}C$ e $23,3^{\circ}C$, sendo mais frios os meses de junho e julho e mais quente o mês

de janeiro, de acordo com RANZANI (1971). A precipitação média anual é de 1.300 mm, sendo que cerca de 1.000 mm caem durante o período compreendido entre outubro e março.

De acordo com BERTOLANI *et alii* (1984), o solo da Fazenda pertence ao grande grupo Latossol Vermelho Escuro, bem drenado, de classe textural barro - argilo - arenoso, ácido e de baixa fertilidade. Segundo LIMA (1979), trata-se de solo típico de cerrado, que normalmente é profundo, uniforme, poroso, submetido a intenso intemperismo, ácido, pobre em bases trocáveis e rico em óxidos de ferro e alumínio.

É característica de toda a área, segundo RANZANI (1971), a presença de um relevo suavemente ondulado, representando uma superfície nivelada a aproximadamente 590 m de altitude.

3.1.2. Características dos plantios

O *Pinus oocarpa* Schiede, de ocorrência natural do México, Belize, Guatemala, Honduras e Nicarágua (KEMP, 1973), vem sendo plantado na região de Agudos para utilização em indústrias de serraria e aglomerados.

Os três plantios estudados foram instalados com espaçamento de 2,0 por 2,0 metros em solo anteriormente ocupado por vegetação de cerrado. Aos seis anos de idade, sofreram desrama artificial até a altura de dois metros. Três desbastes foram efe

tuados no talhão de 14 anos (aos 8 , 10 e 12 anos) e quatro (aos 8 , 10 , 12 e 14 anos) no de 18 anos de idade. O plantio de oito anos de idade não havia sofrido nenhum desbaste.

A tabela 1 apresenta os dados dendrométricos e de densidade dos plantios estudados.

Tabela 1. Valores de DAP médio, altura média, área basal e n° árvores /ha dos três talhões com idades diferentes de *Pinus oocarpa*

Parâmetros	Ano de Plantio		
	1971	1965	1961
DAP médio (cm)	13,81	21,36	26,10
Altura média (m)	12,10	18,84	22,29
Área basal (m ² /ha)	34,67	25,65	28,53
Número de árvores/ha	2313	720	533

3.2. Inventário dos talhões estudados

Em cada um dos talhões, três parcelas circulares de 500 m² foram locadas. Todas as árvores destas parcelas foram medidas quanto à altura e ao diâmetro à altura do peito (DAP).

A partir destes dados, as árvores foram classificadas em cinco classes diamétricas, conforme é mostrado na tabela 2.

Tabela 2. Classificação diamétrica dos talhões de três idades de *Pinus oocarpa* (cm)

Classe de Diâmetro	8 anos	14 anos	18 anos
A	4 — 8	12 — 16	15 — 19
B	8 — 12	16 — 20	19 — 23
C	12 — 16	20 — 24	23 — 27
D	16 — 20	24 — 28	27 — 31
E	20 — 24	28 — 32	31 — 35

3.3. Derrubada e medição das árvores amostradas

Em cada talhão, foram derrubadas três árvores dentro de cada classe diamétrica, totalizando 15 árvores amostradas em cada plantio. Para os três plantios de diferentes idades foram derrubadas, portanto, 45 árvores durante o mês de julho de 1979.

Imediatamente após a queda das árvores foram efe-

tuadas as seguintes medições:

- a) Diâmetro da base, com e sem casca;
- b) Diâmetro à altura do peito (1,30 m) , com e sem casca;
- c) Diâmetro da metade da altura total, com e sem casca;
- d) Altura da árvore (comercial e total);
- e) Altura e largura da copa.

3.4. Coleta de amostras para determinação do percentual de umidade e teor de nutrientes

Para determinação do percentual de umidade, foram coletadas quatro amostras de acículas e ramos de modo que incluíssem as diferentes posições na copa, as diferentes idades das acículas e os diferentes diâmetros dos ramos. As amostras de lenho e casca foram retiradas de cinco posições equidistantes do tronco (base, $1/4$, $1/2$, $3/4$ da altura e topo de árvore).

A amostragem para análise química seguiu a metodologia proposta por YOUNG e CARPENTER (1976) , utilizando as amostras retiradas em uma posição central dos ramos e do tronco , e uma amostra composta das quatro amostras de acículas.

3.5. Determinação do peso fresco das árvores amostradas

Os troncos foram subdivididos em seções de 2 metros de comprimento e pesados. Após a pesagem, as seções foram descascadas e novamente pesadas, obtendo-se assim o peso fresco do componente casca. Os componentes acículas e ramos foram pesados individualmente após separação manual.

Todas as pesagens foram efetivadas com uma balança comum de vara, com precisão de 0,5 kg.

3.6. Secagem das amostras

As amostras coletadas de acordo com o item 3.4 foram colocadas em estufas a 80°C até atingirem peso constante, e a seguir pesadas com precisão de 0,1 g .

3.7. Estimativa do peso seco das árvores amostradas

A percentagem de matéria seca das acículas e ramos de cada árvore foi considerada como sendo a média aritmética das percentagens das amostras. Para casca e lenho, a percentagem de matéria seca foi considerada como sendo a média ponderada das percentagens das amostras, utilizando como pesos a área média da casca e do lenho dos discos.

O peso seco dos componentes de cada árvore foi obtido multiplicando-se o peso fresco dos componentes pela percentagem de matéria seca dos componentes.

3.8. Estimativa da fitomassa acima do solo por hectare

A fitomassa dos componentes por classe de diâmetro foi estimada multiplicando-se a fitomassa média dos componentes das árvores amostradas por classe de diâmetro pelo número de árvoree da classe.

A somatória das fitomassas dos componentes nas cinco classes de diâmetro forneceu a estimativa da fitomassa de cada componente por hectare.

Este método tem sido muito utilizado por vários pesquisadores e é adequado para talhões com árvores da mesma idade (ART e MARKS, 1971).

3.9. Análises Químicas

As amostras do tronco foram cortadas em forma de cunha, de modo que todos os anéis de crescimento fossem proporcionalmente incluídos. As amostras de todos os componentes foram moídas em moinho tipo Willey com malha de 20 mesh. Deste material foram retiradas amostras uniformes para a análise química.

As determinações foram efetuadas nos laboratórios de Química Analítica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, e no laboratório de Hidrologia e Ecologia do Departamento de Silvicultura da ESALQ, situados em Piracicaba, SP. O N foi determinado em auto-analisador, conforme o método descrito por JORGENSEN (1977). O P foi analisado por fotolorimetria. As análises dos nutrientes K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn foram feitas em um Espectrofotômetro de Absorção Atômica. Todas as amostras foram analisadas em duplicata. As sequências operacionais foram conforme SARRUGE e HAAG (1974).

