RELAÇÕES ENTRE AS PROPRIEDADES EDÁFICAS, TEORES
DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS E O CRESCIMENTO DE
Pinus caribaea MORELET VAR. *bahamensis* BARR. E GOLF EM
LATOSSOLO VERMELHO ESCURO, EM AGUDOS - SP

SUELY MARIA LA TORRACA

Orientador: Prof. Dr. HENRIQUE PAULO HAAG

Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Doutor em Agronomia. Área
de Concentração: Solos e Nutrição
de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1985

DEDICO

ã meus pais
Cira e Waldemar
pelo carinho e •orações

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos e em especial deferência.

- Ao Prof. Dr. Henrique Paulo Haag, que me orientou na realização desse trabalho;

- Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Tecnologia e INPA, pela oportunidade de realização desse trabalho;

- À Companhia Agroflorestal Monte Alegre, CAFMA, pelo apoio fornecido para a realização, coleta de dados e de materiais das populações, além de apoio financeiro.

- Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, IPEF, pela colaboração na computação dos dados.

- Ao Prof. Dr. Fábio Poggiani pelo apoio na área florestal.

- Ao Prof. Dr. Hilton Tadeu Zarate do Couto pela orientação na organização estatística.

- Aos Engenheiros Florestais Norival Nicolielo, Edgard Campinhos Junior e Renato Maciel, pelo apoio e sugestões apresentadas.

- À Candida Otilia de Luca Maciel pela colaboração no trabalho de revisão.

- À Rosa Ilda Broetto Marin pela colaboração no trabalho de datilografia.

- Aos técnicos do Laboratório de Solos e Nutrição de

Plantas - Esalq - Lourdes, Lúcia, Mirtes e Claudemir, pela col
boração nas análises.

INDICE

	Página
RESUMO.....	VII
SUMMARY.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1. Aspectos gerais.....	5
2.1.1. Nomenclatura botânica.....	5
2.1.2. Distribuição natural.....	5
2.1.3. Ambiente natural.....	7
2.1.4. Variações na forma e no crescimento....	8
2.2. Sítios florestais e produtividade.....	13
2.3. Fatores edáficos e nutrição.....	18
2.3.1. Ciclagem, imobilização e exportação de nutrientes.....	18
2.3.2. Análises do solo e foliares.....	27
2.3.3. Deficiências nutricionais.....	38
2.3.4. Adubação.....	48
2.3.5. Nutrição e ectomicorrizas.....	61
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	
3.1. Descrição geral da área de estudo.....	67
3.2. Material.....	69
3.3. Métodos.....	69
3.3.1. Dados da instalação do ensaio.....	69
3.3.2. Coleta de dados e material.....	70

	Página
3.3.2.1. Levantamento dendrométrico....	70
3.3.2.2. Amostragem das acículas.....	70
3.3.2.3. Amostragem de solo.....	71
3.4. Análise de dados.....	71
3.4.1. Análise de laboratório.....	72
3.4.1.1. Preparação das acículas.....	72
3.4.1.2. Preparação das amostras de solo.....	72
3.4.1.2.a. Análise física de solo.....	72
3.4.1.2.b. Análise química do solo....	73
3.4.2. Análise estatística.....	74
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
4.1. Características do "stand": altura, DAP e volume.....	76
4.2. Características edáficas: físicas.....	78
4.3. Características edáficas: químicas.....	87
4.4. Características nutricionais: teores nas acículas.....	100
4.5. Relações entre características físico-quími- cas do solo e foliares e o crescimento dos povoamentos.....	107
5. CONCLUSÕES.....	114
6. LITERATURA CITADA.....	115
7. APÊNDICES	137

RELAÇÕES ENTRE AS PROPRIEDADES EDÁFICAS, TEORES DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS E O CRESCIMENTO DE *Pinus caribaea* MORELET var. *bahamensis* BARR. E GOLF EM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO, EM AGUDOS - SP.

Suely Maria La Torraca

Orientador: Prof. Dr. Henrinque Paulo Haag

RESUMO

Objetivando observar as relações entre características de crescimento e parâmetros edáficos e fisiológicos, na tentativa de estabelecer equações que permitam predizer o crescimento, principalmente em altura, fornecendo, também, subsídios para a classificação de sítios em povoamentos de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* foi realizado um estudo, com esta espécie florestal, na região de Agudos - São Paulo, em áreas pertencentes à Cia. Agro - Florestal Monte Alegre.

Foram escolhidos sítios, em relevo plano, com três parcelas cada, situados sobre Latossolo vermelho-escuro fase arenosa, com povoamentos na idade de 17 anos e que tinham sofrido, anteriormente, quatro desbastes.

As amostras de solo foram coletadas em duas profundidades, de 0-20 cm (horizonte A) e de 40-60 cm (horizonte B). As características físicas analisadas estavam relacionadas à granulometria, densidade aparente, densidade real e porosidade total. Para estimar características químicas foram analisados os teores no solo de P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn

e Cu, e calculados os percentuais de soma e saturação de bases, soma hidrogênio-alumínio e CTC, além do pH e matéria orgânica.

As características fisiológicas ou nutricionais, foram determinadas pela análise química total das acículas de árvores dominantes, através de: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Fe e Mn, assim como pelas principais relações entre esses elementos.

Foi feita análise de variância para estabelecer as variações significativas para os parâmetros de crescimento, edáficos e nutricionais. A partir de estudo de correlações simples entre as variáveis independentes, foi feita análise de regressão entre as variáveis dependentes, altura, diâmetro e volume, e as variáveis independentes edáficas e nutricionais.

As variações no crescimento dos povoamentos nos quatro sítios estudados, atribuiu-se às diferenças encontradas nas condições edáficas analisadas e que se refletiram nas nutricionais, não se excluindo a possibilidade de outros fatores não incluídos nesta pesquisa terem, também, contribuído para as diferenças encontradas na altura dominante, diâmetro e volume.

RELATIONSHIP BETWEEN EDAPHIC PROPERTIES AND NUTRIENTS LEVEL IN THE NEEDLES THE GROWTH RATE OF *Pinus caribaea* MORELET var. *bahamensis* BARR. e GOLF. IN THE RED OXISOL, IN AGUDOS, SP, BRAZIL.

Suely Maria La Torraca

Adviser: Prof. Dr. Henrique Paulo Haag

SUMMARY

This study was undertaken with the objective of: (1) Observing the relationship between growth characteristics with edaphic and physiological parameters; (2) establishing equations for prediction growth, mainly height, and (3) sites planfed with *Pinus caribaea* var. *bahamensis* stands, growing in the Cia. Agro-Florestal Monte Alegre, Agudos in the State of São Paulo.

Four sites of 17 year old stands were selected, located ou an oxisol "Latossolo vermelho-escuro fase arenosa" soil type (flat land). Each site consisted of three plots, and had been submitted to four thinnings previously.

The soil samples were collected in the 0-20 cm, and in the 40-60 cm depth ranges. Physical characteristics were described in terms of granulometry, bulk density, apparent density, and total porosity. To estimate chemical composition characteristics, the contents of P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn and Cu, as well as pH, organic matter, in the soils were

determined, percentage of alkaline saturation, hydrogen - aluminium saturation and capacity of cationic exchange were calculated.

Nutrional characteristics were determined by total chemical analysis of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Fe, and Mn in the needles of dominant trees, as well as through the relations between these elements.

Analysis of variance and regression showed that variations in the stands growth, were related to differences in edaphic conditions and nutritional characteristics, mainly, in the alkaline saturation in the 0-20 cm depth, content of calcium and total porosity in the 40-60 cm depth and in the total level of phosphorus and magnesium in the needle.

1. INTRODUÇÃO

A reprodução, sobrevivência e crescimento florestal em determinado local ou sítio representa uma resposta integrada a um complexo de interações que envolvem fatores do meio; biótico, climáticos, edáficos e topográficos, influenciados por práticas silviculturais e de manejo florestal.

A capacidade da espécie florestal de crescer e desenvolver-se em um sítio é influenciada pela sua capacidade fisiológica (fator interno) e pelo meio ambiente (fator externo), sendo que a combinação destas propriedades determinam a "produtividade florestal". Os fatores externos e, em particular, o solo determinam a "qualidade do sítio", ou seja, capacidade do local para promover o crescimento florestal, baseado em características não facilmente alteráveis.

A estimativa da "qualidade de sítio" ou "local" de determinada essência florestal é básica para diversas atividades florestais, como previsão de produção no corte final, intensidade de práticas silviculturais e avaliação econômica

na compra de terras.

Os métodos mais utilizados para determinar a "qualidade de sítio" relacionam-se aos componentes mensuráveis da produtividade florestal, sendo que o mais comum é o da medição da altura de árvores dominantes. Apesar da existência de várias maneiras de se expressar a "capacidade de sítio", o convencional é a relação altura-idade, denominada, Índice de sítio ou local (site index). No entanto o Índice de sítio não pode ser aplicado em áreas onde não existam plantios, fazendo com que métodos que envolvam estimativas de fatores do meio ambiente sejam, também, amplamente empregados.

Quando a "qualidade de sítio" é determinada para uma única região climática, as características edáficas e topográficas podem ser relacionadas às características de crescimento do plantio permitindo que a equação, obtida através de regressão múltipla, seja aplicada até mesmo em áreas onde não existem plantios da espécie.

A ação do relevo no crescimento ocorre de maneira indireta, influenciando na profundidade dos horizontes, na condição hídrica e na lixiviação dos nutrientes. Como todas as interrelações que ocorrem mascaram a interpretação dos resultados, para a análise de regressão múltipla, estima-se que uma equação de produtividade do sítio que isole o fator topografia estabeleça, com melhor precisão, as características físico-químicas no solo determinantes para o crescimento do plantio.

A introdução de espécies florestais apresenta dificuldades, em grande parte, devido ao desconhecimento das exigências climáticas e edáficas. No Brasil, as variedades de *Pinus caribaea* vêm sendo introduzidas há alguns anos, ficando demonstrada, desde as primeiras avaliações, sua adaptação ao solo e clima da região sudeste (CWA) com o crescimento superior ao de espécies subtropicais como *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

Os plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* não foi tão intenso como para a variedade *hondurensis*, devido ao incremento mais lento e a dificuldade em se obter sementes de boa procedência, no entanto, encontram-se atualmente, amplamente distribuídos no Brasil.

A estimativa da produtividade das terras de uma região, distribuídas em um único grande grupo, latossolo vermelho-escuro fase arenosa, poderá facilitar o planejamento de uma empresa florestal e fornecer subsídios a outras pesquisas envolvendo relacionamento de características de crescimento e características físico-químicas no solo e foliares para a mesma espécie.

Os objetivos deste trabalho, são os seguintes:

- a) determinar as características físico-químicas, em duas profundidades, nos quatro sítios estudados.
- b) avaliar os teores nutricionais nas acículas dos plantios de mesma idade nos quatro sítios estudados.
- c) determinar quais características nos solos

e nas acículas são interrelacionadas.

d) obter equações, a partir de variáveis físico-químicas e foliares, que permitam estimar o crescimento em altura, DAP e volume de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Aspectos gerais

2.1.1. Nomenclatura botânica

Antes de 1950, *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *Pinus elliottii* var. *densa* Little e Dorman estavam incluídos como sendo *Pinus caribaea*. Os trabalhos de Loock (1950) e Little e Dorman (1952, 1954), citados por LAMB (1973) dividiam as populações destes pinheiros tropicais em duas espécies: *Pinus elliottii* Engelm, para as populações encontradas originalmente na região sul dos Estados Unidos e *Pinus caribaea* Morelet para as da América Central, incluindo Cuba e Bahamas.

Posteriormente, as pesquisas realizadas por Luckhoff (1964) e Barrett e Golfari (1962), citados por LAMB (1973), dividem *Pinus caribaea* em três distintas variedades: *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*; *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barr. e Golf. e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. e Golf.

2.1.2. Distribuição natural

A situação atual da distribuição natural, depois de mais de um século de exploração florestal das populações originais pelo homem e de danos causados por incêndios,

segundo GIBSON (1982) seria a seguinte:

- *Pinus caribaea* var. *caribaea*

Ocorre entre as latitudes 21°35'N e 22°50'N em Cuba e Ilha Los Piños. Em Cuba, as principais concentrações florestais ocorrem nos níveis entre 46 e 335 m, acima do nível do mar, enquanto que na Ilha Los Piños, onde cerca de um terço da ilha é coberto por *Pinus*, a altitude é bem menor, não superior a 30 m do nível do mar.

- *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Esta variedade está confinada na América Central, onde forma "stands" descontínuos no nordeste da Nicarágua; passando pelo norte e região central de Honduras; leste da Guatemala e norte de Belize. A única ocorrência insular é a de Guanaja, na costa de Honduras

A variação na altitude é ampla, com o limite em torno de 800 m ao nível do mar.

Ampla, também, é a sua distribuição com a latitude variando de 12°13'N até 27°00'N e a longitude de 71°40'W até 89°25'W.

- *Pinus caribaea* var. *bahamensis*

Ocorre em Grand Bahama, Great Abaco, Little Abaco, New Providence e Ilhas Andros, nas Bahamas, e ainda nas Ilhas de Turks e Caicos.

A altitude dos "stands" varia até cerca de 30 m do nível do mar e a latitude vai de 21°45'N até 25°00'N.

2.1.3. Ambiente natural

O meio natural das três variedades de *Pinus caribaea* e todos os fatores que influem nas condições do ambiente original de ocorrência dessa espécie, ainda não são totalmente conhecidos, segundo as revisões de LAMB (1973), KEMP (1973), GREAVES (1980) e GIBSON (1982), mas alguns aspectos podem ser avaliados, devido aos estudos dos últimos trinta anos.

Uma característica constante é o clima quente e úmido, na maior parte do ano, com o verão chuvoso e o inverno seco. Enquanto que o índice de pluviosidade varia muito, principalmente para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, variedade com distribuição mais ampla, com o índice de 600 a 1000 mm por ano (GIBSON, 1982).

A temperatura anual é, mais ou menos constante, variando de 25 a 27°C até 21,2°C. Entretanto, os extremos de temperatura podem apresentar índices distantes como de 17°C, encontrados em Laguna del Mar (min. 17°C, máx. 35°C); Melina (min. 10°C; máx. 38°C) e Mountain Pine Ridge (min. 6°C, máx. 39°C) (GIBSON, 1982).

Diferentes solos são encontrados nas áreas de distribuição natural das variedades de *Pinus caribaea* com algumas características comuns, como baixa fertilidade, drenagem e pH baixo (5 a 5,5), com exceção de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, que ocorre em solos de origem marinha com pH alto, acima de 8,5.

A drenagem livre, da maioria dos solos, permite

que no período seco ocorram incêndios naturais que induzem situações de disclimax, com baixa sobrevivência de espécies folhosas, mas com espécies de pinheiros resistentes ao fogo, em certo grau, sobrevivendo, segundo Taylor (1962), citado por GIBSON (1982).

A maioria dos solos com florestas destes pinheiros são Latossolos Vermelhos-Amarelos ou solos hidromórficos, derivados de sedimentos marinhos do Plioceno e Pleistoceno, enquanto que as florestas de folhosas, destas regiões, estão, principalmente, em solos de origem aluvial, derivados do terciário, em áreas férteis.

2.1.4. Variações na forma e no crescimento

- *Pinus caribaea* var. *caribaea*

Pequeno em altura nos "stands" naturais, quando comparado com outras variedades, apresenta, no entanto, excelente forma de fuste, com uma regular e desejável ramagem (GIBSON, 1982).

Estudos comparando diferentes procedências das variedades de *Pinus caribaea* em vários locais onde foram introduzidos (GIBSON, 1982), constataram que *Pinus caribaea* var. *caribaea* como superior a outras variedades, quanto a forma e uniformidade no crescimento. "Foxtails" eram raros e as demais copas apresentavam característica piramidal com ramos bem distribuídos (GREAVES, 1980). Estudo comparativo entre as três variedades, realizado no Brasil, também coloca essa variedade

como a de melhor forma nos "stands" naturais (CASER, 1984).