3.10. Estimativa do conteúdo de nutrientes nos componentes das árvores por hectare

O teor de um determinado nutriente para cada um dos componentes (acículas, ramos, casca e lenho) foi considerado como sendo a média aritmética dos teores observados nas quinze árvores amostradas por idade. O teor do nutriente de um componente multiplicado pelo respectivo peso do material seco por hectare forneceu a estimativa do estoque do nutriente no componente por hectare. A somatória do conteúdo de nutrientes nos componentes das árvores forneceu o estoque de nutrientes na fitomassa acima do solo para cada idade.

4. RESULTADOS E DISCUSSAO

4.1. Fitomassa média das árvores amostradas em função das classes de diâmetros

A tabela 3 apresenta a fitomassa média das árvores amostradas em função das classes de diâmetro. O coeficiente de variação para a fitomassa total das árvores amostradas variou de 12% a 19% nas três idades.

Verifica-se que as árvores de maior diâmetro tendem a ser mais pesadas em todos os componentes. O material lenhoso representa a maior percentagem da fitomassa das árvores, mas as relativas proporções dos componentes não são constantes. Somente os ramos crescem percentualmente, à medida que as dimensões das árvores aumentam. Os demais componentes apresentam, nas três idades, uma ausência de relação consistente entre o tamanho da árvore e as proporções relativas dos componentes. A cas-

Tabela 3 - Fitomassa total e parcial por árvore (Kg/árvore) de *Pinus oocarpa* com diferentes idades e por classes de diâmetro (média de 3 árvores por classe).

Idade (anos)	Classe de diâmetro	COMPONENTES DA ÁRVORE				TOTAL
		Lenho	Casca	Ramos	Acículos	
8	A	5,0 (79,4%)	1,2 (16,9%)	0,5 (7,0%)	0,4 (5,7%)	7,1
	B	14,8 (65,5%)	4,9 (21,7%)	1,8 (8,0%)	1,1 (4,8%)	22,6
	C	39,7 (69,9%)	6,8 (15,5%)	4,0 (9,1%)	2,4 (5,5%)	43,9
	D	53,0 (69,0%)	12,3 (15,5%)	7,2 (9,1%)	5,1 (6,4%)	79,5
	E	79,0 (70,8%)	14,3 (13,5%)	10,3 (9,7%)	6,4 (6,0%)	106,0
Média		36,1 (69,5%)	7,9 (15,2%)	4,8 (9,4%)	3,1 (6,0%)	51,8
14	A	51,2 (79,1%)	7,6 (11,7%)	3,6 (5,7%)	2,3 (3,5%)	64,7
	B	92,7 (73,9%)	17,9 (34,3%)	10,2 (8,1%)	4,6 (3,7%)	125,4
	C	154,6 (74,4%)	25,9 (12,4%)	17,1 (8,2%)	10,4 (5,0%)	208,0
	D	223,9 (74,8%)	33,4 (11,1%)	27,9 (9,3%)	14,3 (4,8%)	299,5
	E	300,6 (74,5%)	39,7 (9,8%)	43,0 (10,7%)	20,2 (5,0%)	403,5
Média		164,6 (74,8%)	24,9 (11,3%)	20,4 (9,3%)	10,4 (4,7%)	220,2
18	A	23,5 (77,2%)	15,3 (12,7%)	7,7 (6,4%)	4,5 (3,7%)	121,0
	B	175,7 (79,7%)	21,4 (11,0%)	11,1 (5,1%)	7,0 (3,6%)	195,2
	C	265,9 (28,0%)	38,0 (11,4%)	26,4 (7,7%)	9,9 (2,9%)	341,1
	D	314,4 (74,9%)	53,0 (12,6%)	37,5 (8,9%)	14,7 (3,5%)	419,6
	E	365,0 (73,0%)	56,2 (11,2%)	64,1 (12,8%)	14,8 (3,0%)	500,1
Média		238,9 (75,7%)	37,0 (11,7%)	29,4 (9,3%)	10,2 (3,2%)	315,4

ca apresenta uma grande variação percentual na idade de 8 anos, variando de 13,5% a 21,7%. Nos plantios mais velhos, esta variação é bem menor, representando, aos 18 anos, 11% a 12,7% da fitomassa arbórea.

Contudo, quando se consideram os componentes agrupados em copa (acículas + ramos) e tronco (lenho + casca), existe uma relação com a variação diamétrica. Na tabela 4 são apresentadas as fitomassas dos troncos e copas expressas em percentagem por classe de diâmetro. Nota-se que as fitomassas dos troncos tendem a decrescer percentualmente, à medida que o tamanho das árvores aumenta. OVINGTON e MADGWICK (1959) assinalaram uma relação semelhante para *Pinus sylvestris*.

Tabela 4. Fitomassas dos troncos e das copas expressas em percentagem em relação às classes de diâmetros nas três idades

Classes	TRONCOS				COPAS			
	8	14	18	Média	8	14	18	Médias
	Anos	Anos	Anos		Anos	Anos	Anos	
A	87,3	90,8	89,9	89,3	12,7	9,2	10,1	10,7
B	87,2	88,2	90,7	88,7	12,8	11,8	11,8	12,1
C	85,4	86,8	89,4	87,2	14,6	13,2	10,6	12,8
D	84,5	85,9	87,5	86,0	15,5	14,1	12,5	14,0
E	84,3	84,3	84,2	84,3	15,7	15,7	15,8	15,6
Média	85,7	87,2	88,3	87,1	14,3	12,8	11,7	12,9

4.2. Fitomassa acima do solo dos talhões de *Pinus oocarpa*, com diferentes idades

A fitomassa acima do solo estimada por hectare nas três idades de *P. oocarpa* é apresentada na tabela 5.

Pode-se verificar que a fitomassa para cada componente aumenta com a idade, com exceção do componente acículas que apresenta massa inferior aos 18 anos. MADGWICK (1976) cita que desbastes pesados ou repetidos diminuem a massa foliar do talhão abaixo dos valores de talhões não desbastados. Em termos percentuais, nota-se um aumento do componente "lenho" em relação à idade. Os componentes "casca" e "acículas" decrescem e o componente "ramos" apresenta pequena variação percentual.

TARAS (1978) relata que, em média, os pinheiros naturais do sul dos Estados Unidos da América apresentam 73% de lenho, 14% de ramos, 9% de casca e 4% de acículas. As proporções de lenho e acículas são similares às do *P. oocarpa* do presente estudo. Todavia, o *P. oocarpa* apresenta maior percentagem de casca e menor de ramos.

Quando comparados com os dados de outras espécies do gênero *Pinus* com a mesma idade e números semelhantes de árvores por hectare (tabela 6), verifica-se que os plantios de *Pinus oocarpa* em Agudos apresentam menor biomassa de copa e maior biomassa de tronco. Pode-se supor, portanto, que as copas de *P. oocarpa* são, quando comparadas com outras espécies do gênero *Pi-*

Tabela 5 - Fitomassa total e parcial (Kg/ha) dos talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades e por classe de diâmetro.

Idade (anos)	Classe de diâmetro	Densidade por hectare	COMPONENTES DA ÁRVORE				TOTAL
			Lenho	Casca	Ramos	Acículos	
8	A	231	1.165,0	279,6	116,5	93,2	1.654,3
	B	433	6.408,4	2.121,7	779,4	476,3	9.785,5
	C	1.060	32.522,0	7.206,0	4.240,0	2.544,0	46.534,0
	D	527	28.985,0	6.482,1	3.794,4	2.687,7	41.949,2
	E	60	4.500,0	858,0	618,0	384,0	6.360,0
	TOTAL	2.313	73.600,4(60,2%)	16.949,4(36,0%)	9.548,3(9,0%)	6.185,2(5,8%)	106.283,3(100,0%)
14	A	53	2.713,6	402,8	190,8	121,9	3.429,1
	B	207	19.188,9	3.705,3	2.111,4	952,2	25.957,8
	C	333	51.481,8	8.624,7	5.694,3	3.463,2	69.264,0
	D	300	22.398,0	3.340,0	2.709,0	1.430,0	29.350,0
	E	27	8.116,2	1.071,9	1.161,0	545,4	20.894,5
	TOTAL	720	103.800,5(74,5%)	17.144,7(12,3%)	11.947,5(8,5%)	6.512,7(4,7%)	139.495,4(100,0%)
18	A	49	3.740,0	612,0	308,0	180,0	4.840,0
	B	140	21.798,0	2.996,0	1.554,0	980,0	27.328,0
	C	160	42.544,0	6.224,0	4.224,0	1.584,0	54.576,0
	D	113	35.527,2	5.989,0	4.237,5	1.661,1	47.414,8
	E	80	29.200,0	4.496,0	5.128,0	1.184,0	40.008,0
	TOTAL	533	132.809,2(76,2%)	20.317,0(11,7%)	15.451,5(8,9%)	5.589,1(3,2%)	174.166,0(100,0%)

Tabela 6 - Fitomassa acima do solo (Kg/ha) em talhões de *P. radiata* (N. Zelândia), *P. caribaea* (Nigéria), *P. patula* (Índia) e *P. oocarpa* (Brasil).

Espécie	Idade (anos)	Densidade (árvore/ha)	Acículos	Ramos	Tranco	Total	Fonte
P.radiata	8	2.220	6.020 (10%)	10.530 (18%)	41.480 (72%)	58.030	MADWICK et alii (1977)
P.oocarpa	8	2.113	6.185 (6%)	9.548 (9%)	90.549 (85%)	106.283	presente estudo
P.caribae	9	2.767	15.707 (15%)	12.316 (11%)	79.956 (74%)	107.979	EGUNJOBI & BADA(1979)
P.patula	17	530	7.090 (8%)	20.330 (22%)	63.100 (70%)	90.520	SINGH (1982)
P.oocarpa	18	533	5.589 (3%)	15.451 (9%)	153.126 (88%)	174.166	presente estudo

nus eficientes produtoras de material lenhoso. Esta eficiência pode ser atribuída a uma alta taxa de assimilação por unidade foliar por ano e ao resultado de uma prolongada atividade fotossintética, devido às condições ambientais favoráveis.

A tabela 7 apresenta os componentes das árvores, expressos como percentagem da massa seca do lenho.

Tabela 7. Componentes das árvores expressos como percentagem da massa seca do lenho

Idade	C O M P O N E N T E S			
	casca	ramos	acículas	total
8	23,0	13,0	8,4	44,4
14	16,5	11,5	6,3	34,3
18	15,3	11,6	4,2	31,1

Observa-se que, com o aumento da idade, há um decréscimo percentual de todos os componentes, com exceção dos ramos, aos 14 anos. O total destes componentes ou "resíduo florestal"* representa, aos 8 anos, 44% em relação à massa lenhosa, sendo apenas 31% aos 18 anos.

* Resíduo florestal é representado pela fitomassa das acículas, dos ramos e da casca.

Em outras palavras, as árvores de *P. oocarpa* aos 8 anos apresentam a massa do lenho 2,2 vezes maior do que o "resíduo florestal", sendo 3,2 vezes superior aos 18 anos.

Em um trabalho realizado por Keays, citado por TARAS (1978), verifica-se que para a maioria das espécies de *Pinus* e outros cinco gêneros que ocorrem em florestas temperadas, com variação diamétrica de 15 a 30 cm, a fitomassa foliar está entre 8 e 16% em relação à massa do lenho. Para ramos, a relação varia entre 5 a 15%. Contudo, o autor enfatiza que a fitomassa da copa é função de um gama altamente complexa de variáveis, incluindo espécie, altura, densidade do talhão, qualidade do sítio e estação do ano.

A tabela 8 apresenta, em percentagem, a massa da copa em relação à massa do tronco.

Tabela 8. Componentes da copa expressos como percentagem da massa seca do tronco

Idade	COMPONENTES		
	ramos	acículas	copa
8	10,5	6,8	17,3
14	9,9	5,4	15,3
18	10,0	3,6	13,6

É evidente a diminuição relativa da copa, devido principalmente ao decréscimo acentuado do percentual de acículas. A literatura apresenta exemplos semelhantes, demonstrando que, a partir de um determinado momento do desenvolvimento, a taxa de crescimento da massa foliar, diminui, mantendo a fitomassa da copa praticamente constante. Isto se deve ao fato que, inicialmente, as árvores alocam grande parte dos fotossintetizados na ampliação e manutenção do seu sistema fotossintético.

4.3. Concentração de nutrientes nos componentes das árvores de *P. oocarpa* com diferentes idades

A tabela 9 apresenta as concentrações dos nutrientes das acículas nas três idades.

As diferenças entre as concentrações não são significativas nas três idades, com exceção do ferro, que apresenta concentração maior no talhão de 14 anos e menor no de 18 anos. Observa-se, quanto a ordem relativa dos teores de nutrientes, a sequência $N > K > Ca > P \gtrsim Mg > Mn > Fe > Zn$.

As concentrações dos nutrientes dos ramos são apresentados na tabela 10. As concentrações de cálcio, magnésio, sódio, manganês e ferro não apresentam diferenças significativas nas três idades. O nitrogênio e o fósforo têm maiores concentrações no plantio de 8 anos, não diferindo significativamente nas demais

Tabela 9 - Concentrações de nutrientes (ppm) nas acículas de *Pinus oocarpa*.