- *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

A variedade com melhor crescimento, atingindo cerca de 45 m de altura na região de Mountain Pine Ridge, em Belize (GIBSON, 1982).

Variações de forma, particularmente nas características dos ramos, foram observadas em maior número nos "stands" naturais da Guatemala, do que na Nicarágua (KEMP, 1973).

Sendo a variedade com distribuição mais ampla, é a que apresenta maior variações na forma e no crescimento, dependendo de sua procedência (GIBSON, 1982). Vigor, forma do caule, "foxtails", comprimento dos internódios e características dos ramos são as principais variações. Muitas procedências apresentam as mesmas variações que podem ficar mascaradas, até a idade de quatro anos, quando então os fenótipos tornam-se evidentes (GREAVES, 1980).

As procedências originárias do sul das costas de Honduras e Nicarágua, especialmente Alamicamba, Rio e Brus Lagoon, observadas em diferentes locais onde foram introduzidas, produzem um significativo número de "foxtails". Os "foxtails", destas procedências, são de crescimento rápido e atingem as alturas dominantes nos talhões, tornando-se superiores aos demais "stands" (GREAVES, 1980). Entre as procedências com altas taxas de "foxtails", com exceção de Alamicamba, todas apresentam baixos índices de plantas com formas ideais de crescimento (GRANHOF, 1978). As árvores de procedência de Alami -

camba, também, apresentaram bom crescimento e forma, em relação a outras procedências, no estudo comparativo entre variedades e procedências realizado no Brasil (CASER, 1984).

As procedências com taxas de crescimento mais lento, Santos, Melinda e Belize, originárias da costa norte de Honduras e Nicarágua, produzem um índice menor de "foxtails", ao lado de formas de crescimento não ideais, como o fuste de inclinado para ligeiramente sinuoso e ramos toscos e espalhados (GREAVES, 1980). No Brasil, a procedência Santos foi bem, quanto a forma, na região de Ribas do Rio Pardo, Mato Grosso do Sul (CASER, 1984).

Já, a única procedência insular, Guanaja, é distinta quanto a forma, com caule ondulado ou sinuoso e característica ramagem provocada por internódios curtos. Apresenta índice baixo de "foxtails" (GREAVES, 1980).

Plantas procedentes de Poptun, apresentaram índices altos de "foxtail" e variações de forma, tais como ramos "ramicorn" e plantas bifurcadas (DIABATE, 1978 e CRACIUM, 1978).

As outras procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* como Petoci, do norte de Honduras, e Los Limones e Santa Clara apresentam formas pobres de crescimento e índices moderados de "foxtails". As duas últimas apresentam, ainda, acículas verde-claras, determinando hibridização com *Pinus oocarpa* (GREAVES, 1980).

As observações feitas, por diferentes autores entre formas de crescimento das diferentes procedências de *Pi-*

nus caribaea var. *hondurensis*, em diversos locais do mundo onde foram introduzidas, estão, muitas vezes, associadas a especulações sobre os fatores do ambiente que estariam interferindo nas diferenças de forma apresentadas. Assim sendo, para alguns autores como GRANHOF (1978) e CRACIUM (1978), formas de crescimento ideais e baixos índices de "foxtails" estariam associados ao crescimento mais lento, devido a baixa fertilidade do solo, ou então, associados a uma única e distinta estação seca.

Pesquisa realizada no Brasil, comparando o comportamento de sete procedências de *Pinus oocarpa*, cinco de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e uma de *Pinus caribaea* var. *caribaea* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, em quatro localidades de Minas Gerais, uma em Mato Grosso do Sul e outra em Brasília, concluiu pelo forte componente genético relacionado a ausência de "foxtail" em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Observou-se, também, que a presença de "foxtail" estava ligada ao crescimento da árvore, de tal forma que plantas com crescimento mais lento apresentavam ausência de "foxtail". O comportamento geral para "foxtail", nos diferentes locais, foi de menor incidência em Brasília e maior em Ribas de Rio Pardo, Mato Grosso do Sul. Verificou-se que o ensaio em Brasília foi o que apresentou menor crescimento em DAP, altura, volume cilíndrico e comprimento de internódios. Quanto a procedência e ausência de "foxtail", as melhores foram Poptun e Los Limones, que também apresentaram crescimento mais lento. Portanto, concluiu-se que existe uma associação genética entre crescimento em DAP,

altura, volume cilíndrico, retidão do fuste e comprimento dos internódios e "foxtail" (CASER, 1984).

Observações semelhantes foram obtidas na Costa Rica, onde só não se notou "foxtail" em *Pinus caribaea* var. *caribaea*, uma porcentagem pequena em *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e alta em *Pinus caribaea* var. ~~*hondurensis*~~, com correlação positiva entre altura média e porcentagem de "foxtail" e entre altura média e o comprimento do "foxtail", indicando que existe forte característica genética ligada a essa característica e que sofre influência de fatores de sítio e clima (WIERSUM, 1972).

- *Pinus caribaea* var. *bahamensis*

Nos talhões originais, apresentam altura raramente excedendo 20 metros, com caule reto, cilíndrico e ramagem regular. Os "stands" apresentam alta densidade induzindo caule livre de ramos (GIBSON, 1982).

São poucas as informações sobre as formas de crescimento das diferentes procedências desta variedade. Com forma do fuste e crescimento semelhante a de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, apresenta uma menor uniformidade e altos índices de "foxtail". Na Austrália, foi observado que plantas procedentes de Andros, além de "foxtail" apresentavam "ramicorn" (CRACIUM, 1978). No Brasil, a mesma procedência apresentou índices altos de "foxtail", em diferentes locais (CASER, 1984).

Para GREAVES (1980), na sua revisão sobre *Pinus caribaea* a sequência quanto ao vigor ascendente seria na

ordem de variedade *caribaea*, *hondurensis* e *bahamensis*, enquanto que a resistência a geadas, crescimento e forma ideais, melhoram na ordem inversa.

2.2 Sítios florestais e produtividade

O sítio florestal conceitualmente é uma área determinada do terreno, com combinações características entre o clima, a topografia, fatores biológicos e do solo. A qualidade do "sítio", ou seja, a capacidade de produção, geralmente é expressa por características do talhão, como altura média em função da idade, conhecido como "índice de sítio", ou então, pelo incremento médio anual do talhão, ou mesmo por outras medidas do talhão.

Diferentes métodos podem estimar a produtividade do sítio, utilizando variáveis do talhão, ou então, variáveis do sítio. Pode-se, também, através de expressões compostas, combinar as variáveis do talhão e as do sítio (HAGGLUND, 1981).

A qualidade do talhão expressa unicamente através do índice de sítio não é totalmente satisfatória, uma vez que a altura sofre influência considerável do meio. Assim, SPURR (1964) define um sítio florestal e a sua produtividade através de diversos fatores climáticos e edáficos, afirmando que quanto mais variáveis forem encontradas, melhores serão as correlações estabelecidas.

Utilizando-se curvas de índices de sítio, observou-se que a altura é afetada pela densidade do plantio, competição en

tre população, fatores genéticos e condições nutricionais (GRIZER e MEIR, 1951). A altura média das árvores dominantes, para índice de sítio, foi a maneira encontrada para, pelo menos, evitar a influência da densidade do plantio. Se bem que alguns autores encontraram o efeito da densidade do plantio mesmo na altura de plantas dominantes (BARRETT, 1973; 1975).

Para HAGGLUND (1981) a maneira mais natural de avaliar a produtividade de um sítio é através das propriedades desse sítio, utilizadas como indicadores de produtividade. Portanto, o método mais comumente empregado para avaliar a produtividade é relacionando o índice de sítio com propriedades do sítio, através, principalmente, de análises de regressão.

A produtividade do sítio é determinada por variáveis do clima, da topografia e do solo. As variáveis do clima são a temperatura, o vento, a luminosidade e a precipitação, influenciadas pela latitude, longitude e altitude. A importância do clima, na classificação dos sítios florestais, é muito grande por influir na formação dos solos e no relevo, além de intervir em aspectos da fisiologia vegetal, através, por exemplo, da temperatura e do comprimento do dia.

Trabalhos como de GOLFARI *et alii* (1978) sobre condições ecológicas ideais para diferentes espécies florestais no Brasil são baseados, principalmente, em fatores climáticos, uma vez que o sucesso de um reflorestamento depende das condições ambientais serem semelhantes ao do local original da espécie florestal.

Outros exemplos de classificações florestais que utili-

zaram condições climáticas, além de edáficas, foram as de van GOOR (1965) para *Pinus elliottii* e a de HOOG (1981) para *Araucaria angustifolia*.

A importância da topografia para caracterizar sítios florestais é ressaltada em diferentes trabalhos, como os citados na revisão de SPURR (1964). A grande importância da declividade é que dela depende a orientação do sítio, com relação à insolação ou aos ventos. A topografia do terreno determina e influencia na erosão, na disponibilidade de água e nutrientes no solo (THOMPSON e TROECH, 1973).

Um exemplo da importância da topografia e sua influência no solo e no crescimento é mostrada pela pesquisa, realizada nos Estados Unidos, com plantios de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, onde constatou-se que os plantios nas regiões mais altas e bem drenadas, ao pé das montanhas, não sofriam influência do manejo, enquanto que os da região mais baixa, com solos mal drenados, plantas crescendo em camaleões, apresentaram-se 37% mais altas com ganho de volume de cerca de 49%, em relação às árvores crescendo em área gradeada (HAYWOOD, 1983).

Em experimento conduzido no Brasil, no Paraná, sobre relações entre altura dominante de *Pinus elliottii* e fatores de sítio, foi observada a importância do relevo como fator de produtividade, tendo o relevo atuado como fator decisivo devido, por exemplo, ao transporte e acúmulo de nutrientes solúveis através de um fluxo subterrâneo (BLUM, 1979).

Trabalhos relacionando qualidade de sítio e condições edáficas são inúmeros. CARMEAU (1973) lista cerca de 70 traba ..

lhos relacionando índice de sítio e propriedades do solo. Usualmente, as variáveis estudadas referem-se à disponibilidade de água e status nutricional do solo. Em alguns trabalhos, as propriedades químicas do solo também são relacionadas com a concentração dos elementos nutritivos nas folhas (TAMM, 1964).

Na literatura encontram-se diferentes formas de aproximação para relacionar características físicas e químicas do solo e o índice de sítio ou sua previsão, ou então, o status nutricional de florestas ou plantios florestais.

Uma das maneiras para abordar esse relacionamento é a -través do entendimento dos processos que ocorrem no solo, comparando-se diferentes tipos de florestas ou plantios florestais, estimando-se, então, que tipo de solo, determinada cultura florestal melhor se adaptaria (WEBBY *et alii*, 1969; ASHTON, 1976).

No Brasil, um trabalho pioneiro nesse sentido foi feito por van GOOR (1966c) com *Araucaria angustifolia*. Comparando clima, altitude, vegetação natural, profundidade e utilidade do solo, em plantios localizados em diferentes regiões do Estado de São Paulo, estabeleceu um critério de qualidade para a classificação do sistema, dividindo em três classes distintas: boa, média e má, definidas segundo índice de altura aos 25 anos. Aproximadamente, o incremento anual por hectare, de cada classe seria em torno de maior que 15 m³; entre 15 m³ e 8 m³ e menor que 8 m³. No entanto, os solos para esta classificação esta-vem baseados em levantamentos ao nível de grande grupo, o que implica em uma variação muito grande nas propriedades do solo,

limitando, na prática, a utilização deste tipo de classificação (HOOGH, 1981).

A dificuldade em se tentar relacionar os grandes grupos de solo com aptidão para determinada essência florestal ficou evidente, também, em outras pesquisas envolvendo *Araucaria angustifolia* (BASTIDE e van GOOR, 1970) e *Pinus elliottii*, van GOOR (1965). Mesmo quando se comparou esses tipos de solo, clima, topografia e fertilidade, para predizer crescimento de *Araucaria angustifolia* e obtendo-se evidências positivas para um único grande grupo, Latossolo Roxo relacionado ao melhor índice de sítio (9,9 m de altura; 25 anos), não há segurança total nas afirmações (HOOGH e DIETRICH, 1979). Segundo HOOGH (1981), as informações de características levantadas relacionadas ao solo para classificações agrícolas, não são geralmente válidas para *Araucaria* e outras essências florestais.

Por outro lado, classificações baseadas no tipo de vegetação anterior ao plantio de *Araucaria angustifolia*, no sul do Brasil, indicam serem úteis e aplicáveis para o reflorestamento desta espécie nativa. Foram obtidos melhores índices de sítio, nos plantios onde, anteriormente, haviam florestas naturais, ou então, em solos cultivados. Os piores índices de sítio foram obtidos em solos de campo e de cerrado. A baixa capacidade dos solos de campo e de cerrado em suportarem plantio de *Araucaria* está relacionada à pouca disponibilidade de N, P e matéria orgânica, baixa atividade biológica, conteúdo alto de Al, retenção deficiente de água e ausência de micorrizas (HOOGH, 1981).

A correta classificação de sítio para *Araucaria angustifolia*

folia, segundo as pesquisas realizadas, deve ser baseada em tipos de solos e mais características específicas, como porosidade e densidade, retenção de água, profundidade do horizonte A e oferta de P, principalmente, ao lado de K, Ca, Cu e B. Além destes, o uso da terra e tipo de vegetação anterior são essenciais para estimar a produtividade dos reflorestamentos (HOOGH, 1981).

Uma outra aproximação, para se poder relacionar características do solo e qualidade do sítio florestal, é através de levantamentos de deficiências ou carências para um ou mais nutrientes presentes no solo (KHANNA, 1981).

Levantamento realizado por van GOOR (1965), em plantios com *Pinus elliottii*, em diferentes regiões do sul do Brasil, analisando fertilidade do solo, concluiu pela dependência desta espécie ao teor de bases trocáveis no solo (S), principalmente aos níveis disponíveis de Ca e Mg, respectivamente, 2,75 e 0,25 meq. Em outro trabalho, van GOOR (1966) observa que *Pinus patula* e *Pinus khasya* extraem maiores quantidades de N e, com menor intensidade, P e B que *Pinus elliottii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, indicando uma possível maior dependência dos dois primeiros pinheiros a esses nutrientes.

2.3. Fatores edáficos e nutrição

2.3.1. Ciclagem, imobilização e exportação de nutrientes

Solos tropicais, de maneira geral, são solos al

tamente intemperizados, com níveis baixos de matéria orgânica e de nutrientes, que são facilmente lixiviados. Essas características levam a perda da fertilidade durante a preparação dos sítios para plantio ou replantio de monoculturas florestais. Se, por um lado, as propriedades físicas e químicas do solo influenciam grandemente a performance de qualquer tipo de vegetação, esta influi, também, internamente nos processos de formação do solo (BRADY, 1974; SANCHEZ, 1976; WILDE, 1978).

As essências florestais contribuem para um melhoramento das condições físicas e químicas do solo, em que estão implantadas, através de suas raízes mais profundas que as espécies de ciclo curto, com isso retirando nutrientes de um nível mais inferior no solo que, juntamente com os elementos absorvidos por via não radicular, formam os tecidos que são posteriormente incorporados às camadas superiores do solo, constituindo, a cada ano, uma nova manta orgânica ou folheto, a qual é transformada em húmus por processos biológicos (HAAG *et alii*, 1978).

Os nutrientes retornam ao solo, principalmente pela decomposição dos restos orgânicos das folhas, frutos, sementes, ramos e troncos das árvores. Ocorrendo, também, o escoamento de elementos nutritivos pelo tronco, o gotejamento da copa. A intensidade do retorno de nutrientes ao solo vai depender do tipo de floresta ou plantio florestal, do clima e das características do solo que sustentam a comunidade vegetal (SPAIN, 1975; PRITCHETT, 1979).