Nutrientes								
Idade	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
8 anos	15.930 (±400)	860 (±20)	5.400 (±380)	1.830 (±100)	880 (±40)	232 ^a (±15)	717 (± 6)	16 (±0,5)
14 anos	15.270 (±300)	790 (±20)	4.970 (±260)	2.070 (±140)	680 (±40)	295 ^b (±12)	220 (±10)	16 (±1)
18 anos	15.070 (±770)	770 (±10)	4.320 (±160)	1.980 (±120)	730 (±50)	187 ^c (±10)	225 (± 9)	16 (±1)
Média	15.407	830	4.898	1.960	762	238	221	16
C.V.(%)	4,8	6,3	14,1	9,8	22,0	9,9	7,5	18,9
F p/ trat.	1,7	4,3	3,1	1,8	1,9	26,2*	0,3	0,1
F p/ bloco	1,1	0,5	2,2	3,1	0,2	3,1	4,7*	0,8

a) Valores seguidos de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

b) O asterisco indica que o valor é significativo no nível de 5%

c) Os valores entre parênteses indicam o erro padrão da média.

Tabela 10 - Concentrações de nutrientes (ppm) nos ramos de *Pinus oocarpa*.

Nutrientes								
Idade	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
8 anos	3.700 ^a (±360)	250 ^a (±20)	2.050 ^a (±170)	1.160 (±100)	450 (±60)	66 (±8)	104 (±5)	13 ^b (±1)
14 anos	2.430 ^b (±160)	180 ^b (±10)	1.610 ^b (±80)	1.160 (±80)	330 (±10)	55 (±4)	112 (±9)	21 ^a (±3)
18 anos	2.070 ^b (±130)	150 ^b (±10)	1.070 ^a (±60)	870 (±70)	280 (±70)	63 (±5)	96 (±5)	9 ^b (±0,3)
Média	2.760	190	1.577	1.060	383	61	104	14
C.V.(%)	24,4	17,9	23,1	20,2	41,2	21,5	17,5	21,9
F p/ trat.	7,8*	11,4*	9,1*	3,0	0,8	1,0	1,0	7,6*
F p/ bloco	0,9	1,7	1,1	0,8	0,5	1,2	1,7	0,5

a) Valores seguidos de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

b) O asterisco indica que o valor é significativo ao nível de 5%

c) Os valores entre parênteses indicam o erro padrão da média

idades. O potássio apresenta maior concentração aos 8 anos e menor aos 18 anos, e o zinco maior concentração aos 14 anos, não sendo significativa a diferença entre as idades de 8 e 18 anos. Quanto à ordem relativa das concentrações, os ramos apresentam a sequência $N > K > Ca > Mg > P > Mn > Fe > Zn$.

Na tabela 11 estão apresentadas as concentrações dos nutrientes da casca. Somente o cálcio, o magnésio e o zinco têm diferenças significativas entre as três idades. O cálcio apresenta maior concentração aos 8 anos, não diferindo nas demais idades. A maior concentração do magnésio é nas árvores de 18 anos e o zinco tem a menor concentração no plantio de 8 anos. Quanto à ordem relativa das concentrações, a casca apresenta a seguinte ordem: $N > K \gtrsim Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn$.

Na tabela 12 são apresentadas as concentrações dos elementos no lenho em três idades. As concentrações de fósforo e potássio decrescem significativamente com a idade. O cálcio tem menor concentração aos 8 anos, não diferindo nas demais idades. Já o ferro tem maior concentração aos 8 anos, também não diferindo significativamente nos plantios mais velhos. Os outros elementos não apresentam diferenças significativas. Observa-se, quanto à ordem relativa dos teores de nutrientes no lenho, a sequência $N > K \gtrsim Ca > Mg > P > Mn > Fe > Zn$.

O coeficiente de variação médio para os teores de nutrientes nas acículas foi de 12% e de 15% para lenho. Já os

Tabela 11 - Concentração de nutrientes (ppm) na casca de *Pinus oocarpa*.

Idade	Nutrientes							
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
8 anos	3.010 (±330)	160 (±20)	1.170 (±180)	1.220 ^a (±130)	170 ^b (±20)	68 (±4)	32 (±6)	7 ^b (±1)
14 anos	2.270 (±130)	140 (±10)	1.240 (±110)	860 ^b (±60)	150 ^b (±10)	77 (±4)	29 (±3)	23 ^a (±2)
18 anos	2.610 (±170)	170 (±10)	1.360 (±120)	680 ^b (±50)	300 ^a (±30)	68 (±9)	46 (±4)	23 ^a (±3)
Média	2.640	160	1.259	906	206	71	36	18
C.V. (%)	20,3	24,7	30,7	19,0	26,6	20,3	46	51,1
F p/ trat.	2,4	0,8	0,3	11,4*	10,3*	0,6	1,5	5,4*
F p/ bloco	0,4	0,6	1,1	3,7	0,3	1,6	1,1	0,0

a) Valores seguidos de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

b) O asterisco indica que o valor é significativo ao nível de 5%

c) Os valores entre parênteses indicam o erro padrão da média.

Tabela 12 - Concentração de nutrientes (ppm) no lenho de *Pinus oocarpa*.

Idade	Nutrientes						
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn Zn
8 anos	1.330 (±90)	120 ^a (±3)	900 ^a (±40)	510 ^b (±20)	170 (±4)	24 ^a (±2)	56 (±3) 7 (0,6)
14 anos	1.040 (±110)	90 ^b (±1)	730 ^b (±20)	710 ^a (±20)	170 (±10)	14 ^b (±1)	65 (±3) 5 (±0,3)
18 anos	1.140 (±160)	70 ^c (±1)	620 (±20)	640 (±10)	170 (±10)	12 ^b (±1)	66 (±3) 6 (±0,1)
Média	1.167	91	752	618	168	17	63 6
C.V.(%)	35,7	6,1	10,6	11,0	7,0	2,0	11,8 18,0
F p/ trat.	0,6	68,0*	16,0*	11,4*	0,0	17,1*	2,5 2,9
F p/ bloco	0,5	3,0	0,7	0,2	1,4	1,8	1,2 0,4

a) Valores seguidos de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

b) O asterisco indica que o valor é significativo ao nível de 5%

c) Os valores entre parênteses indicam o erro padrão da média.

ramos e casca apresentaram coeficientes maiores, 24% e 27% respectivamente, indicando uma amostragem menos precisa para estes dois componentes.

Nas tabelas 13 , 14 e 15 são apresentadas as concentrações de nutrientes nos componentes em cada uma das idades. As acículas apresentam a maior concentração de quase todos os nutrientes, diferindo significativamente dos demais componentes. A única exceção foi o zinco, aos 18 anos. A concentração nas acículas é extremamente superior à dos demais componentes. O nitrogênio, por exemplo, apresenta concentrações nas acículas 12 a 15 vezes superiores às do lenho.

O lenho apresenta as concentrações menores de quase todos os elementos, com exceção do manganês nas três idades.

Aos 8 anos, os ramos apresentam em relação à casca uma concentração mais elevada na maioria dos elementos. No plantio de 14 anos não há diferença significativa entre casca e ramos para o nitrogênio e potássio, porém há para o nitrogênio e o ferro.

No plantio de 18 anos, a casca apresenta maiores concentrações de nitrogênio e potássio.

Tabela 13 - Concentração de nutrientes (ppm) em diferentes componentes de *Pinus oocarpa* com 8 anos de idade.