Um ótimo de fertilidade em solos florestais é

alcançado quando a interação entre os fatores abióticos e bióticos promovem a decomposição da matéria orgânica em níveis que permitam sustentar, por longo período de tempo, um ótimo crescimento vegetal. Agiriam, nesta fertilidade, dois componentes inerentes, um mineral e outro orgânico, responsáveis principais pela ciclagem de nutrientes. A fertilidade biológica é composta por uma longa cadeia de microorganismos e fauna do solo, nesta, principalmente, minhocas e cupins. Além da fertilidade do solo, a biota influenciou na boa estruturação do solo, principalmente a fauna (LEE *et alii*, 1981).

A liteira de florestas de coníferas pode atingir vários centímetros de profundidade, uma vez que seus restos orgânicos são de difícil decomposição (SPURR e BURTON, 1973). Esta lenta decomposição das acículas deve-se a uma alta relação C/N (DUNIGTON, 1959).

A lenta liberação de nutrientes pelo folheto de *Pinus* pode ser importante, principalmente nos estádios mais velhos dos plantios em regiões tropicais. Uma liberação ou decomposição rápida poderia provocar perdas por lixiviação devido às chuvas intensas no verão ou durante grande parte do ano, ao lado da CTC baixa destes solos.

O tipo de solo influenciou o acúmulo de serrapilheira de *Pinus radiata* na Austrália, mais que outros fatores estudados. A acumulação aumentava até a idade de 20 anos, para depois permanecer estável em povoamentos mais velhos, devido a estabilização da queda das acículas (FLORENCE e LAMB, 1974). A mesma conclusão sobre o teor e a quantidade de litei-

ra dependente do tipo de solo foi demonstrado por outros autores (SWITZER e NELSON, 1972; WELLS e JORGENSEN, 1978; JORGENSEN *et alii*, 1980).

Para plantios de *Pinus* com mais de 20 anos, o folheto passa a ser a fonte principal de nutrientes para as árvores e responsável pelo retorno de elementos ao solo. Em *Pinus taeda* com 16 anos, na Carolina do Norte, 34% do N absorvido provinha da liteira, enquanto que em plantios com 30 a 40 anos de idade subia para 86% de N, originado do folheto (JORGENSEN *et alii*, 1980).

A fertilidade baixa da maioria dos solos de reflorestamentos, a lenta decomposição da liteira de *Pinus* e a sua grande demanda nutricional nos estádios iniciais de crescimento, induzem a conclusão que uma fertilização inicial seria necessária para que se obtenha um máximo de produtividade (CHIEW, 1980). Pesquisas com diferentes espécies de *Pinus* demonstram que as essências florestais necessitam de nutrientes nas fases jovens de desenvolvimento, mais que na adulta, ocorrendo, então, período em que a necessidade nutricional é constante (POWERS, 1976; PRITCHETT, 1979; MILLER, 1981). Manter a fertilidade do solo é importante, uma vez que a matéria orgânica declina continuamente após sucessivas rotações (WARING, 1981).

A possibilidade de deterioração de um ecossistema florestal, principalmente em plantios com rotações em intervalos curtos, poderá acarretar prejuízos nas características físicas e químicas do solo (PATRICK e SMITH, 1975; POGGIANI *et alii*, 1979).

Os plantios de *Pinus*, por sua vez, alteram a fertilidade do solo, intervindo na ciclagem de nutrientes. Os efeitos mais estudados referem-se aos teores de N, carbono, matéria orgânica e relação C/N do solo, que dependem de inúmeros fatores, como tipo de solo, idade de plantio e espécie considerada.

Para alguns autores, os plantios florestais de *Pinus* não alteram o teor de matéria orgânica, N e C/N do solo, quando comparado com solos sob florestas naturais (LANE, 1975; LEPSCH, 1980).

Enquanto que para SHAH (1980), analisando os efeitos de plantios de *Pinus caribaea* nas propriedades do solo na Malásia, encontrou teores mais altos de matéria orgânica e N total, que em floresta nativa adjacente.

O efeito positivo de plantios de *Pinus* no solo, elevando teores de matéria orgânica e N, também, foi observado em solos de pastagens (BARROS e BRANDI, 1975) e em solos degradados (McCHUCKIN, 1970) com o reflorestamento.

No entanto, outros autores, observaram efeito negativo dos plantios de *Pinus*, quando comparado com solos de florestas naturais substituídas pelas essências florestais, ocorrendo diminuição do teor de matéria orgânica, N total e aumento de C/N (HAMILTON, 1965; TOSIN, 1977).

Pesquisa realizada comparando-se plantios de *Pinus elliottii* (9, 14 e 19 anos), *Pinus patula* (19 anos) e *Pinus taeda* e vegetação natural de cerrado, em Assis, São Paulo, mostrou não haver diferenças entre as mantas orgânicas dos pi-

nheiros, mas, em relação à liteira natural, o conteúdo de nutrientes era menor (N, K, Ca e Mg), apesar da quantidade do folheto nos plantios florestais ser maior (LOPES, 1983).

A perda da fertilidade do solo, quando são introduzidos plantios de *Pinus*, estaria relacionada à lenta decomposição da sua liteira e da grande perda de N e matéria orgânica, quando uma área é aberta para plantio, devido ao aumento da temperatura do solo, intensa atividade microbiana e lixiviação dos elementos pela ação da chuva (SHAH, 1980; LEE *et alii*, 1981).

A maior deposição de nutrientes sobre a camada superficial do solo é dada pela decomposição da serrapilheira (SPURR e BURTON, 1973). A composição da liteira varia de espécie para espécie, sofrendo influência do meio (TANAUT *et alii*, 1951). Assim sendo, não é suficiente conhecer-se o teor de matéria orgânica devolvida ao solo pelos plantios florestais, é importante estabelecer a qualidade desse material e sua ciclagem, o que é dado, em parte, pelo teor dos elementos primários existentes na manta florestal.

Em plantios na Nova Zelândia foram estimados a biomassa, o nitrogênio e o fósforo na liteira, para cinco sítios de *Pinus radiata* e quatro sítios de *Eucalyptus*. A liteira de *Pinus* foi de 258 a 386 g/m² e a de *Eucalyptus* 388 a 686 g/m²/ano. A maior parte das folhas, para *Eucalyptus*, ocorre no verão e para *Pinus*, na primavera e no final do verão. A concentração de N e P nas acículas variou conforme a estação do ano, em ambas as espécies, sendo menor na época de queda máxima. A

concentração de N e P na liteira de *Pinus* variou, respectivamente, de 400 a 2400 mg N/m²/ano e de 97 a 230 mg P/m²/ano, para *Eucalyptus* a variação foi de 2100 a 4600 mg N/m²/ano e de 95 a 200 mg P/m²/ano. Portanto, as duas espécies contribuem com valores semelhantes em N e a liteira de *Pinus* concentra mais P (MADWICK *et alii*, 1983).

Estudos realizados na Nova Zelândia, durante um período de quatro anos, em plantios de *Pinus radiata*, envolvendo a decomposição da liteira, estabeleceram que a densidade do folheto não intervinha na decomposição e liberação de nutrientes. A perda de nutrientes na serrapilheira foi na ordem de: N < Mn = Ca < Zn = Mg < peso seco < P < B < K. Não ocorrem, praticamente, perdas de N durante as primeiras 97 semanas, seguidas de uma pequena liberação. Em contraste, as liberações de P e K foram substanciais, nas primeiras 9 semanas e K continuou sendo liberado até cerca de 90% no primeiro ano. Percebe-se, então, que o conteúdo total de cada nutriente diminui com o tempo, mas com grandes diferenças entre os níveis liberados, sendo a ordem de liberação: Ca = Mg = Mn = Zn < P < B < K. Portanto, enquanto metade da concentração de Ca, Mg, Mn e Zn serão liberados após quatro anos, 90% do K total desaparece em aproximadamente um ano (WILL *et alii*, 1983).

O diferente comportamento dos elementos nutritivos, quanto a liberação e a ciclagem, também foi observado durante estudo, por longo período de tempo, com *Pinus taeda*, constatando-se que N e P reciclam internamente (39% e 69%) e o K recicla, principalmente, através da lavagem das copas (50%) ,

enquanto que o Ca não apresenta reciclagem interna e uma baixa retirada do solo, tendo como fonte principal a liteira e a precipitação (54% e 39%) (SWITZER e NELSON, 1972).

Outro aspecto nutricional importante, relaciona-se, principalmente, às culturas florestais intensivas, com rotações de ciclo curto ou médio, onde ~~ocorrem~~ grandes exportações de nutrientes no sítio, quando a copa, além do tronco, é utilizada ou não incorporada após a derrubada. A copa, conforme a idade, pode conter mais de 50% dos nutrientes da biomassa. Neste sentido, é fundamental fazer um balanço nutricional completo, estimando-se a biomassa exportada, o folheto produzido e os nutrientes exportados e reciclados ao longo das rotações (POGGIANI *et alii*, 1984).

Pesquisas realizadas com pinheiros do sul dos Estados Unidos, revelam que a exploração da fitomassa total, acima do solo, remove cerca de duas vezes a quantidade de nutrientes que são retirados em uma exploração convencional (madeira e casca do fuste comercial) (PRITCHETT, 1979).

Em plantios de *Pinus oocarpa*, em Agudos, São Paulo, a distribuição entre os componentes do "stand" foi de 14% para copa, 13% para a casca e 73% para o fuste. Entretanto, o conteúdo de nutrientes, nesta biomassa, foi de 37% na copa, 15% na casca e 48% no fuste. Neste trabalho, concluiu-se que quanto maior a idade do talhão, maior o conteúdo de nutrientes na biomassa. Talhões mais jovens possuem uma maior con-centração de nutrientes na copa, em relação à árvore total. Portanto, o aproveitamento da copa, ou seja, a retirada represen-

ta apenas um pequeno acréscimo em biomassa (14%), enquanto que ocorre uma forte exportação de nutrientes no sítio (37%) (POGGIANI, 1980).

Trabalho semelhante foi realizado em plantio de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, com 24 anos, em Agudos, São Paulo, obtendo-se uma porcentagem superior de macronutrientes, nas acículas em relação aos outros componentes e liteira, sendo a porcentagem de S igual a da casca, e de Ca superior a liteira. A concentração de Zn e Mn foi superior nas acículas, enquanto que as concentrações de B e Cu são as mesmas nas acículas, ramos, casca, madeira e liteira. A escala de retirada total de macronutrientes obedeceu a seguinte ordem: $N > K > Mg > Ca = S > O$; e dos micronutrientes, $Mn > Fe > Zn > B > Cu$. Com a exportação de nutrientes através da casca + madeira sendo de: 55% N; 64% K; 32% Ca; 51% Mg; 52% S; 71% B; 72% Cu; 41% Fe; 48% Mn e 64% Zn. Ficando demonstrada a grande imobilização e perda de nutrientes que advêm com a exportação dos componentes de pinheiros para solos pobres (LA TORRACA *et alii*, 1984).

A biomassa e a concentração de nutrientes nos componentes arbóreos foram estimados em talhões de *Pinus caribaea*, nas idades de 6, 8, 9 e 10 anos, na Nigéria. A concentração de N, P, K, Ca e Mg aumentou com a idade em todos os componentes. Entre 20 a 30% de N, P, Ca e Mg e 40% K estavam presentes nas acículas, de 6 a 14% nos ramos, 20 a 30% no tronco e 18 a 20% nas raízes. Concluindo-se, mesmo que se exportem somente o fuste, na idade de 10 ano, as perdas de nutrientes do sítio serão grandes (EGEMJOBI e BADA, 1979).

2.3.2. Análises do solo e foliares

Os solos de florestas e reflorestamentos devido a extensão que ocupam, apresentam grande variação quanto às suas características físicas, químicas e morfológicas. Por outro lado, a profundidade efetiva do solo florestal varia de alguns centímetros a mais de metro. Essas características e outras, como relevo, microclima, dificultam a amostragem, principalmente quanto ao número de coletas necessárias e a que nível de profundidade, para, efetivamente, avaliar a fertilidade e as condições físicas dos solos florestais (KHANNA, 1981).

Uma maneira de contornar o problema de amostragem é tomar-se um número razoável de amostras, ou então, amostragem coletada ao acaso (KHANNA, 1981).

Mas, para determinação de N total e disponível, nem mesmo um número grande de amostras contorna o problema da grande variabilidade do N no solo (MENGEL e KIRKBY, 1978). O universo radicular das essências florestais depende da idade da planta, da estrutura e profundidade do perfil, da reserva hídrica e nutricional de cada solo. A distribuição das raízes na superfície é especialmente importante para elementos absorvidos através da difusão, como N, P e K e que são, também, fornecidos pela matéria orgânica (NYE e TINKER, 1977). Quanto a absorção de nutrientes nas camadas mais profundas, as informações são, ainda, muito escassas (KHANNA, 1981).

O cuidado na tomada de amostras está, também, associado ao tempo que se leva para proceder as análises, ao método de secagem e ao peneiramento das amostras, uma vez que

cada passo, no manejo, interfere nas características químicas, físicas e biológicas. A secagem das amostras de solo altera os níveis disponíveis de K, NH_4 , Mn e P. O tempo que uma amostra fica imobilizada, antes de serem feitas as análises, afeta os diferentes elementos, uma vez que a biologia do solo continua ativa (KHANNA, 1981).

O solo, como meio físico, é dinâmico e suas propriedades variam em espaços de tempo relativamente curtos, o que causa problemas na obtenção de dados quantitativos e na sua descrição. Por outro lado, as propriedades e características es tão intimamente relacionadas, de tal forma que o conteúdo de matéria orgânica e a compactação, por exemplo, afetam a condutividade hidráulica e essa, a capacidade de estocar água para as plantas afetando, também, a aeração e as propriedades térmicas, em casos extremos, afetam a textura e tipo de solo (JAKOBSEN e TALSMAT, 1981).

São raros os trabalhos que procuram relacionar características físicas dos sítios florestais e a qualidade do sítio. Os trabalhos com *Pinus caribaea* são recentes e ainda não existem informações quanto as características físicas e químicas do solo associadas à qualidade do sítio. Segundo SALAZAR e SALINAS (1973), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* adapta-se melhor em solos com boa profundidade e drenagem livre.

Outro aspecto estudado, referente às propriedades físicas, foi quanto a adaptação de plântulas no plantio às temperaturas do ar e do solo, umidade do ar e intensidade da

luz. Observou-se que a regeneração das raízes de *Pinus caribae* a var. *hondurensis* sofre influência das temperaturas do ar e do solo, com a última afetando significativamente a regeneração, independentemente da temperatura do ar. A melhor regeneração das raízes, após o corte, ocorre quando as temperaturas do ar e do solo estão aproximadamente entre 24 e 30°C (ABOD *et alii*, 1979).

As metodologias de análise do solo, principalmente as que avaliam a fertilidade, estão baseadas em estudos envolvendo plantios de ciclo curto o que limita, até certo ponto, sua aplicação em plantios perenes (van den BERG, 1976). Muito embora, as análises químicas sejam úteis para determinar possíveis necessidades nutricionais do povoamento florestal, seu valor é limitado quando utilizadas isoladamente, se outros parâmetros, como: espécie vegetal, análises foliares, clima, micorrizas. etc., não forem considerados (BEATON, 1973; van den BERG e van GOOR, 1973).

Plantas florestais possuem maior complexidade nutricional e suas raízes, além de atingirem maiores profundidades, possuem associação com fungos, as micorrizas, que permitem uma absorção mais eficiente e específica. Alguns autores afirmam que o caminho correto para as análises químicas seria a avaliação dos níveis totais e não dos níveis disponíveis, principalmente P e K (van den BERG, 1976; KELLY *et alii*, 1978). Para MEAD e WILL (1976), a análise química dos elementos disponíveis no solo é experimentalmente válida, como meio indireto de estimar a quantidade disponível dos elementos no solo. En-

quanto que WARNING (1971) e PRICHETT (1979) sugerem o uso de análise química para diagnose de deficiências como complemento das análises foliares.

A maioria dos trabalhos envolvendo metodologia para análises químicas do solo está voltada para análises de P disponível e total, uma vez que esse elemento parece ser limitante para o desenvolvimento da maioria das espécies florestais.