Compo- nente	Nutrien- tes						
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn Zn
Acículas	15.930 ^a	860 ^a	5.400 ^a	1.830 ^a	880 ^a	232 ^a	217 ^a 16 ^a
Ramos	3.700 ^b	250 ^b	2.050 ^b	1.160 ^b	450 ^a	66 ^b	104 ^b 13 ^a
Casca	3.010 ^c	160 ^{bc}	1.170 ^{bc}	1.220 ^b	170 ^c	68 ^b	32 ^d 7 ^b
Lenho	1.130 ^d	120 ^c	900 ^c	510 ^c	170 ^c	24 ^c	56 ^c 7 ^b

a) Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 14 - Concentração de nutrientes (ppm) em diferentes componentes de *Pinus oocarpa* com 14 anos de idade.

Compo nente	Nutrien tes						
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn Zn
Acículas	15.270 ^a	790 ^a	4.970 ^a	2.070 ^a	680 ^a	295 ^a	220 ^a 16 ^a
Ramos	2.430 ^b	180 ^b	1.610 ^b	1.160 ^b	330 ^b	55 ^c	112 ^b 21 ^a
Casca	2.710 ^b	140 ^b	1.240 ^b	860 ^c	150 ^c	77 ^b	29 ^d 23 ^a
Lenho	1.040 ^c	90 ^b	730 ^c	710 ^c	170 ^c	14 ^d	65 ^c 5 ^b

a) Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 15 - Concentração de nutrientes (ppm) em diferentes componentes de *Pinus oocarpa* com 18 anos de idade.

Compo- nente	Nutrientes						
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn Zn
Acículas	15.070 ^a	770 ^a	4.320 ^a	1.980 ^a	730 ^a	187 ^a	225 ^a 16 ^b
Ramos	2.070 ^c	150 ^b	1.070 ^c	870 ^b	280 ^b	63 ^b	96 ^b 9 ^c
Casca	2.610 ^b	170 ^b	1.360 ^b	680 ^c	300 ^b	68 ^b	46 ^d 23 ^a
Lenho	1.140 ^d	70 ^c	620 ^d	640 ^c	170 ^b	12 ^c	66 ^c 6 ^c

a) Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

4.4. Distribuição dos nutrientes na fitomassa acima do solo por hectare

O estoque dos nutrientes distribuídos nos diferentes componentes de três idades de *P. oocarpa* é apresentado na tabela 16.

Observa-se que o estoque de nutrientes aumenta com o incremento da biomassa arbórea.

Contudo, este aumento não é diretamente proporcional, pois a razão nutriente / fitomassa diminui com o aumento de idade da plantação. Aos 8 anos, por exemplo, em cada quilograma de fitomassa há 5,3 gramas dos oito nutrientes analisados. Esta relação decresce para 4,3 g / kg aos 14 anos e 3,8 g / kg nas árvores de 18 anos.

Esta diminuição pode ser explicada pela menor proporção na fitomassa florestal dos componentes com maiores teores de nutrientes (copa e casca) nas plantações mais antigas, aliada ao ligeiro decréscimo do teor da maioria dos nutrientes.

Observa-se que, aos 8 anos, a copa representa 14,8% da fitomassa e contém 47,3% do nitrogênio, 40% do fósforo, 38,1% do potássio, 27,8% do cálcio e 37,7% do magnésio acumulado na fitomassa acima do solo.

Tabela 16 - Distribuição de nutrientes nos componentes das árvores de *P. oocarpa* em diferentes idades (Kg/ha).

Compo- nentes	Idade (anos)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Acículas	8	98,4	5,3	33,4	11,3	5,4	1,4	1,3	0,1
	14	99,4	5,1	32,3	13,5	4,4	1,9	1,4	0,1
	18	84,2	4,3	24,1	11,1	4,1	1,0	1,3	0,1
Ramos	8	35,3	2,4	19,6	11,1	4,3	0,6	1,0	0,1
	14	29,0	2,1	19,2	13,9	3,9	0,7	1,3	0,2
	18	32,0	2,3	16,5	13,4	4,3	1,0	1,5	0,1
Casca	8	51,0	2,7	19,8	20,7	2,9	1,2	0,5	0,1
	14	38,9	2,4	21,3	14,7	2,6	1,3	0,5	0,4
	18	53,0	3,5	27,6	13,8	6,1	1,4	0,9	0,5
Lenho	8	97,9	6,8	66,2	37,5	12,5	1,8	4,1	0,5
	14	108,0	9,3	75,8	73,8	17,7	1,4	6,8	0,5
	18	151,4	9,3	82,3	85,0	22,6	1,6	8,8	0,8
Árvore	8	282,6	19,2	139,0	80,6	25,1	5,0	6,9	0,8
Total	14	275,3	18,9	145,6	115,9	25,6	5,3	10,0	1,2
	18	320,6	19,4	150,5	123,3	37,1	5,0	12,5	1,5

A razão nutrientes / massa da copa aos 8 anos (expressa em gramas por quilograma), é de 14,7 considerando-se os oito nutrientes analisados. Aos 14 anos esta relação baixa para 12,4 gramas por quilograma, e é de 9,6 gramas por quilograma aos 18 anos. Na idade de 18 anos a copa representa 12,1% da fitomassa e contém 36,2% do nitrogênio, 34,2% de fósforo, 27% do potássio, 19,9% do cálcio e 22,6% do magnésio acumulado na fitomassa acima do solo. Por isso, embora o talhão de 18 anos apresente uma fitomassa 64% superior à do talhão de 8 anos, a massa total por hectare dos oito nutrientes analisados é somente 20% superior à do plantio mais novo.

4.5. Eficiência de utilização dos nutrientes

É de grande significado verificar a quantidade de fitomassa produzida por quantidade de nutriente retido. Esta relação fornece a eficiência com que as árvores utilizam os nutrientes retidos e serve como indicador valioso para comparações entre diferentes espécies, procedências ou progênies, em diversos espaçamentos e idades.

Na tabela 17 apresentamos a produção de matéria seca total por quilograma de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) retidos na fitomassa do solo nos plantios de *P. oocarpa*.

Tabela 17. Produção de matéria seca total por quilograma dos macronutrientes (N,P,K,Ca e Mg) na fitomassa acima do solo

Idade	Tronco	Copa	Total
8	165	29	194
14	206	31	237
18	235	33	268

Pode-se verificar que, para cada quilograma de macronutriente retido a plantação de 14 anos, em relação à de 8 anos, produziu 25% a mais de biomassa do tronco e a de 18 anos, 42% a mais de biomassa de tronco por hectare. Portanto, os plantíos mais velhos otimizam melhor, ao longo dos anos, a ciclagem bioquímica e biogeoquímica.

Hansen e Baker, citados por SILVA (1983), também concluíram que as árvores mais jovens dos gêneros *Populus* e *Platanus* tendem a ser menos eficientes do que as árvores mais velhas. Estes autores consideram que esta menor eficiência se deve à grande produção de ramos e casca nos povoamentos mais jovens.