A maioria dos testes para avaliar P, nos solos florestais, é a mesma utilizada para plantas de ciclo curto e é baseada na fração de P disponível. O P total não está, geralmente, relacionado com a capacidade do solo em suprir P, aparentemente devido ao fato que parte do elemento não está disponível para plantas perenes, mesmo que sejam portadores de micorrizas. Extratores leves, como água e acetato de amônio (pH 4,8), são aparentemente bons indicadores para viveiros e estágios iniciais do crescimento. Extratores mais fortes, como Bray I ($0,003 \text{ N NH}_4 \text{ F} + 0,025 \text{ N HCl}$) ou duplo ácido ($0,05 \text{ N HCl} + 0,025 \text{ NH}_2\text{SO}_4$), são melhores indicadores de P no solo para avaliação de plantas com mais idade, 5 a 10 anos ou mais. Utilizando estes métodos estimou-se o nível crítico de P no solo para *Pinus elliottii* entre 4-5 ppm (PRICHETT, 1979).

Utilizando-se de correlações simples para P disponível e P total, estabelecidas por diferentes extratores e métodos, e níveis de nutrientes nas acículas de *Pinus elliottii*

iii em plantios nos Estados Unidos e Austrália, (HUMPHREY e PRITCHETT, 1972) estabeleceram níveis críticos de P nas acículas e no solo, que permitem correta avaliação do status nutricional e estimam a necessidade ou não de adubação fosfatada. Observaram, ainda, que a intensidade (extração de P com água) e a capacidade (extração de P com NaOH) de P no solo, estavam correlacionadas com o nível de P nas acículas.

Para ALBAN (1972), correlacionando P disponível no solo, à profundidade de 0,25 cm, níveis nas acículas de *Pinus resinosa* e índice de sítio, os extratores fracos, como 0,01N HCl e 0,002 N H₂SO₄, são bons indicadores das concentrações de P disponível no solo.

Outro experimento avaliando diferentes extratores de P, em solos da Austrália, com plantios de *Pinus radiata*, na tentativa de estabelecer o melhor método para prever com segurança crescimento inicial e resposta à adubação fosfatada, selecionou o método conhecido como "Bray 2" (NH₄F 0.03N com HCl 0,10N) (HOPMAUS *et alii*, 1978)

Os estudos sobre a disponibilidade de P nos solos tropicais, onde a concentração de P disponível geralmente é baixa e a capacidade de fixar P é alta, têm sido intensos no sentido de se obter um método seguro de extração. A dificuldade reside nas diferentes formas de fosfato, nos solos com diferentes solubilidades. Além destes fatores, não se sabe com certeza quais das formas de P no solo influem mais na disponibilidade de P para as plantas (PRITCHETT, 1979).

Vários autores têm se dedicado à seleção de métodos de extração de P em solos tropicais, mas a maioria também está relacionada com plantas de ciclo curto (BALLERDI *et alii*, 1968; PALMA e FASSBENDER, 1970; CABALA e SANTANA, 1972; OKO e AGBOOLA, 1974).

Na revisão da literatura sobre trabalhos que envolvem seleção de métodos para a avaliação da disponibilidade de P no solo, van RAIJ (1978) destaca a superioridade e a versatilidade do método que emprega resina trocadora de ânions sobre os demais métodos. É observado, também, que o fator quantidade, como o mais importante parâmetro de P no solo, por exprimir a maior parte da variação do efeito de P do solo para as culturas.

A análise de nutrientes nos tecidos vegetais, principalmente folhas, é uma outra forma de avaliar o "status" nutricional do solo. Essa técnica é baseada no conceito que o conteúdo nutricional da planta reflete o do solo. Mas, o nível de nutrientes nos tecidos vegetais não depende unicamente da disponibilidade dos elementos no solo, é afetado por uma série de fatores, tais como a espécie vegetal; o tipo de tecido; as idades da planta e do tecido, e da competição entre plantas pelos nutrientes disponíveis no solo (MENGEL e KIRKBY, 1978).

As análises de tecidos vegetais são feitas preferencialmente através das folhas, por serem fiéis e sensíveis ao status nutricional da planta e fornecerem condições

homólogas e resultados similares. Sendo um órgão extremamente ativo reflete as deficiências do meio rapidamente. Além disso, a idade é facilmente estabelecida, ocupam posição definida e fornecem anatomia relativamente uniforme (LEVY, 1968).

As opiniões sobre a validade das análises foliares, como indicadores do status nutricional da planta e do solo, diferem entre os pesquisadores. Para BALLARD (1979) a análise foliar é superior à do solo. Enquanto que BEATON (1973) aceita a análise foliar com restrição, mas dentro de limites seria indicador da condição nutricional da planta. Já POWERS (1976) acha as análises foliares boas indicadoras do "status" nutricional mas, não ideal para recomendação de fertilizantes. Talvez as opiniões mais corretas sejam as de WARING (1971) e PRITCHETT (1979) e VANN e BROOKS (1983) que advogam a necessidade de análise química do solo e foliares para a melhor diagnose do "status" nutricional e deficiências. Como a ação dos elementos no crescimento afetam sua concentração foliar, devido a diluição ou mudanças fisiológicas envolvidas na translocação ou na interação iônica da superfície ou membranas das raízes (DRIESSCHE, 1974), ou então, determinado elemento limitante impede uma correta fotossíntese, principalmente N e K, atingindo função e translocação de outros nutrientes (TAMM, 1975), é necessário muito critério na interpretação dos resultados das análises foliares.

Segundo VANN e BROOKS (1983) o emprego de aná-

lises foliares, para avaliar possíveis deficiências nutricionais, é extremamente dependente da maneira como é feita a coleta dos exemplares. Árvores com "stress", causado por doenças, injúria ou deficiência hídrica ou nutricional, podem ter níveis de nutrientes mais altos que plantas com crescimento normal. Alguns cuidados devem ser tomados na coleta de acículas de *Pinus* spp como: os exemplares devem ser coletados de árvores em áreas representativas do solo e crescimento; a amostragem deve ser coletada em ramos laterais primários na região do 1/3 superior do crescimento e no lado norte do ramo coletado removem-se as acículas do ano corrente, utilizando-se as acículas subsequentes para análise laboratorial; os ramos coletados não devem possuir fruto.

A concentração foliar de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn foi determinado por RAUPACH e NICHOLLS (1982) para clones jovens de *Pinus radiata*, em cinco sítios na Austrália, e relacionada com a densidade da madeira em determinadas regiões de crescimento, encontrando-se diferentes concentrações aciculares de N, K, Mg e Zn, entre clones e diferenças na concentração de N e K em relação ao crescimento e sítios. Observou-se, também, que uma baixa concentração de P nas acículas implicava em uma maior densidade da madeira.

A concentração de nutrientes nas acículas varia nas diferentes partes da planta e com a idade, como observou SHOULDERS (1981) em *Pinus elliottii*. Conforme as acículas se distanciam do meristema apical, a concentração de Ca

aumenta. Também as concentrações variavam com a idade de acículas com níveis de N, P, K altos e Ca baixo nas acículas do ano corrente. Por outro lado, folhas novas da região superior contêm mais Mg, que folhas novas da parte inferior. Nas acículas velhas a concentração de K, Ca e Mg é alta na parte superior. Na região superior, as acículas do ano corrente e novas contêm alta concentração de N, P, K, e Mg e baixa de Ca, em relação às acículas mais velhas da mesma região.

Experimentos realizados na Austrália por FLORENCE e CHUONG (1935) comparando níveis de nutrientes nas acículas de *Pinus radiata* em exemplares com 1, 2, 3 e 4 anos, demonstrou que o N foliar declina com a idade, mais nos solos podzólicos que nos de terra roxa. A concentração de P, aos 4 anos, nos solos podzólicos declinou de 0,11-0,15 para 0,04-0,05. Nas acículas do ano corrente não haviam diferenças nas concentrações de N e P em relação à fertilidade do solo. Enquanto que nas acículas mais velhas os níveis caem sensivelmente, principalmente nos solos inférteis, refletindo melhor a qualidade do sítio. A concentração de nutrientes nas acículas do ano corrente, segundo os autores, refletem as condições de crescimento no período, enquanto que as acículas mais velhas indicam as condições ao longo do tempo, refletindo o potencial dos nutrientes no sítio florestal.

Também em *Pinus radiata* foi observado por FLINN *et alii* (1982) variação da concentração de nutrientes nas acículas conforme idade e posição e ainda estação e taxa de

superfosfato aplicado. Acículas mais velhas com concentrações de P maiores, enquanto que a concentração de P nas acículas do ano corrente estavam diretamente relacionadas aos níveis de adubação aplicados. O máximo de P, nas acículas do ano corrente, foi encontrado na primavera e o mínimo no fim do verão. Os autores concluem que, em *Pinus radiata* o P absorvido nas raízes é preferencialmente distribuído para os pontos de crescimento, especialmente na região apical da árvore. Este comportamento explica a deficiência de P causado, em plantas adultas, ramos espiralados e queda prematura de acículas na região inferior. A planta cresce em altura normalmente, mas o crescimento em diâmetro é limitado pela baixa transferência de P e fotossintetatos. Portanto, em *Pinus radiata* há diferença significativa no nível de P nas acículas da mesma idade em regiões diferentes, com níveis bem mais altos na região superior.

Comportamento similar do P, foi observado em *Pinus radiata* por MAGDWICK *et alii*, (1983), em relação ao N. A concentração de N nas acículas diminui com a idade e com o afastamento da região apical.

Variação sazonal na concentração de N, P, K, Ca e Mg nas acículas de *Pinus radiata*, nas idades de 7 a 9 anos, foram observadas por MEAD e WILL (1976) em relação a quatro sítios na Nova Zelândia. Baseados nessas variações, os autores, estabelecem que devem ser coletadas acículas do ano corrente ramos secundários da região superior da árvore. Pa-

ra N e Mg a coleta deveria ser feita no verão, preferencialmente janeiro. Para K na primavera, entre março e maio e para Ca entre março e junho. Para todos os elementos, a coleta poderia ser feita entre janeiro e março.

Cuidados na homogeneidade dos exemplares é essencial na análise de plantas, sendo que a idade fisiológica do tecido seria provavelmente o mais importante fator que afetaria a composição mineral (SMITH, 1962). Mas a opinião dos pesquisadores varia muito com relação ao ideal quanto a idade da acícula, época de coleta e número de exemplares. Para BEVEGE e RICHARDS (1972) a melhor época de coleta, na Austrália, para *Pinus* spp seria outono-inverno e com acículas do ano corrente, não estabelecendo o número de exemplares. Para MEAD e WILL (1976) com *Pinus radiata*, na Nova Zelândia, a melhor época seria no verão e também com acículas do ano corrente, recomendando coleta mínima em 10 árvores. Enquanto que VANN e BROOKS (1982) estabelecem para *Pinus elliottii*, no sul dos Estados Unidos, a melhor época seria do final do verão ao início do inverno, com acículas de 2 anos de idade, sem especificar o número de amostras. Também JACKSON *et alii* (1983) sugerem, através de comparações envolvendo níveis de nutrientes em acículas de *Pinus radiata*, que as acículas com 2 anos são melhores indicadoras do status nutricional, estabelecendo melhores relações com características de crescimento do "stand". Avaliando, também, análises foliares em *Pinus radiata*, MADGWICK *et alii* (1983), discordam de coletas de aci-

culas do ano corrente, afirmando serem necessários mais estudos para estabelecer a idade ideal das acículas para amostragem.

A maioria dos trabalhos parece considerar o mínimo de 8-10 árvores, dominantes e codominantes, como suficiente, pelo menos para macronutrientes (van den BERG, 1976). Sendo que BALLARD (1979) estabelece que para parcelas experimentais de 250 a 1.250 m², amostras compostas de 7 a 10 árvores demonstram serem adequadas para determinar os teores de elementos minerais.

2.3.3. Deficiências nutricionais

Os solos utilizados nos reflorestamentos, geralmente são de baixa fertilidade, induzindo produtividade ineficiente e, às vezes, aparecimento de um quadro sintomático lógico de deficiências nutricionais nas diversas fases do crescimento, em diferentes espécies florestais.

Para caracterizar os sintomas de deficiência e depois compará-los com a situação nos talhões experimentais, experimentos são realizados em casa-de-vegetação com solução nutritiva e tratamentos com ausência de elementos.

Experimento realizado, por SIMÕES (1973), em vasos e solução nutritiva com *Araucaria angustifolia* para observar os efeitos da omissão de nutrientes, constatou que plantas com 1 ano de idade já evidenciaram sintomas de deficiência mineral. A omissão de N limitou o crescimento e pro-

vocou forte clorose. A omissão de P, limitou o crescimento e provocou crestamento e morte das folhas e ramos. A omissão de N, P e Mg reduziram o crescimento das raízes. A omissão de K, aumentou o teor de Ca nas partes aéreas da planta. A omissão de Ca, resultou em absorção muito baixa de N (0,65%). A omissão de N e Mg induziu níveis relativamente altos de P, K e Ca. A ausência de micronutrientes provocou o alongamento dos ramos laterais e inibiu o crescimento da ramificação secundária. Todos os tratamentos afetaram o crescimento das mudas, exceto o tratamento omitindo S.

Outra pesquisa realizada no Brasil, envolvendo omissão de nutrientes, foi a de MALAVOLTA *et alii* (1970) com mudas de *Pinus elliottii*. A ausência de N reduziu o crescimento e as acículas tornam-se amareladas, primeiro as mais velhas, depois as mais novas. Com o avanço da carência, toda a acícula tornou-se avermelhada e destacava-se com facilidade. A carência de P surgiu, primeiramente, nas acículas primárias e depois nas secundárias e se caracterizava por um amarelecimento nas plantas, seguido de cor marrom, ficando, no final, toda a acícula parda. A omissão de K atinge as acículas mais velhas, tornando-as amareladas, depois pardacentas e finalmente necrosadas. Deficiência de Ca caracterizou-se por um amarelecimento das acículas começando pela base, posteriormente, a acícula inteira mostrou-se verde-amarelada com as pontas vermelhas; observou-se, também, perda da turgidez e encurvamento seguido de murchamento e queda das gemas

terminais. A ausência de Mg provocou uma descoloração mais intensa na parte superior das plantas, para depois aparecer uma cor pardo-avermelhada que ia da ponta ao meio da acícula. Os sintomas de carência de Mg eram mais severos, perto da extremidade dos ramos. A omissão de S provocou a perda de cor, tornando verde-pálida as acículas novas, enquanto as mais velhas mostravam sintomas de crescimento. A bainha das acículas tornavam-se róseas, particularmente as mais velhas.

A aparência de plântulas no viveiro é, também, frequentemente utilizada como indicadora da condição nutricional. Assim, KNIGHT (1978), lista uma série de sintomas encontrados comumente em viveiros da Nova Zelândia, para plântulas de *Eucalyptus* spp., *Pinus radiata*, *Pinus taeda* e *Populus* spp.

A deficiência de N para *Pinus radiata* e *Pinus taeda* em viveiro caracteriza-se por coloração verde pálida, em contraste com verde intenso de plântulas normais. Deficiência de P e K são mais difíceis de ocorrerem em viveiros e, geralmente, resultam em redução do crescimento. A deficiência extrema de K caracteriza-se por amarelecimento no ápice das acículas mais velhas, depois com algumas necroses. A carência de Mg caracteriza-se por um amarelo-ouro nas acículas da planta, com clorose. A deficiência de S é acompanhada por amarelecimento das acículas e a de Fe por um verde-amarelado nas acículas do ápice do ponteiro.

As observações feitas em experimentos com solu

ção nutritiva e omissão de nutrientes e as de viveiro são importantes para auxiliar na identificação dos sintomas que comumente aparecem no campo e que podem ser caracterizados através de análises foliares.

Na revisão de WILL (1978) sobre deficiências nutricionais em *Pinus radiata*, observadas em plantios na Nova Zelândia e Austrália, os sintomas são descritos com detalhes que podem servir de orientação e comparação com os sintomas que ocorrem em outros pinheiros de rápido crescimento de regiões tropicais e semitropicais, uma vez que a literatura ainda é escassa para essas essências florestais.