MADGWICK (1976) afirma que dentro de uma espécie pode haver uma variação considerável na maneira em que se distribui a matéria seca entre os componentes. Segundo o autor, esta

variação parece ser altamente herdável.

Na tabela 18 é comparada a produção de matéria seca por quilograma de macronutrientes retidos na fitomassa de *P. oocarpa* e de *P. caribaea* var. *hondurensis*, ambos de 14 anos. Os dados de *P. caribaea* foram calculados com base nos dados publicados por POGGIANI (1980).

Tabela 18. Produção de matéria seca por quilograma dos macronutrientes (N,P,K,Ca e Mg) retidos na fitomassa de *P. oocarpa* e de *P. caribaea* de 14 anos de idade

	Tronco	Copa	Total
<i>P. oocarpa</i>	206	31	237
<i>P. caribaea</i> hondurensis	221	36	257

Observa-se que, em relação ao *P. oocarpa*, o *P. caribaea* produziu 7,5% a mais de biomassa do tronco para uma mesma quantidade de macronutrientes retidos, mostrando ser mais eficiente na utilização dos nutrientes retidos.

Devido a estes aspectos citados e considerando que as plantações florestais tendem a ocupar solos de baixa fertilidade, é importante que o critério de eficiência deva ser também utilizado na seleção entre e dentro de populações. Isto proporcio-

naria subsídios importantes para uma escolha mais adequada no sentido de uma maior produção de fitomassas com uma menor utilização de nutrientes do sítio.

Contudo, como para os demais critérios de avaliação utilizados nas seleções de populações, as comparações de eficiência devem ser realizadas com dados obtidos nas mesmas condições silviculturais e ambientais. Quando se trata de dados obtidos em sítios experimentais diferentes, as comparações devem ser feitas com certa reserva. Este cuidado se deve ao fato de que as concentrações de nutrientes nos tecidos variam com a fertilidade do solo (PRITCHETT, 1979) e com o regime de umidade (SHOULDERS, 1981). A concentração de nutrientes da biomassa foliar varia ainda com as estações do ano (SHOULDERS, 1981). O sítio, a idade e a densidade do talhão também afetam as proporções dos nutrientes nos componentes das árvores (SWITZER *et alii*, 1968).

Não podemos desconsiderar o fato, citado por SPURR e BARNES (1973), de que as plantas tendem a absorver os minerais solúveis à medida em que estes estão disponíveis na rizosfera. Para estes autores, as quantidades de um dado elemento nas folhas, em uma determinada época, não estão claramente relacionadas, nem com uma quantidade disponível no solo nem com os requisitos nutricionais das espécies. As árvores absorvem o que podem e não necessariamente o que necessitam. Deve ser considerado também que as concentrações variam dentro dos diferentes tecidos. Dentro da folhagem e ramos, as concentrações variam com a posição na co-

pa e com a idade do tecido. Segundo YOUNG e CARPENTER (1976), as três maiores fontes de erro de amostragem são as análises químicas das sub-amostras, os métodos de amostragem de cada componente e a estimativa da biomassa de cada componente.

Devido a todos esses aspectos, e como não existe ainda uma padronização quanto a métodos de amostragem e de determinação das concentrações para cada elemento, as comparações podem levar à interpretações equivocadas.

A comparação apresentada na tabela 18 foi feita entre plantações da mesma idade, mesma densidade e mesmos tratamentos silviculturais. Estão localizadas no mesmo sítio e foram amostradas seguindo a mesma metodologia, e realizadas pelo mesmo autor.

4.6. Exportação da fitomassa acima do solo e nutrientes sob diferentes intensidades de exploração florestal

Supondo-se um corte raso nos talhões estudados, a tabela 19 mostra a quantidade de matéria seca e nutrientes que seriam removidos sob diferentes intensidades de utilização da árvore.

Comparando a exploração do lenho e da casca em relação à remoção somente do lenho, observa-se que há um aumento de 23% aos 8 anos, 16% aos 14 anos e 15% aos 18 anos de fitomassa

Tabela 19 - Fitomassa acima do solo e nutrientes exportados sob diferentes intensidades de exploração florestal (Kg/ha).

Idade	Remoção	Fitomassa	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Total Nutrientes
8 anos	1	73.600	97,8	8,9	66,2	37,5	12,5	1,7	4,0	0,5	229,1
	2	90.550	148,8	11,6	86,0	58,2	16,1	2,8	4,5	0,6	328,6
	3	100.100	184,1	14,0	105,6	69,1	20,4	3,4	5,5	0,7	403,0
	4	106.285	282,5	19,3	139,0	80,6	25,8	4,8	4,8	0,6	559,6
14 anos	1	103.890	108,0	9,3	75,8	73,7	17,7	1,4	6,7	0,5	293,1
	2	121.035	146,9	11,7	97,1	88,4	21,0	2,7	7,2	0,9	376,2
	3	132.983	175,9	13,9	116,0	102,3	25,2	3,4	8,5	1,2	446,7
	4	139.495	275,3	19,0	148,7	115,8	29,6	5,1	9,9	1,3	604,9
18 anos	1	132.809	151,4	9,3	82,3	85,0	22,6	1,6	8,7	0,8	361,7
	2	153.126	204,4	12,7	109,9	98,8	28,7	3,0	9,6	1,3	468,4
	3	168.578	236,4	15,0	126,4	112,2	33,0	4,0	11,1	1,4	539,5
	4	174.167	320,6	19,3	150,5	123,3	37,1	5,0	12,4	1,5	669,7

- a) Remoção do Lenho
b) Remoção do Tronco (Lenho + casca)
c) Remoção do Tronco e Ramos
d) Remoção do Tronco e Copa

removida. Considerando a exploração total da fitomassa acima do solo, este aumento é da ordem de 44% , 34% e 31% nas três idades, respectivamente. O decréscimo percentual em relação à idade se deve ao fato da menor proporção de copa e casca nos talhões mais velhos. Consequentemente, o mesmo fato ocorre em relação à exportação de nutrientes.

Como se pode observar, a exploração dos chamados "resíduos florestais" aumenta consideravelmente a produção de fitomassa nas plantações florestais. Contudo, como afirma MALKONEN (1973), a extração destes "resíduos" não é, em nenhuma hipótese, uma fonte gratuita de matéria prima.

Considerando a saída adicional de nutrientes causa das pela exploração do tronco em relação à exploração apenas do lenho, verifica-se que, na idade de 8 anos, há um aumento na saída de fósforo e potássio de 30% e de mais de 50% de nitrogênio e cálcio. A remoção de micronutrientes do sítio sofre um aumento adicional de 65% de ferro, 20% de zinco e 12% de manganês. A prática da remoção do tronco sem descascamento exporta do sítio uma quantidade adicional de nutrientes de 43% para os oito nutrientes analisados. Aos 14 e 18 anos esta remoção adicional é da ordem de 29%.