A deficiência de N em plantas adultas de *Pinus radiata* provoca redução no crescimento radial do tronco e de ramos mais do que no crescimento em altura. Em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, também, foi notada a influência do N no crescimento em diâmetro (CAMERON *et alii*, 1981). As acículas apresentam coloração verde-amarelada em toda a extensão. Em casos severos tornam-se totalmente amareladas, pequenas e caem prematuramente. O ponteiro é menos atingido, mas em casos de deficiência severa ocorre diminuição no crescimento, em altura do ponteiro e, eventualmente, morte da gema apical. Os solos onde foram observadas carência nutricional de N eram arenosos, ou mal drenados, ou então, com teor baixo de matéria orgânica e pouco profundos.

Os sintomas de carência nutricional de P em *Pinus radiata*, caracterizam-se por acículas caindo prematura-

ramente, tornando a copa fina, sendo que, em casos severos, o ponteiro torna-se espiralado, com pequenos ramos e acículas pequenas e espaçadas. As acículas são verdes-acinzentadas, aumentando a severidade da deficiência de P, aparecem acículas fundidas, sintoma que também ocorre em deficiência de B. Os solos onde ocorrem plantios com carência de P são geralmente solos altamente intemperizados, argilosos ou em solos podzolizados.

Deficiência de K são mais raras e, geralmente, ocorrem no final do verão e inverno com clorose no ápice da acícula, que em casos extremos tornam-se necróticas. Ocorrem principalmente nas acículas do ano corrente. Plantas jovens podem ter todo o crescimento afetado e plantas adultas, onde a clorose é mais evidente, notadamente na região inferior do crescimento.

Experimento comparando acículas de diferentes idades e partes da copa de *Pinus radiata* indicam que níveis inferiores a 0,35% de K, nas acículas do ano corrente na região superior da copa, ou então níveis inferiores a 0,20 a 0,21%, nas acículas velhas da região inferior do crescimento, ocorrem em plantas com crescimento reduzido (RAUPACH e HALL, 1974). Os sintomas são mais visíveis na primavera, nos ramos novos e acículas do ano corrente, com amarelecimento no ápice, depois amarronzado. Frequentemente, os sintomas tendem a desaparecer na estação de crescimento. As acículas e ponteiros permanecem normais, mas os ramos novos, principalmente os

que rodeiam o líder, tomam forma de U devido a perda de rigidez na primavera. Os níveis foliares estavam entre 0,19% de K (acículas maduras na região inferior) e 0,21% (acículas ano corrente, região superior) (RAUPACH e CLARKE, 1972).

Os sintomas de carência nutricional de Mg, em plantas adultas de *Pinus radiata*, são semelhante às de plantas jovens e são determinados pelo aparecimento nas acículas de um ano, da cor amarelo-ouro na parte superior da copa, geralmente no início do verão. Ocorre em solos intemperizados, que sofrem continua lixiviação.

Carência de Ca não foi bem caracterizada, mas parece estar associada a deficiência de P, nos solos altamente intemperizados e com argilas de CTC baixa. Provocaria perda de resina e morte do ponteiro.

Pesquisa realizada com solução nutritiva e omissão de Ca e B em plântulas de *Pinus radiata* indicam que o metabolismo do B e Ca estão relacionados e, por isso, são similares e só podem ser satisfatoriamente separados quando um dos elementos é suprido em níveis adequados. Os elementos são eventualmente antagonistas; então, quando aumenta a concentração de um, aumenta a severidade da deficiência do outro. Sendo assim, sintoma de toxidez de B pode confundir-se com o de carência de Ca. O sintoma inicial de carência de Ca é o gotejamento de resina nas acículas. As acículas são mais escuras que o normal e tendem a curvar-se. Em casos severos ocorre dobramento e finalmente necrose das acículas. Alternativa

mente, pode ocorrer encurvamento da acícula devido ao crescimento restrito. O crescimento do tronco no ápice tende a estacionar, ficando encurvado ou espiralado, podendo ocorrer perda de resina (SNOWDON, 1972).

Coníferas possuem alta demanda de B e, conseqüentemente, altas concentrações deste elemento devem ser limitantes, sendo comum o aparecimento de plantios com deficiência. A concentração varia de espécie para espécie, com a idade e com a estação do ano e nas diferentes partes da planta. Nos dois gêneros de coníferas *Pinus* e *Picea*, a distribuição de B difere; em *Pinus* a concentração é maior nas acículas mais jovens, indicando que neste gênero ocorre a translocação de B, um elemento geralmente imóvel, de acículas velhas para gemas e acículas novas (WIKNER, 1982).

A carência de B ocorre em solos suscetíveis à seca, com horizonte A raso, solos que impedem o desenvolvimento de raízes, como os inundáveis ou de estrutura pesada, solos fertilizados com N ou com calagem, solos com influência marinha mínima (WIKNER, 1982).

Resultados das análises de acículas de *Pinus radiata* (SNOWDON, 1972) mostraram nível marginal de boro, com índice variando entre 3-7 ppm, para plantios em solos mal drenados com períodos de encharcamento e seca. Os sintomas mais evidentes eram o gotejamento de resina nas acículas, o crescimento das acículas diminui, tornando-se algumas vezes torcidas. As acículas eram de coloração verde intenso. Geralmente,

carência de B foi observada em árvores crescendo em solo mal drenado com períodos de encharcamento e seca.

No campo foi observado que plantas com severa deficiência de B transformam-se em arbustos, devido à contínua morte do ponteiro. As acículas são cloróticas, depois necróticas e frequentemente torcidas. Plantas com deficiência moderada estão sujeitas a ocasionais morte do ponteiro, sendo que o sintoma mais característico é o encurvamento ou enrolamento do tronco, tomando forma de W ou J, permanecendo assim, se sobreviverem, mas usualmente ocorre a morte do ponteiro. Podem ocorrer, ainda, manchas de resina nas acículas e no tronco. A presença de vários líderes é indicador da morte do ponteiro em anos anteriores.

Morte por seca ocorre, geralmente, no fim do verão ou outono. Murchamento do ramo é seguido de descoloração vermelho-marrom na folhagem. Em alguns casos, somente ramos próximos ao ápice são afetados em outros o líder é que é atingido. Se a seca ocorrer durante o período de elongação do crescimento, o ponteiro pode ser invertido na forma de U semelhante a deficiência em cálcio. Copiosa resinagem pode ocorrer na região afetada. Mais tarde, a ramagem é atingida, com quebras na casca, promovendo descascamento da madeira, que poderá ficar mole e esponjosa, mostrando evidências de invasão secundária por fungos. Frequentemente, o crescimento lateral torna-se dominante e assume o lugar do ponteiro morto.

Continuando pesquisa envolvendo deficiência de

boro em *Pinus radiata*, SNOUDOW (1982) em experimentos em casa-de-vegetação e no campo, constatou que as acículas apresentam sintomas característicos como redução do crescimento, de metade distal torna-se clorótica e eventualmente necrótica; algumas vezes as acículas tornam-se torcidas ou parcialmente fundidas. Não observou um relacionamento claro entre o desenvolvimento dos sintomas nas acículas e os dois tipos de comportamento que envolvem a morte da gema apical.

Plantas com mais de 6-8 ppm de B não apresentavam sintomas de deficiência. De maneira geral, as plantas que receberam solução completa menos boro, a concentração de B nas acículas eram cerca de 30% inferiores às plantas testemunhas. A absorção de B aumentou em solo em que os níveis de B e P também aumentaram, e diminuiu com o aumento de Mg.

Segundo ainda, SNOUDOW (1982), o fato do B ser praticamente imóvel, acumulando-se nas acículas, dificulta a interpretação, já que a concentração do elemento não reflete a situação nutricional da planta. No entanto, experimentos de campo e casa-de-vegetação indicam que acículas de *Pinus radiata* com concentração acima de 6 ppm de B, são plantas livres de sintomas de deficiências. Além disso, como carência de B afeta a gema apical, retardando o crescimento em altura, essa medida pode ser um bom indicador da disponibilidade do elemento no talhão.

Sintomas de deficiência de Cu são mais raros e foram observados por diferentes autores envolvendo coníferas,

(van Goor e Henkers (1966) citados por RAUPACH *et alii* (1978), RUITER (1969) e WILL (1971 e 1978).

Segundo WILL (1978), o sintoma de carência de Cu, em plântulas de *Pinus radiata*, caracteriza-se por folhagem pendente (acículas primárias) e necrose no ápice das acículas. Em plantas adultas ocorre torcedura de ramos e, em casos severos, do líder. Ramos com torcimento não tão intenso têm o hábito de crescimento horizontal.

Em árvores de *Pinus radiata*, na Nova Zelândia, também foram observados sintomas de deficiência similares aos descritos para cobre e índice de acículas fundidas na base. Foram aplicados tratamentos envolvendo N, P, K, B, Cu, Mg e Cu. O tratamento com K foi de especial interesse, uma vez que o sintoma de encurvamento de ramos já tinha sido descrito para potássio por HALL e RAUPACH (1963). Os resultados mostraram uma relação significativa dos sintomas com tratamentos envolvendo Cu e que adubação completa menos Cu e adubação com N e P induziam o aparecimento dos sintomas. O nível crítico para Cu foi de 3 ppm, mas diferente da concentração de N e P nas acículas.

Nível acicular de Cu similar e com sintomas semelhantes, também, foram observados por RAUPACH *et alii* (1978) com *Pinus radiata* na Austrália, aliado a concentrações baixas cerca de 36 ppm de Mn e concentrações altas de K (1,2%) e P (0,36%).

Na Austrália, experimento de adubação com NPK ,

em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, teve que ser abandonado devido ao aparecimento de sintomas como: acículas pequenas ; queda prematura de acículas; exudação de resina; morte do ponteiro e múltiplos líderes, que se iniciaram aos 2 anos e agravaram-se aos 4 anos. Como muitos dos sintomas tinham características ligadas a deficiência de Zn, foi feita aplicação com este elemento, resultando após cinco meses, no crescimento das acículas, melhor coloração e desaparecimento da maioria dos sintomas. A aplicação de Zn não afetou o nível do elemento nas acículas que passou de 4,3 ppm para 5,6 ppm, devendo-se no entanto, considerar-se o efeito da diluição , em vista do crescimento das acículas. (RANCE e CAMERON, 1982).

2.3.4. Adubação

O aumento da demanda por produtos florestais , nos últimos vinte anos, provocou uma mudança na atitude em relação a fertilização de plantios florestais. Pesquisas conduzidas neste período têm demonstrado que a adubação pode aumentar a produção em muitos sítios florestais. Entretanto , cuidadoso critério deve ser utilizado para que sejam prescritos fertilizantes corretos, no nível exigidos para cada espécie, na época e idade indicada experimentalmente, respeitando-se os numerosos fatores do sítio, para que o aumento da produção cubra, em larga margem, os custos do investimento com manejo e adubação (VANN e BROOKS, 1983).

Algumas informações gerais, segundo VANN e

BROOKS (1983), sobre fertilização de *Pinus* spp já são possíveis de serem dadas.

1. Fertilizantes beneficiam primeiramente o plantio e não o sítio florestal, com a possível excessão para fertilizantes fosfatados. Melhoramento do sítio só ocorre quando o efeito da adubação ultrapassa a rotação original.

2. Fertilização, particularmente quando combinada com controle de ervas daninhas e invasoras e correto manejo na preparação do sítio, incrementa o crescimento inicial, auxilia no estabelecimento do plantio e encurta o tempo de rotação.

3. Plantas jovens têm requerimento superior a plantas adultas. Portanto, fertilização, frequentemente, é indicada para superar deficiências em estágios iniciais da rotação. Em estágios mais maduros, fertilização pode não ser necessária porque a reciclagem de nutrientes através da lixeira provém o suficiente para sustentar o crescimento adulto.

4. Fertilização é específica para cada sítio e é dependente da reserva de nutrientes e sua disponibilidade. Respostas da adubação dependem do clima e de outros fatores como por exemplo, características físicas do solo e competição vegetativa.

5. Qualidade da madeira geralmente não é afetada pela adubação, exceto a densidade que pode diminuir em sítios onde é obtido excepcional e rápido crescimento.

6. O efeito da aplicação de N geralmente não ultrapassa o período de 5 a 10 anos, enquanto que P pode ultrapassar o período de uma rotação.

Na revisão de WARING (1981) sobre os experimentos realizados na Austrália com *Pinus radiata* em solos altamente intemperizados conclui que as respostas em crescimento, a aplicação de NP, muitas vezes dobrando o volume, podem tornar viável comercialmente os plantios florestais fertilizados. Principalmente, para evitar o esgotamento dos solos, uma vez que a matéria orgânica e nutrientes declinaram em sucessivas rotações.

Continuando, discute o efeito positivo das adubações com N e P no início do plantio, citando o ganho de volume cerca de 300% de *Pinus elliottii*, aos 20 anos após adubação com P, e de *Pinus radiata* com cerca de 200% aos 12 anos após adubação com N e P. Observa a importância do manejo correto dos desbastes, cortes, controle de ervas daninhas e adubação durante todo o período, para que se obtenha resultados positivos. As vezes, não se obtêm respostas significativas nos primeiros anos do experimento, como foi observado nos tratamentos envolvendo controle de ervas daninhas e fertilização na idade de 1 a 5 anos. Mas aos 12 anos, o tratamento com adubação era significativamente superior ao do controle de ervas daninhas e inferior ao que envolvia adubação e controle de ervas. (WARING, 1981).

Outro ponto discutido por WARING (1981) é a

possível necessidade de adubações tardias. Cita exemplo de experimento com *Pinus radiata* que recebeu aplicações de N (115 kg/ha) e P (50 kg/ha) no início do plantio e após o primeiro desbaste (9 anos), que resultou em um incremento de volume na idade de 15 anos de 24 m³/ha, o dobro do obtido com aplicações isolada de P, concluído que adubação tardia de N e P seria necessária, dependendo do sítio, para se manter taxas altas de crescimento. A necessidade ou não de adubações tardias ainda merece estudos, uma vez que vários fatores intervêm, como a idade do talhão, clima e solo que afetam principalmente a ciclagem de nutrientes, que quando ocorrendo em boas condições dispensaria a necessidade de adubações em estágios mais avançados.

Muitos trabalhos têm levantado a importância do controle de ervas daninhas, principalmente nos estágios iniciais do plantio para se obter um bom crescimento.

Pesquisa realizada nos Estados Unidos sobre o controle de ervas invasoras em plantios de *Pinus elliottii*, em solos ondulados, de pobre para moderadamente drenados, produziu um efeito altamente significativo no crescimento, especialmente no tratamento com fertilização e controle de invasoras. A evapotranspiração, algumas vezes, pode exceder a precipitação, sobretudo nos meses mais secos, causando extrema competição entre o plantio e plantas herbáceas e gramíneas (HAYWOOD, 1979).

Também em plantio mais velhos (9-15 anos) de

Pinus elliottii, o controle da vegetação dominada resultou em ganho de 16% do diâmetro, após dois anos, e de 21%, após quatro anos. Os ganhos de volume foram respectivamente, de 7% e 15%. As respostas foram mais significativas nos plantios em solos com excessiva drenagem, indicando que a competição ocorre principalmente pelos recursos hídricos (PIEUNAR *et alii*, 1983).

Experimentos com *Pinus radiata*, na Austrália, indicam que a irrigação ou combinação de irrigação e adubação, com N e P na época do plantio, são responsáveis por um ganho na produção acima de 50%. O máximo desenvolvimento é dependente, principalmente, da disponibilidade de N e P durante a primeira estação de crescimento, mantendo-se o plantio livre de plantas invasoras nas proximidades das plantas jovens. As aplicações de N e P no estágio inicial de crescimento resultaram em um aumento na matéria orgânica e N total, em cerca de 23% no solo superficial, e na camada mais profunda um aumento no teor de N e P próximo ao que foi aplicado. Todos esses efeitos positivos podem ser anulados se não houver controle de plantas invasoras. O máximo de resposta no crescimento ocorre quando N/P aplicado estiver entre 0,1 e 0,2 (WARING, 1972).