Comparando a exploração total da árvore com a do lenho, verifica-se, aos 8 anos, um aumento adicional de 144% para os oito nutrientes. O nitrogênio e o ferro se destacam com aumento de aproximadamente 190%. Isto significa que a quantidade destes dois nutrientes exportada por hectare, sob o sistema de exploração total

da árvore, é aproximadamente igual ao que é exportado em três hectares sob sistema de exploração do lenho. Para os demais elementos, o incremento varia de 60 a 116%.

Nas idades de 14 a 18 anos, a remoção do tronco e copa, quando comparada com a remoção somente do lenho, resulta em uma saída adicional dos oito nutrientes de 106% e 85%, respectivamente.

Pode-se verificar, portanto, que a saída de nutrientes aumenta grandemente em função da idade da plantação e intensidade de exploração. Deve-se ressaltar que a saída de nutrientes devido à exploração florestal não se limita àqueles removidos com a colheita, pois a lixiviação e erosão são intensificados após a exploração florestal (COLE e GESSEL, 1965).

Os dados apresentados na tabela 19, permitem constatar a magnitude da exploração de nutrientes em diferentes intensidades de utilização e idades. Não permitem, contudo, a avaliação do que representa esta perda para o sistema e para a produtividade futura do sítio.

Para isto, seria necessário também quantificar o estoque de nutrientes do solo florestal, da manta orgânica e as taxas de entrada e saída naturais do ecossistema.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, pode-se concluir que:

a) Em termos percentuais, há um aumento do componente lenho em relação à idade. Aos 8 anos, o lenho representa 69% da fitomassa acima do solo, sendo 76% aos 18 anos. O componente casca decresce de 16% aos 8 anos para 12% aos 18 anos. A proporção de ramos se mantém praticamente constante e as acículas decrescem percentualmente com a idade. Aos 8 anos, representam 6% da fitomassa, sendo 3% aos 18 anos.

b) A distribuição da fitomassa, nas três idades, obedece a seguinte ordem decrescente: lenho, casca, ramos e acículas.

c) Observa-se, quanto à ordem relativa dos teores de nutrientes, a sequência $N > K > Ca > P > Mg > Mn > Fe > Zn$ nas acículas; $N > K > Ca > Mg > P > Mn > Fe > Zn$ nos ramos;

$N > K \gtrsim Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn$ na casca e $N > K \gtrsim Ca > Mg > P > Mn > Fe > Zn$ no lenho.

d) As acículas constituem o componente que apresenta a maior concentração de nutrientes, sendo esta, em média, 7,5 vezes superior à concentração de nutrientes do lenho, componente que apresenta a menor concentração em todas as idades estudadas. Os ramos apresentam, em média, uma concentração de nutrientes maior do que a casca, aos 8 anos, e inferior aos 18 anos.

e) As acículas, os ramos e a casca contêm, aos 8 anos, 59% dos nutrientes acumulados na biomassa dos pinheiros. Estes três componentes contêm 52% dos nutrientes no talhão de 14 anos e 46% no talhão de 18 anos.

f) A quantidade dos nutrientes analisados (g) por quilograma de fitomassa diminui em relação à idade da plantação. Esta relação é de 5,3 gramas de nutrientes aos 8 anos, 4,3 gramas aos 14 anos e 3,8 gramas aos 18 anos.

g) A remoção do tronco sem descascamento, em relação à exploração do lenho, representa um incremento na exportação dos nutrientes analisados de 43% aos 8 anos e de 29% nos plantios de 14 e 18 anos.

h) A exploração total da fitomassa acima do solo, em relação à exploração apenas do lenho, acarreta um aumento na saída dos nutrientes analisados de 144% aos 8 anos, 106% aos 14 anos e de 85% aos 18 anos.

6. LITERATURA CITADA

ART, H.W. e P.L. MARKS, 1971. A summary table of biomass and net annual primary production in forest ecosystems of the world. In: IUFRO forest biomass studies. Orono, University of Maine : 1 - 32 .

BALLONI, E.A., 1979. O uso intensivo da floresta e seus reflexos na fertilidade do solo. Circular Técnica IPEF, Piracicaba, 45, 17 p.

BARBOUR, M.G.; J.H. BURK e W.D. PITTS, 1980. Terrestrial Plant Ecology. Menlo Park, The Benjamin / Cummings Publishing Company, 604 p.

- BARTOS, D.L. e R.S. JOHNSTON, 1978. Biomass and nutrient content of quaking aspen at two sites in the Western United States. Forest Science, Washington 24(2):283-90.
- BELLOTE, A.F.I., 1979. Concentração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* em função da idade. 129 p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).
- BERTOLANI, F.; N. NICOLIELO e A.J. MIGLIORINI, 1984. Melhoramento Genético e Produção de Sementes de *Pinus* spp na CAFMA - Agudos (SP). In: Simpósio Internacional: Métodos de Produção e Controle de Qualidade de sementes e Mudas florestais. Curitiba, Univ. Fed. do Paraná : 478 - 490.
- BORMANN, H.F. e G.E. LIKENS, 1970. The nutrient cycles of an ecosystem. Scientific American. New York (233) : 93 - 101.
- BOYLE, J.R.; J.J. PHILLIPS e A.R. EK, 1973. "Whole Tree" harvesting: Nutrient budget evaluation. Journal of Forestry, 71(12):760-762.
- BUNN, E.H. e G.M. WILL, 1973. Management operations affecting nutrient cycling and fertilizer response in forest stands. In: International Symposium on Forest Fertilization. Paris: 33-53.

CARPANEZZI, A.A., 1980. Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de Eucaliptos no interior do Estado de São Paulo. Piracicaba, 107 p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).

CHAPMAN, S.B., 1976. Production ecology and nutrient budgets. In: CHAPMAN, S.B., Ed. Methods in plant ecology. New York, Halsted Press : 157 - 228.

CHIBA, M., 1981. Silviculture for tomorrow's manking. Proc. XVII IUFRO World Congress. Division 1. Japan : 2-8.

CROW, T.R. e R.W. BLANK, 1978. Distribution of Biomass and Production for Several Northern Woody Species. North Central Forest Experimental Station, Research Note NC - 239. 33 p.

COLE, D.W. e S.P. GESSEL, 1965. Movement of elements through a forest soil as influenced by tree removal and fertilizer additions. In: Forest - soil Relationship in North America : 95 - 104.

CURLIN, J.W., 1970. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNGBERG, C.T. and C.B. DAVEY, Ed. Tree growth and forest soils. Oregon, Oregon State University Press : 313-326.

DUVIGNEAUD, P., 1977. A Síntese Ecológica. Lisboa, Socicultur.
1º vol. 168 p.

EGUNJOBI, J.K. e S.O. BADA, 1979. Biomass and nutrient
distribution in stands of *Pinus caribae* L. in the dry forest
zone of Nigeria. Biotropica, Fairfax, 11(2):130-5.