Em determinadas situações, a combinação de plantios florestais e plantas herbáceas selecionadas podem resultar em efeito positivo no crescimento, como se comprovou no experimento realizado nos Estados Unidos em solos com despo-

jo de mina de carvão. Os plantios de *Pinus taeda* foram adubados com N e P (84 kg/ha e 50 kg/ha) e consorciado com *Lespedeza cuneata*, uma herbácea anã. A concentração de N nas acículas e o crescimento foram baixos inicialmente, mas após 6 anos, o crescimento e o nível de N eram superiores aos demais tratamentos, mesmo aqueles que receberam adubação suplementar de N. Nesta pesquisa foi observado, também, que plantas com boa nutrição em N apresentavam menos danos e necrose menos severa, provocada por altos níveis de SO_2 na atmosfera (BURGSTON e MAYS, 1978).

Mas, de maneira geral, plantas invasoras são prejudiciais, envolvendo, no caso de gramíneas, competição por água (LARSEN e SHUBERT, 1969), nutrientes (GRANHAN, 1957) e luz (STROTHMAN, 1967).

Os experimentos realizados nos últimos anos envolvendo adubação e técnicas de manejo com coníferas têm possibilitado estabelecer, com alta segurança, níveis críticos de elementos essenciais no solo e nas acículas, para que se faça recomendações adequadas de fertilizantes. Como o que ocorre nos Estados Unidos com os níveis levantados por PRITCHETT e GOODING (1975) para *Pinus elliottii* e WELLS et alii (1973) para *Pinus taeda*, baseados em seguidas análises foliares e de solo.

Os níveis críticos encontrados para *Pinus elliottii* nos solos foram de 1,5 - 2,0 ppm (extrator NH_4OAc) e acículas entre 0,08 - 0,09%, para *Pinus taeda* o mesmo nível

no solo e acículas entre 0,08 - 0,10%. Quando as plantas estão em solos com níveis similares e inferiores respondem significativamente a adubação fosfatada.

Pesquisas envolvendo adubação nas variedades de *Pinus caribaea* são mais recentes e ainda em pequeno número, não tendo sido levantados níveis críticos nos solos e aciculares para que ocorra recomendação de fertilizantes, mas alguns experimentos têm obtido resultados positivos, principalmente em relação a adubação com N, P e cálcio.

Experimento em vasos, conduzido na Malásia, com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* adubadas com N, P e K (112 kg/ha; 336 kg/ha; 560 kg/ha) em solos de baixa fertilidade, concluiu que o P seria o mais importante nutriente para crescimento em altura. O melhor tratamento $N_1P_3K_1$ proporcionou um aumento em altura em cerca de 280% em relação ao controle. A adubação de N e K em níveis baixos foram mais benéficas ao crescimento radial que a altura, enquanto que forte aplicação de N e K resultou em inibição do crescimento. A pesquisa sugere que a aplicação de 560 kg/ha por planta seria ideal para promover bom desenvolvimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em solos onde a disponibilidade de P era de 6,4 ppm e pH 4,8 (SRIVASTAVA *et alii*, 1979). Os autores citam outros experimentos realizados na Malásia, por PLATTEBORGE (1971; 1973), em que adubação com superfosfato no plantio resultou em marcante efeito no crescimento após um ano, concluindo através destes trabalhos que existe uma alta correlação para

Pinus caribaea var. *hondurensis* entre crescimento e disponibilidade de P, também confirmado por outros experimentos na Malásia, como os de Carmeau e Chaw (1974), Lim e Surghahingam (1974), citados por SRIVASTAVA *et alii* (1979).

O efeito de tratamentos envolvendo N, P e K combinados com Ca, S, Mg e micronutrientes em experimentos conduzidos em vasos e campo, em solos de baixa fertilidade, com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foram analisados por CAMERON *et alii* (1981) na Austrália. Os resultados mostraram que o tratamento com P isolado e combinado com Ca, S, Mg e micronutrientes foram os que renderam mais produção de matéria seca e crescimento em altura. Tratamentos que não envolveram P, tiveram crescimento adversamente afetado. Os autores concluem que solos com níveis de 5-11 ppm na superfície (extrator bicarbonato) são inadequados para promoverem o crescimento inicial de variedades. Os autores citam pesquisas realizadas por SUNDRALINGAM e ANG (1975); ANTHONY (1971) e RAUPACH *et alii* (1975) que obtiveram resultados semelhantes para a mesma espécie.

Os resultados obtidos com adubação nitrogenada, neste experimento, e por outros autores, sugere que *Pinus caribaea* é muito sensível a aplicação de N nos estágios iniciais do crescimento ou quando é transplantado, tornando-se mais tolerante em estágios mais velhos ou então quando bem suprido de P. Os autores discutem a relação ideal N/P para aplicações em vaso e no campo, concluindo que os níveis e o

tempo de aplicação são fatores importantes mas dependentes das propriedades do solo. Quanto aos resultados obtidos com Ca, S, Mg e micronutrientes, observam que seriam necessários outros experimentos para avaliação mais precisa.

Em experimento localizado, também, na Austrália, CAMERON *et alii* (1982) avaliaram respostas à adubação com N, P, K e T (micronutrientes Ca e S) em plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em dois tipos de solo. O melhor tratamento foi o envolvendo aplicações com micronutrientes, Ca e S (239 kg/ha de CaCO_3 e 77,8 kg/ha de $\text{CaCO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 106,4 kg/ha de S associados aos micronutrientes). Promovem o crescimento em altura em 18%, DAP 22% e volume 80% no solo menos fértil após 41 meses. Enquanto que o tratamento com P estimula, respectivamente, 11%, 9% e 26%. A adição de P aumentou a concentração de acículas do elemento de 0,06% para 0,11% no solo menos fértil, e de 0,10% para 0,15% no melhor solo. Os autores estimam que o nível crítico de P para a espécie deverá estar entre 0,08 - 0,10%, próximo ao proposto por BEVEGE (1978), citado pelos autores para *Pinus caribaea* e de 0,08% encontrado por HUMPHREYS (1972). O nível crítico de P para *Pinus caribaea* estaria, então, na mesma faixa de *Pinus elliottii*, 0,08 - 0,09%, proposto por PRITCHETT e GOODING (1975).

Quanto aos micronutrientes, CAMERON *et alii* (1982) sugerem possíveis deficiências de Zn (7,5-13,4%) e S (0,06-0,07%) no solo menos fértil e de Zn (8,8-15,1%) S (0,06-0,08) e Ca (2,2-2,7%) no melhor solo. Neste experimento, os

tratamentos envolvendo Ca, Mg, S e micronutrientes e os tratamentos com N e P ao promoverem melhor crescimento aumentaram significativamente o número de árvores com "foxtail" e o comprimento dos internódios. No solo, onde os autores supõem ocorrerem deficiências de Cu, Zn e S, o número de árvores com "foxtail" duplicou após a fertilização.

Os ensaios de adubação com *Pinus* spp. no Brasil, iniciaram-se na década de sessenta, intensificando-se nos últimos anos, devido a baixa fertilidade dos solos utilizados e, conseqüentemente, afetando a produtividade florestal. A prática de fertilização em *Pinus* tropicais ainda não está perfeitamente caracterizada, principalmente pelos custos envolvidos e pela variedade genética que interfere nos resultados, porém, para solos de fertilidade baixa, os experimentos têm demonstrado a importância do P para o crescimento de diferentes essências florestais (BERTOLANI, 1980).

Um dos primeiros experimentos realizados no Brasil, foi o de VEIGA (1961) com *Pinus elliottii* envolvendo adubação em cobertura em povoamentos com 2 anos. Os tratamentos envolviam calagem, "mulch", P e N, isolados e combinados, resultando os melhores índices de crescimento, após um ano para o tratamento completo com omissão de N.

Ensaaios com mudas de *Pinus elliottii* (SIMÕES *et alii*, 1967) conduzindo em casa de vegetação e com Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa envolvendo aplicações de N, P, K, Ca, B e Zn demonstraram o efeito significativo no cresci-

mento da adubação de P, e a de Zn quando o N estava ausente. Em outro experimento (SIMÕES *et alii*, 1970), também, com mudas, mas de *Pinus caribaea* var. *caribaea* observaram crescimento significativamente superior nos tratamentos com 2,2 g de NPK nas fórmulas 6-10-3, independentemente do solo esterelizado com autoclavagem ou fumigação com brometo de metila.

Em ensaio no campo, conduzido por SIMÕES *et alii* (1970), com *Pinus caribaea* var. *caribaea* em solo arenoso e ácido de baixa fertilidade, com adubação aplicada em sulco, foram observadas respostas significativas no crescimento em altura à aplicação de P e à calagem (3 t/ha), recomendando-se, então, a dose de 60 kg/ha de N, 100 kg/ha de P e 200 kg/ha de K_2O . A importância de P para o crescimento foi observada, também, para *Pinus patula* em ensaio conduzido em solo de cerrado de baixa fertilidade (CORREIA *et alii*, 1971); para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em solo rico em matéria orgânica, acidez elevada, alta CTC e baixos teores de bases e P (MUNIZ *et alii*, 1972).

Em levantamento, realizado por BALLONI *et alii* (1978), sobre os resultados obtidos com diversos experimentos de adubação com *Pinus* spp, pelo Setor de Implantação Florestal do IPEF, São Paulo, concluiu-se que para as três variedades de *Pinus caribaea* cultivadas em solo de cerrado haviam tendências positivas com relação a adubação no plantio ou até 30 dias após, com ênfase ao emprego de adubos fosfatados que concentraram Ca e Mg, principalmente para *Pinus caribaea*

var. *bahamensis* originário de solos calcários. Para as espécies de *Pinus* de regiões temperadas, *Pinus taeda*, *Pinus oocarpa* e *Pinus elliottii*, as respostas às adubações não foram significativas, tendo sido observada uma tendência positiva a aplicação do elemento fósforo, sugerindo melhores estudos em futuros experimentos. Respostas, também, não significativas de adubação de NPK em *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, foram obtidas em Santa Catarina por BALLONI *et alii* (1978).

No entanto, outros experimentos de adubação envolvendo *Pinus* de regiões temperadas têm obtido respostas positivas, como os citados anteriormente ou como o de DIAS e ABRAO (1980), que estudaram os efeitos de diferentes doses de Unifol, em mudas de *Pinus taeda* com 45 dias de idade em solo Podzólico Vermelho Amarelo textura média de baixa fertilidade. O vigor e altura aumentaram em relação direta com as doses de Unifol, que variaram 1 a 5 ml por litro de água.

Também no ensaio de fertilização mineral envolvendo níveis de NPK na presença e ausência de calagem em plantios de *Pinus oocarpa* instalados em Romaria, Minas Gerais, foram observadas respostas ao $N_0P_2K_0$ sem calagem no crescimento em altura e ao tratamento $N_1P_2K_1$ com calagem, ambos proporcionaram um aumento de 16% no crescimento em altura (CAPITANI *et alii*, 1982a).

Usando técnica de diagnose por subtração de elementos minerais, N, P, K, Ca, Mg e micronutrientes, em *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* instalados em Roma

ria, Minas Gerais, CAPITANI *et alii* (1982b) observaram que, para *Pinus taeda* a omissão de K afetava sensivelmente o crescimento enquanto que *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tinha o crescimento afetado somente com a omissão de todos os elementos.

Em outro ensaio de adubação, realizado por CAPITANI *et alii* (1982c), envolvendo níveis de N, P e K na presença ou não de calagem, em plantios de *Pinus caribaea baha*mensis, em solo de cerrado, instalado em Romaria, Minas Gerais, foi observado efeito significativo da calagem e da adubação fosfatada sobre a altura, não ocorrendo interação entre a calagem e a adubação. Tratamentos com omissão de P, deprimiam o crescimento, assim como tratamento ao nível $N_2P_2K_2$ com ou sem calagem. Os autores, sugerem que aplicações de 100 g/vaso de superfosfato podem promover um bom crescimento, sem necessidade de calagem.

No trabalho de BALLONI (1984) sobre o efeito de fertilização mineral em plantios de *Pinus caribaea* var. *baha*mensis com 11,5 anos de idade, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, localizado em Casa Branca-SP, envolvendo N, P, K, calcário e avaliações do "stand" aos 3,2; 7,0 e 11,5 anos de idade foi observado efeito altamente positivo da fertilização, mais pronunciado no DAP que na altura. O calcário, além de ser o fertilizante que proporcionou as melhores respostas, seguidos de P e K, teve seu efeito mantido ao longo dos 11,5 anos, assim como K. O efei-

to do N, apesar de positivo, foi decaindo com a idade. O tratamento envolvendo somente a calagem proporcionou um incremento de 61% no volume, ao lado de um custo inferior aos demais. O tratamento completo ($N_2P_2K_2$ Calagem), proporcionou um incremento de 89% no volume, constituindo-se no melhor do ensaio. O autor observou, ainda, que a calagem e a adubação com K diminuem a densidade da madeira.

Em experimento sobre fontes de fosfatos para plantios de *Pinus caribaea* na Bahia, HAAG e LA TORRACA (1984), observaram resposta à adubação fosfatada, com um incremento de 370% na altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de 260 % na de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, após 1,5 ano do plantio. Não houve diferença significativa entre o fosfato solúvel e os naturais.

2.3.5. Nutrição e ectomicorrizas

A associação entre fungo e raízes de plantas, conhecidas como micorrizas, ocorre amplamente distribuída entre as fanerógamas e ocupa os mais diferentes ecossistemas vegetais. Ectomicorriza, um dos tipos principais ao lado da endomicorriza, ocorre somente entre 3% das fanerógamas e principalmente nas famílias Pinaceae, Salicaceae, Betulaceae e Fagaceae, nas outras famílias somente em alguns poucos gêneros (MEYER, 1973).

A importância das ectomicorrizas para os plantios florestais está ligada ao fato que sua simbiose permite uma ampla área de exploração das raízes aumentando, com isso,

a absorção de nutrientes em baixa disponibilidade, principalmente os mais imóveis no solo, como P e Zn. Diferentes trabalhos têm demonstrado que plântulas com ectomicorrizas possuem vigor superior, maior taxa de sobrevivência, maiores níveis de P, N e K, sugerindo absorção mais eficiente e influências hormonais (BOWEN, 1973).

A formulação da simbiose requer um suprimento de fotossintetatos solúveis nas raízes, principalmente açúcares. Sendo assim, fatores que regulam a fotossíntese afetam a associação (HACSKAYLO, 1973). Por outro lado, alta disponibilidade de P e N inibem a simbiose, não se conhecendo o mecanismo envolvido nesse processo (BOWEN, 1973). Outros fatores que influenciam a simbiose são a umidade do solo (WORLEY e HACSKAYLO, 1959), pH (MARX e ZAK, 1965), status nutricional e temperatura (MARX *et alii*, 1970).

Em solos pobres e onde não há ocorrência natural de fungos ectomicorrízicos e efeito da inoculação de ectomicorrizas pode ser altamente eficiente, como foi observado por BRISCOE (1959), citado por BOWEN (1973), em Porto Rico em plantios de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *Pinus taeda* e *Pinus echinata*. Plantas não inoculadas cresceram 17 cm e as inoculadas 149 cm.

No entanto, inoculação de fungos ectomicorrízicos em plantios de *Pinus* spp envolve aspectos que devem ser analisados com critério, uma vez que existe certa especificidade entre o fungo e a espécie florestal; competição entre o

fungo introduzido e os naturais e sobrevivência dos inóculos as condições do ambiente, como clima e estações do ano (BOWEN, 1965).

Nos últimos anos, as pesquisas com *Pinus* spp concentram-se *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris*, pela capacidade destes fungos em adaptarem-se aos mais diferentes ambientes, terem fácil desenvolvimento em meio de cultura, grande capacidade reprodutiva, disseminação eficiente e grande eficiência na simbiose (MARX, 1975/1976).

As pesquisas envolvendo ectomicorrizas e *Pinus* tropicais são bem recentes, ainda não tendo sido estabelecido qual espécie de fungo seria a mais eficiente na associação com as variedades de *Pinus caribaea*.

Experimento em casa de vegetação, na Austrália, com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de diferentes procedências e inoculação com *Boletus* sp e *Rhizopagon* sp mostrou maior eficiência do *Boletus* em promover o crescimento e status nutricional do hospedeiro, principalmente, na ausência de adubação (BEVEGE e SIMPSON, 1973).

Na Nova Zelândia, foi observado que plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em solos com pH e bases trocáveis, especialmente Ca altos, tinham baixo desenvolvimento. A inoculação de ectomicorrizas provenientes da liteira de talhões bem desenvolvidos, provavelmente *Rizophagus* spp, promoveu o crescimento e a nutrição de P, notadamente nos tratamentos com adubação fosfatada. Tratamentos que envolviam o

baixamento de pH de 6,5 para 4,5 não tiveram efeito no crescimento.

O cultivo de espécies tropicais de *Pinus* no Brasil depende de mudas com adequado desenvolvimento micorrízico, geralmente conseguido com a inoculação de acículas e/ou solo de povoamentos adultos nos canteiros de semeadura. Essa prática, apesar de ser no momento a única viável, traz inconvenientes como: transporte de inóculo; não conhecimento dos fungos que estão sendo inoculados; riscos de disseminar patógenos, pragas e ervas daninhas (TOMAZELLO FILHO e KRÜGNER, 1980).

Utilizando inoculação dos fungos ectomicorrízicos *Thelophora terrestris* e *Pisolithus tinctorius* em plântulas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, TOMAZELLO FILHO e KRÜGNER (1980), promoveram crescimento em altura, diâmetro do colo da raiz e peso seco total, ou ainda de 64%, 19,4% e 86,8%, respectivamente, em relação às plântulas não inoculadas.

Em outro experimento, KRÜGNER e TOMAZELLO FILHO (1980), inocularam *Pisolithus tinctorius* e *Telephora terrestris* em plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* em solos de baixa fertilidade, na Bahia. Após um período de 12 meses, as plantas não inoculadas mostravam-se atrofiadas e com acículas cloróticas, independentemente de terem sido ou não fertilizadas. Dentre os tratamentos com fungos ectomicorrízicos verificou-se que *Pisolithus tinctorius* foi significativa

mente superior a *Telephora terrestris* somente nas parcelas fertilizadas. As associações micorrízicas proporcionaram, também, elevadas taxas de sobrevivência, independente do fungo associado.

Na tabela 01 os teores nutricionais nas acículas das três variedades de *Pinus caribaea* obtidos por diferentes autores em diferentes idades.

Tabela 01: Teores nutricionais nas acículas das variedades de *Pinus caribaea* pa
... ra diferentes locais e cidades

Variedades	Idade	Local	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Autores
<i>hondurensis</i>	1,7 anos	Austrália	1,04	0,06	0,48	-	-	0,06	-	2	-	142	11	CAMERON et alii (1982)
	1,7 anos	Austrália	0,87	0,10	0,64	-	-	0,06	-	2	-	198	9	
<i>hondurensis</i>	2,0 anos	Bahia	1,98	0,04	0,39	0,31	0,11	0,05	9	2	35	301	40	HAAG e LA TORRACA (1985)
<i>caribaea</i>	2,0 anos	Bahia	1,68	0,01	0,27	0,44	0,08	0,05	17	2	50	239	37	
<i>hondurensis</i>	(a) 2,0 anos	Indonésia	1,13	0,06	1,17	0,31	0,12	-	-	3,0	-	-	60	KUSTIYAN et alii (1983)
	(b) 2,0 anos	Indonésia	1,24	0,08	1,15	0,41	0,19	-	-	3,5	-	-	61	
<i>behamensis</i>	4,0 anos	São Paulo	1,55	0,04	0,86	0,13	0,12	-	19	4	51	204	36	LA TORRACA e HAAG (1985)
<i>hondurensis</i>	6,0 anos	São Paulo	1,10	0,03	0,44	0,12	0,08	-	11	6	76	170	15	VAN GOOR (1966)
<i>caribaea</i>	6,0 anos	Pará	1,21	0,14	0,18	0,69	0,08	-	-	-	-	-	-	
<i>caribaea</i>	6,0 anos	Suriname	0,99	0,07	0,21	0,89	0,28	-	-	-	-	-	-	CHIJOKE (1980)
<i>caribaea</i>	8,0 anos	Nigéria	1,05	0,06	0,33	0,54	0,13	-	-	-	-	-	-	
<i>caribaea</i>	16 anos	Nigéria	0,98	0,07	0,62	0,46	0,09	-	-	-	-	-	-	
<i>caribaea</i>	10 anos	Nigéria	0,87	0,03	0,75	0,35	0,18	-	-	-	-	-	-	EGUNJOSI e SADA (1979)

a) árvore normal b) "Foxtail"

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 Descrição geral da área de estudo

As pesquisas foram realizadas na Cia. Agro - Florestal Monte Alegre-CAFMA, que abrange grande parte da porção leste do Município de Agudos e pequena porção oeste de Pederneiras, no Estado de São Paulo, localizada aproximadamente nas coordenadas 22º20' e 22º29' de latitude sul e 48º51' e 48º59' de longitude oeste de Greenwich.

O clima da região, segundo o sistema Köppen, é o mesotérmico Cwa. A temperatura média anual é de 21°C, sendo que a mínima registrada foi de 2,5°C. A precipitação média anual é de 1.300 mm, sendo que o equilíbrio entre a precipitação e a evapotranspiração mostra um excesso de 200 mm de chuva. Os dados climáticos estão na Figura 3.1.

Segundo a carta de solos da Companhia Agro - Florestal Monte Alegre (RANZANI, 1971) o solo predominante caracteriza-se como Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa, profundo drenado e de classe textural barro-argiloso, ácido e de baixa fer-

Figura 1. Marcha anual de precipitação e de temperatura da região de Agudos, SP, (1979-1984)

tilidade.

3.2 Material

A espécie utilizada nos ensaios deste trabalho *Pinus caribaea* var. *bahamensis* é de procedência não determinada, com as mudas produzidas no viveiro da Companhia Agro - Florestal Monte Alegre.

3.3 Métodos

3.3.1. Dados da instalação do ensaio

Inicialmente, foi realizado levantamento envolvendo características de crescimento do "stand" (altura e DAP), químicas e físicas do solo e de relevo, em nove povoamentos instalados em 1966/67. Baseado neste levantamento, foram selecionados quatro talhões, localizados em áreas sobre Latossolo Vermelho-Escuro e relevo plano (espigão), que apresentavam diferenças em altura e DAP.

Os povoamentos escolhidos ocupam áreas onde, anteriormente, havia campo de cerrado, com extensões variando entre 3-18 ha, ficando as observações e coletas de dados restritas a parcelas homogêneas com cerca de 5.000m^2 , divididas em três sub-parcelas.

O espaçamento do plantio é de 2,5 por 2,0m, tendo sido realizados, até o momento das coletas, quatro desbastes.

3.3.2. Coleta de dados e material

3.3.2.1. Levantamento dendrométrico

Os dados foram tomados em outubro de 1983, medindo-se a altura e DAP de 36 árvores dominantes e codominantes por parcela ou seja, 12 por sub-parcelas.

3.3.2.2. Amostragem das acículas

A amostragem das acículas foi feita em janeiro de 1984. A época escolhida obedece as prescrições feitas por MEAD e WILL (1976), segundo as quais a coleta deve ser feita no período de crescimento.

Cada parcela foi subdividida em três sub-parcelas, para melhor detalhamento estatístico e representam possíveis variações do meio. Em cada sub-parcela foram selecionadas, por sorteio, três árvores dominantes e codominantes, entre as previamente escolhidas no levantamento dendrométrico. Totalizando 9 árvores por parcela, como o recomendado por van den BERG (1978).

Com auxílio de técnicos foram derrubados ramos, sendo selecionadas acículas com 1-2 anos de crescimento no ramo primário do terço superior posição norte, segundo metodologia de coleta sugerida por VANN e BROOKS (1983).

Após a coleta, as amostras foram colocadas em

sacos de papel e fechadas, sendo então transportadas para o laboratório, onde foram preparadas para as análises.

3.3.2.3. Amostragem de Solo

As amostras para análises químicas e físicas do solo foram coletadas em jan/84, na proximidade de árvores sorteadas dentre as do levantamento dendrométrico na mesma época da coleta de acículas.

Amostras foram coletadas com auxílio de trado em duas profundidades: 0-20cm e de 40-60cm; utilizando-se a mesma abertura. De cada amostragem era separado material para análises, sendo que para análises físicas foi tomada uma amostra por sub-parcela e para análises químicas duas amostras por sub-parcela, totalizando três amostras, para dados físicos e seis amostras para dados químicos por parcela ou sítio.

Cada amostra coletada constituiu uma unidade amostral, sendo transportada em sacos de papel fechados para o laboratório, onde processou-se a preparação para as análises químicas e físicas.

Em cada parcela foram feitas pequenas trincheiras com 1,20 m de profundidade, para facilitar a observação do perfil e retirada de amostras, nas profundidades determinadas, com auxílio do anel de Kopeck, para obtenção de densidade aparente e posterior cálculo de porosidade total.

3.4 Análise dos dados

3.4.1. Análise de laboratório

3.4.1.1. Preparação das acículas

As acículas, isentas de partículas grosseiras e sem umidade externa, foram levadas ao laboratório e lavadas rapidamente com uma solução diluída de detergente, solução 0,05N de HCl e água desmineralizada. Depois de perderem a umidade externa, à temperatura ambiente, foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 75°C. Atingindo o peso constante, o material foi moído e analisado para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo os métodos descritos em SARRUGE e HAGG (1974).

3.4.1.2. Preparação das amostras de solo

3.4.1.2.a. Análise física do solo

Após secas ao ar, as amostras foram destorroadas e passadas através de peneiras, com malha de 2 mm.

A análise granulométrica foi realizada através do método de pipeta, utilizando-se como agente dispersante hexametáfosfato de sódio a 5%, conforme método preconizado por KILMER e ALEXANDER (1949).

A densidade aparente foi determinada através do anel volumétrico de Kopeck e a densidade real com álcool etílico. A porosidade total foi determinada através da fórmula $(1 - \frac{D_a}{D_r}) 100$.

3.4.1.2.b. Análise química do solo

As amostras de solo foram passadas em peneiras com malhas de 2 mm para as determinações químicas de fertilidade, realizadas no Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, Campinas, SP, segundo as normas de van RAIJ e QUAGGIO (1985).

Analizou-se:

Matéria orgânica: determinada pelo método WALKLEY e BLACK, citado por van RAIJ e QUAGGIO (1983), digestão em $K_2Cr_2O_7$ e H_2SO_4 .

pH: determinado em solução de $CaCl_2$ 0,01M.

Acidez potencial: através de acetato de cálcio.

P, Ca, Mg e K: através da transferência destes elementos da amostra de solo para resina trocadora de íons em meio aquoso e separação de resina do solo e extração dos elementos da resina com solução ácida de cloreto de sódio.

Soma de bases: determinada por $S = Ca + Mg + K$.

C.T.C.: representada por $T = S + H + Al$.

Saturação de bases: por $V = 100 S/T$.

As análises de micronutrientes, Cu, Fe, Mn e Zn foram feitas no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. O extrator utilizado foi DTPA e as leituras realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica.

3.4.2. Análise estatística

Foi realizada análise de variância, considerando-se que os dados foram amostrados dentro de um delineamento "split-plot" (parcelas sub-divididas) para os dados obtidos nas análises químicas e físicas do solo, enquanto que para os dados de altura, DAP e volume, foi utilizada análise de variância simples.

As comparações entre as médias dos tratamentos foram através do Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade conforme PIMENTEL GOMES (1973).

Aplicadas, também, análise de correlação e regressão múltipla para estabelecer relações entre as variáveis do "stand" e as físico-químicas do solo e foliares.

O modelo básico de regressão pode ser expresso pelo seguinte modelo simplificado:

$$\underline{Y} = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n$$

onde: $\underline{Y}$ = variáveis "stand"

X_1, X_n = parâmetros do sítio e análise foliar.

B_0, B_n = coeficientes.

Foi utilizado um número relativamente alto de variáveis independentes (X_n), uma vez que pouco se sabe as exigências nutricionais e físicas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, optou-se pela utilização de todas as variáveis independentes, sem distinção, através de um programa de regressão múltipla com capacidade de inclusão de todas as variáveis independentes que foram selecionadas.

O processo estatístico usado para se chegar a uma equação de regressão foi o procedimento de seleção FORWARD.

O procedimento STEPWISE, aceita inclusões sucessivas de variáveis ao modelo, com a ordem de inserção determinada pelo coeficiente de correlação parcial, que indica a próxima variável que fará parte da nova equação. A primeira variável selecionada, X_1 , é obtida como a variável de maior correlação simples com Y , determinando $\hat{Y} = (X)$. O X_j que apresentar o maior valor para correlação, agora, parcial em relação a Y será, então, selecionado. Segue-se, até que todas as variáveis independentes tenham sido analisadas através de correlações parciais. A equação de regressão desejada foi obtida fixando-se o número de variáveis independentes a um máximo de três, dada a limitações no número de observações (12).

O programa utilizado foi o SAS, "Statistical Analysis System".

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características do "stand": altura, DAP e volume sólido

A análise de variância e testes de médias (Tukey) para altura, DAP e volume dos plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, nos quatro sítios analisados (A, B, C e D), encontram-se na Tabela 02.

As diferenças, altamente significativas (Prob. $F < 0,01$) entre sítios, para as características estudadas, estabelecem, para crescimento em volume ($m^3/\text{árvore}$), a seguinte ordem decrescente: $A > C > D = B$.

As interrelações entre o crescimento e fatores do solo que o condicionam, e que se procura estabelecer neste estudo, sofrem sensível influência de fatores não controláveis como os efeitos de características genéticas (diversas procedências em uma mesma população); produção e seleção de mudas no viveiro; sistema de plantio; tipo de vegetação anterior ao plantio e da população e concentração da vegetação dominada, presente

nos povoamentos em desenvolvimento. A idade de 17 anos dos talhões estudados e os quatro desbastes que sofreram, anteriores à coleta de dados, devem, até certo ponto, ter anulado ou diminuído estes efeitos, tornando mais homogênea a população. No entanto, o coeficiente de variação (C.V.) de 12,5 para DAP indica o crescimento em diâmetro como sendo a característica do "stand" que mais sofre influência do meio. Portanto, a amostragem ao acaso da altura dominante de 36 árvores por sítio pode ter contribuído para tornar menos heterogêneas as populações analisadas, uma vez que o coeficiente de variação é de 1,42.

Tabela 02: Análise de variância e teste de média (Tukey) para altura, DAP e volume, em quatro sítios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 17 anos.

Altura (m)	Sítio	DAP (cm)	Sítio	Volume (m ³ /árv.)	Sítio
28,3	A	32,6	A	0,866	A
26,9	C	30,1	C	0,699	C
26,3	D	29,0	D	0,636	D
24,8	B	28,6	B	0,583	B
C.V. = 1,42		C.V. = 12,5		C.V. = 4,95	
F = 89,2**		F = 41,6**		F = 76,0**	
D.M.S. = 0,6		D.M.S. = 1,1		D.M.S. = 0,050	

** Prob. $F < 0,01$

Por outro lado, as relações sítio-crescimento podem estar sofrendo forte influência de fatores como o observado no sítio C, onde a vegetação dominada é densa, ao contrário dos outros sítios, e deve competir, por água e nutrientes, com o povoamento. Para alguns autores o controle da vegetação dominada é extremamente importante para o desenvolvimento dos plantios de *Pinus* (PIEUNAR *et alii*, 1983; HAYWOOD, 1979 ; WARING, 1972).

Outro fator que pode mascarar as relações solo - crescimento, está ligado a possibilidade dos povoamentos estarem nutrindo-se através das cinzas, provenientes da queima dos canaviais ao redor dos plantios (sugestão de Paula Lima e Poggiani), e que se depositam nas acículas. Neste caso, pode-se supor que, dependendo da proximidade e dos ventos, determinados sítios podem estar sendo beneficiados, independentemente da condição de fertilidade do solo que os sustentam.