FORREST, W.C. e J.D. OVINGTON, 1970. Organic matter changes in
a age series of *Pinus radiata* plantations. Journal Applied
Ecology, 7:177-80.

FORREST, W.G. e J.D. OVINGTON, 1971. Variation in dry weight and
mineral nutrient content of *Pinus radiata* progeny. Silvae
genetica, Frankfurt, 20(5/6) :174-9.

GALVAO, A.P.M., 1981. Present status of forest resources in the
tropics and problems in forestation and afforestation: Present
situation in Central and South America. Proc. XVII IUFRO
World Congress. Interdivisional. Japan :73-78.

HAAG, H.P.; J.R. SARRUGE, G.D. de OLIVEIRA; F. POGGIANI e C.A.
FERREIRA, 1976. Análise foliar em cinco espécies de Eucalip-
tos. IPEF, Piracicaba, (13):99-115.

- HAAG, H.P.; J.W. SIMÕES; G.D. de OLIVEIRA; J.R. SARRUGE e F. POGGIANI, 1977. Distúrbios nutricionais em *Eucalyptus citriodora*. IPEF, Piracicaba (14) : 59-68.
- JORGENSEN, S.S., 1977. Metodologia Utilizada para análises químicas de rotina. Piracicaba, CENA. 22 p.
- KEMP, R.H., 1973. Status of the C.F.I. International Provenance Trial of *Pinus oocarpa* Schiede. In: BURLEY, J. e D.G. NIKLES, Ed. Tropical Provenance and Progeny Research and International Cooperation. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. v. 1 : 76-82.
- KRUMLIK, G.J. e J.P. KIMMINS, 1976. Biomass and nutrient distribution in two undisturbed forest ecosystems. In: XVI IUFRO World Congress. Division 1, Oslo : 92-103.
- LIKENS, G.E.; F.H. BORMANN, R.S. e W.A. REINERS, 1978. Recovery of a deforested ecosystem. Science (199) : 492-496.
- LIMA, W.P., 1979. O regime da água do solo sob florestas de pinheiros tropicais e sob vegetação de cerrado. Piracicaba, 79 p. (Tese de Livre Docência - ESALQ).
- LONGMAN, K.A. e J. JENIK, 1974. Tropical forest and its environment. Londres, Longman Group Limited. 196 p.

- MADGWICK, H.A.I., 1976. Mensuration of forest biomass. In: Oslo Biomass studies. Orono, University of Maine :13-27.
- MADGWICK, H.A.I.; D.S. JACKSON e P.J. KNIGHT, 1977. Above ground dry matter, energy, and nutrient contents of trees in an age series of *Pinus radiata* plantations. New Zealand For. Science 7(3):445-68.
- MALKONEN, E., 1973. Effect of complete tree utilization on the nutrient reserves of forest soils. In: IUFRO Biomass Studies, Orono, University of Maine :375-386.
- NORTON, S.A. e H.E. YOUNG, 1976. Forest biomass utilization and nutrient budgets. In: Oslo Biomass studies. Orono, University of Maine :55-73.
- OVINGTON, J.D. e H.A.I. MADGWICK, 1959. Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of Scots Pine. Forest Science 5(4):344-55.
- POGGIANI, F.; H.T.Z. do COUTO e J.W. SIMÕES, 1979. Aspectos ecológicos das mini-rotações e do aproveitamento dos resíduos florestais. Circular técnica, IPEF, Piracicaba (74):1-7.

- POGGIANI, F., 1980. Floresta para fins energéticos e ciclagem de nutrientes. Série Técnica, IPEF, Piracicaba, 1(2):D1-D11.
- POGGIANI, F.; H.T.Z. do COUTO e W. SUITER FILHO, 1983. Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. IPEF, Piracicaba (23):37-42.
- POWERS, R.F., 1976. Nutrient requirements of timber species. In: Proceedings of the Fifth California Forest Soil Fertility Conference. Sacramento : 7-16.
- PRITCHETT, W.L., 1979. Properties and management of forest soils. New York, John Wiley & Sons. 500 p.
- RAISON, R.J., 1980. Possible forest site deterioration associated with slash-burning. Search (11) : 68-72.
- RAISON, R.J. e W.J.B. CRANE, 1981. Nutritional costs of shortened rotations in plantation forestry. Proc. XVII IUFCO World Congress. Division 1. Japan : 63-72.
- RANZANI, G., 1971. Carta de solos da Agro-Florestal Monte Alegre. Centro de Estudos de Solos. Piracicaba, ESALQ. 81 p.

- RUSSO, R.O., 1983. Mediciones de biomassa en sistemas agroforestales. Curso corto sobre metodologias de investigacion agroforestal en el Trópico Humedo. Cali, CATIE. 27 p.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ / USP. 58 p.
- SHOULDERS, E., 1981. Concentration and distribution of selected elements in above-ground biomass of 8 - year - old Slash Pine. General Technical Report 50 - 34. New Orleans, Southern Forest Experimental Station : 254-58.
- SILVA, H.D., 1983. Biomassa e aspectos nutricionais de cinco espécies do gênero *Eucalyptus* plantadas em solo de baixa fertilidade. Piracicaba, 91 p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).
- SINGH, B., 1982. Nutrient content of standing crop and biological cycling in *Pinus patula* ecosystem. Forest Ecology and Management, 4:317-32.
- SPURR, S.H. e B.V. BARNES, 1973. Forest Ecology. 2a. ed., New York, The Ronald Press Company. 571 p.
- STATE UNIVERSITY OF NEW YORK, 1979. Impact Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling. Proc. Symp. State Univ., New York. Siracuse, School of Forestry. 421 p.

SWITZER, G.L.; L.E. NELSON e W.H. SMITH, 1968. The mineral cycle in forest stands. In: Forest Fertilization: theory and practice. Knoxville, Tennessee Valley Authority :1-9.

SWITZER, G.L. e L.E. NELSON, 1972. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.) Plantations Ecosystems: The first twenty years. Soil Science Society American Proceedings, Madison, 36(1):143-7.

SWITZER, G.L. e L.E. NELSON, 1973. Maintenance of productivity under short rotations. In: International Symposium on Forest Fertilization. Paris :365-389.

TARAS, M.A., 1978. Biomass of Souther Pines and their product yields. In: Complete Tree Utilization of Southern Pine. Wisconsin, Forest Products Research Society :15-23.

WEETMAN, G.F. e B. WEBBER, 1972. The influence of wood harvesting on the nutrient status of two spruce stands. Can. J. For. Res., 2:351-369.

WHITTAKER, R.H., 1975. Communities and Ecosystems. 2a. ed., New York, MacMillan Publishing Company. 385 p.

YOUNG, H.E. e P.N. CARPENTER, 1976. Sampling variation of nutrient element content within and between trees of the same species. In: Oslo Biomass studies. Orono, University of Maine :75-79.