Não foi possível levantar, na literatura, dados de crescimento que servissem de comparação e situassem a produtividade dos sítios estudados. Comparando-se com as outras variedades da mesma espécie na mesma região, *Pinus caribaea* var. *bahamensis* desenvolve-se bem, sendo um pouco inferior a *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e superior a *Pinus caribaea* var. *caribaea* (NICOLIELLO, 1983).

4.2 Características edáficas: físicas

Os resultados da análise de variância para as características físicas do solo, encontram-se na Tabela 03. Observa-

Tabela 03: Análise de variância para dados de propriedades físicas dos solos sob plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 17 anos (1 = profundidade, horizonte A, de 0-20 cm, 2 = profundidade, horizonte B, de 40-60 cm)

	AG	AM	AF	AMF	AT	L	Aa	Ac	PT
Sítios (S)	**	**	**	*	**	**	*	**	**
Profundidade (P)	NS	**	**	*	**	**	**	**	**
S x P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
Prof.d.Sítio A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	**
B	NS	*	NS	NS	NS	*	*	NS	**
C	NS	NS	**	NS	**	*	**	**	**
D	NS	*	NS	*	*	*	NS	NS	**
Sítio d. Prof. 1 (0-20 cm)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
2 (40-60 cm)	**	**	*	*	**	**	NS	**	**

Aa = argila água

AG = Areia grossa

AMF = Areia muito fina

Ac = argila calgon

AM = Areia média

AT = Areia total

PT = porosidade total

AF = Areia fina

L = Limo

Prob.F < 0,01

se que os sítios diferem nos parâmetros estudados e que essa diferença, com exceção do porcentual de argila em água, permanece, nas duas profundidades dos perfis analisados. Destacam-se, também, as variações para porosidade total, altamente significativas, em todos os níveis avaliados do desdobramento estatístico.

A Tabela 04, apresenta o resultado do teste de médias (Tukey) para as características físicas nas duas profundidades dos perfis, horizontes A e B, nos quatro sítios. Nota-se que, os percentuais de areia total e argilas refletem-se na porosidade total. As correlações entre argila não dispersa e dispersa (Calgon) e areia total com a porosidade total foram altamente significativas, respectivamente, $r = 0,86^{**}$; $r = 0,80^{**}$ e $r = -0,79^{**}$, para o horizonte A. Enquanto que na profundidade 2, as correlações para porosidade total foram apenas em relação a areia total $r = -0,68^{*}$ e argila dispersa (Calgon), $r = 0,71^{**}$. (Tabelas 05 e 06).

O plantio de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* no sítio A apresenta crescimento significativamente superior aos demais, assim como apresenta significativa superioridade no porcentual de porosidade total. Pode-se, então, deduzir que até certo ponto, fatores edáficos associados à textura e à estrutura, em especial a porosidade total, além de drenagem e respiração do solo, devem ser importantes para o bom desenvolvimento desta variedade de *Pinus caribaea*, mas isoladamente, não é fator limitante, uma vez que os percentuais de porosidade total e

Tabela 04: Teste de médias (Tukey) para características físicas do solo, em duas profundidades, nos quatro sítios com plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 17 anos. (Prob. $F < 0,05$)

PROFUNDIDADE (0 - 20 cm)		PROFUNDIDADE (40 - 60 cm)		PROFUNDIDADE (0 - 20 cm)		PROFUNDIDADE (40 - 60 cm)	
AREIA GROSSA D.M.S. = 0,73				LIMO D.M.S. = 2,11			
1,8	B	1,4	B	5,5	C	7,2	C
1,0	A	1,2	A	5,2	A	5,9	A
0,6	D	0,6	D	4,0	D	5,6	D
0,4	C	0,4	C	2,3	B	3,7	B
AREIA MÉDIA D.M.S. = 6,39				ARGILA ÁGUA D.M.S. = 3,09			
27,6	B	23,4	B	10,2	A	11,5	A
21,8	D	17,8	D	7,6	D	10,1	B
17,2	A	16,2	A	7,4	B	10,0	C
16,9	C	14,7	C	5,3	C	9,2	D
AREIA FINA D.M.S. = 6,83				ARGILA CALÇON D.M.S. = 4,69			
58,6	C	53,7	D	17,1	A	21,6	A
56,9	D	51,6	C	12,1	B	15,6	C
50,2	B	47,7	B	10,8	D	14,8	B
49,1	A	45,9	A	8,8	C	13,8	D
AREIA MUITO FINA D.M.S. = 3,16				POROSIDADE TOTAL D.M.S. = 1,12			
9,8	C	10,4	C	50,0	A	58,2	A
8,3	A	9,1	A	48,0	D	53,7	D
5,8	D	7,7	D	47,3	B	52,6	B
5,8	B	7,2	B	46,1	C	52,1	C
AREIA TOTAL D.M.S. = 5,89				DENSIDADE APARENTE* D.M.S. = 0,40			
85,7	C	81,5	B	1,40	B	1,28	C
85,4	B	79,8	D	1,37	C	1,26	B
85,1	D	77,2	C	1,34	A	1,25	D
76,0	A	72,5	A	1,30	D	1,10	A

* (cm^3/g)

de classes texturais não explicam o crescimento diferenciado nos demais sítios.

Tabela 05: Correlações entre características físicas de solo na profundidade de 0-20 cm (profundidade 1)

	AG ₁	AM ₁	AF ₁	AMF ₁	AT ₁	L ₁	AC ₁	AA ₁	PT ₁
AG ₁		0,78**	-0,74**	-0,60*	0,13	-0,71**	0,39	0,36	0,16
	0,00	0,00	0,04	0,69	0,01	0,20	0,25	0,62	
AM ₁			-0,37	-0,86**	0,34	-0,89**	-0,09	0,02	-0,21
		0,24	0,00	0,28	0,00	0,79	0,95	0,50	
AF ₁				0,35	0,73**	0,22	-0,81**	-0,79**	-0,54
				0,27	0,01	0,49	0,00	0,00	0,07
AMF ₁					-0,15	0,76**	-0,05	-0,25	-0,10
					0,64	0,00	0,87	0,43	0,75
AT ₁						-0,41	-0,90**	-0,85**	-0,79**
						0,18	0,00	0,00	0,00
L ₁							0,11	0,00	0,14
							0,72	0,99	0,68
AC ₁								0,88**	0,80**
								0,00	0,00
AA ₁									0,86**
									0,00

** Prob. F < 0,01

No entanto, segundo SCHATTER (1966), as coníferas são exigentes quanto a textura, crescendo melhor em solos com textura balanceada. Para GOLFARI (1978), entretanto, avaliando o comportamento dos pinheiros tropicais no Brasil, a textura pouco interfere com o crescimento de *Pinus*, a não ser nos limites

extremos.

Tabela 06: Correlações entre características físicas de solo na profundidade de 40-60 cm (profundidade 2)

	AG ₂	AM ₂	AF ₂	AMF ₂	AT ₂	L ₂	AC ₂	AA ₂	PT ₂
AG ₂		0,82**	-0,77*	-0,75**	0,07	-0,76**	0,23	0,16	0,16
		0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,47	0,61	0,61
AM ₂			-0,43	-0,87**	0,52	-0,83**	-0,29	-0,10	-0,33
			0,16	0,00	0,08	0,00	0,35	0,75	0,29
AF ₂				0,21	0,45	0,35	-0,67*	-0,61*	-0,39
				0,51	0,14	0,26	0,02	0,03	0,21
AMF ₂					-0,50	0,78**	0,31	0,28	0,13
					0,10	0,00	0,33	0,38	0,69
AT ₂						-0,55	-0,92**	-0,70*	-0,68*
						0,06	0,00	0,01	0,01
L ₂							0,22	0,19	0,14
							0,48	0,56	0,66
AC ₂								0,76**	0,71**
								0,00	0,01
AA ₂									0,28
									0,38

** Prob. F < 0,01

Sob as condições analisadas, observa-se que o solo do sítio A é o que apresenta uma textura mais balanceada (mais argiloso), em relação aos outros sítios, e este fator deve influenciar na estrutura tornando-a mais estável. Os percentuais de porosidade total estão na faixa entre 40-60%, indicando serem solos de textura fina, assim como estão nos limites

para solos florestais, 30 a 60%, (PRITCHETT, 1979).

Nota-se, também, que na profundidade de 40-60 cm o solo A é superior, significativamente, aos outros solos analisados, no percentual de argila dispersa (Calgon), o que deve favorecer a fertilidade e estrutura. Provavelmente, a microporosidade no solo do sítio A possui um percentual mais alto, favorecendo a retenção de água e, com a melhor agregação das partículas do solo, possibilita a retenção dos colóides, impedindo a lixiviação de nutrientes.

A capacidade dos solos de reter nutrientes, na forma disponível para as plantas, é particularmente importante nas florestas com solos mais arenosos, ou então, com reserva de nutrientes extremamente baixa. Assim, a capacidade de troca de íons é primeiramente associada aos colóides do solo, argila e partículas orgânicas. Geralmente, solos com percentuais baixos de argila possuem capacidade de troca de íons, sendo que mesmo essa baixa CTC é importante para a nutrição e ciclagem de nutrientes, especialmente em solos arenosos. (PRITCHETT 1979).

No entanto, para os solos analisados e correlação entre CTC e argila (Calgon) só foi significativa no horizonte B, com $r = 0,60^*$, sendo que com a soma de bases a correlação foi mais significativa $r = 0,69^{**}$. Na profundidade 1 as correlações para soma e saturação de bases foram significativas, em relação às partículas mais grosseiras, limo e areia muito fina. Talvez, os percentuais de limo e areia muito fina, significativamente superiores, nos sítios A e C tenham influência

Tabela 07: Correlações simples entre características físicas e químicas do solo na profundidade de 0-20 cm (profundidade 1) (** Prob. $F < 0,01$)

	P ₁	Mo ₁	pH ₁	K ₁	Ca ₁	Mg ₁	H+Al ₁	S ₁	T ₁	V ₁	Cu ₁	Zn ₁	Fe ₁	Mn ₁
Ag ₁	0,30 0,33	0,29 0,36	0,00 0,99	-0,30 0,34	-0,15 0,64	-0,39 0,20	0,13 0,69	-0,31 0,32	-0,00 0,99	-0,40 0,20	-0,24 0,45	-0,03 0,92	0,87** 0,00	-0,34 0,28
Am ₁	-0,12 0,71	-0,02 0,94	-0,35 0,26	-0,47 0,12	-0,53* 0,03	-0,72** 0,01	0,19 0,55	-0,72** 0,01	-0,11 0,72	-0,76** 0,00	0,52 0,08	-0,47 0,12	0,78** 0,00	-0,70** 0,01
AF ₁	-0,30 0,35	-0,32 0,31	-0,37 0,23	-0,32 0,31	-0,36 0,24	-0,16 0,61	0,07 0,84	-0,29 0,36	-0,06 0,86	-0,20 0,52	-0,12 0,71	-0,52 0,03	-0,54 0,07	-0,15 0,65
AMF ₁	0,16 0,61	-0,10 0,76	0,44 0,15	0,34 0,27	0,60* 0,04	0,59* 0,04	-0,48 0,11	0,61* 0,03	0,22 0,49	0,73** 0,01	0,45 0,14	0,26 0,42	-0,59 0,04	0,71* 0,01
AT ₁	-0,33 0,30	-0,35 0,26	-0,55 0,06	-0,68* 0,01	0,76** 0,00	-0,67* 0,02	0,08 0,80	-0,78** 0,00	0,25 0,43	-0,70* 0,01	-0,48 0,11	-0,89** 0,00	0,05 0,85	-0,58 0,05
L ₁	-0,14 0,66	0,09 0,78	0,28 0,37	0,60* 0,04	0,59* 0,04	0,71** 0,01	-0,28 0,37	0,68* 0,01	0,01 0,97	0,76** 0,00	0,61 0,03	0,44 0,15	-0,77** 0,00	0,66* 0,05
AC ₁	0,44 0,16	0,39 0,21	0,44 0,15	0,43 0,16	0,56 0,06	0,39 0,21	-0,04 0,90	0,54 0,07	0,19 0,55	0,47 0,12	0,38 0,22	0,83** 0,00	0,19 0,56	0,29 0,36
AA ₁	0,39 0,21	0,39 0,21	0,25 0,42	0,45 0,14	0,50 0,09	0,37 0,23	0,04 0,89	0,50 0,10	0,25 0,42	0,37 0,24	0,09 0,79	0,78** 0,00	0,22 0,49	0,22 0,49
PT ₁	0,59* 0,04	0,54 0,07	0,16 0,61	0,42 0,18	0,54 0,07	0,40 0,20	0,28 0,38	0,51 0,09	0,50 0,10	0,36 0,24	0,17 0,60	0,78** 0,00	0,14 0,66	0,30 0,35

Tabela 08: Correlações simples entre características físicas e químicas do solo na profundidade de 40-60 cm. (Profundidade 2) (** Prob. $F < 0,01$)

	P ₂	Na ₂	pH ₂	K ₂	Ca ₂	Mg ₂	H+Al ₂	S ₂	T ₂	V ₂	Cu ₂	Zn ₂	Mn ₂	Fe ₂
Ag ₂	0,33 0,30	0,17 0,59	-0,11 0,73	0,18 0,58	0,59 0,85	-0,08 0,81	-0,45 0,14	0,06 0,85	-0,24 0,44	0,11 0,72	0,23 0,48	-0,60* 0,04	0,59* 0,04	-0,48 0,12
Al ₂	0,14 0,65	-0,16 0,61	-0,09 0,78	0,14 0,67	-0,41 0,12	-0,12 0,70	-0,65* 0,02	-0,37 0,23	-0,64* 0,02	-0,23 0,05	-0,57 0,05	0,21 0,52	0,59* 0,05	0,43 0,16
Ar ₂	-0,58* 0,04	-0,16 0,61	0,05 0,86	-0,12 0,71	-0,31 0,33	0,33 0,29	0,36 0,91	-0,25 0,44	-0,19 0,56	-0,17 0,59	-0,25 0,43	-0,79* 0,00	-0,52 0,04	0,15 0,63
As ₂	0,19 0,55	-0,05 0,86	-0,14 0,66	-0,18 0,57	0,22 0,48	-0,26 0,41	0,75** 0,00	0,15 0,65	0,67* 0,02	-0,05 0,87	0,60* 0,04	-0,04 0,89	-0,25 0,43	0,59* 0,04
At ₂	-0,21 0,52	-0,28 0,38	-0,25 0,42	-0,11 0,72	-0,76* 0,00	-0,06 0,85	-0,39 0,21	-0,71* 0,01	-0,65* 0,02	-0,59* 0,04	-0,72* 0,01	-0,37 0,24	0,29 0,37	-0,20 0,52
B ₂	-0,01 0,96	-0,06 0,84	0,17 0,59	-0,06 0,85	0,29 0,36	0,25 0,43	0,55 0,06	0,31 0,33	0,55 0,06	0,20 0,34	0,63* 0,03	-0,31 0,32	-0,57 0,05	0,62* 0,03
Ac ₂	0,34 0,28	0,31 0,32	0,11 0,74	0,20 0,52	0,76** 0,00	-0,09 0,77	0,31 0,32	0,69* 0,01	0,60* 0,04	0,57 0,05	0,59* 0,04	0,60* 0,04	-0,61 0,99	0,01 0,98
Ad ₂	0,43 0,17	-0,10 0,75	0,65 0,86	0,49 0,11	0,32 0,30	-0,32 0,31	0,24* 0,46	0,32 0,31	0,30 0,34	0,23 0,46	0,40 0,20	0,36 0,24	0,18 0,57	0,06 0,66
Pt ₂	-0,01 0,97	0,83** 0,00	0,26 0,40	-0,16 0,62	0,75** 0,00	0,38 0,22	0,27 0,33	0,72** 0,00	0,53 0,07	0,63** 0,03	0,42 0,17	0,59* 0,04	-0,34 0,27	-0,25 0,41

na fertilidade dos solos, apesar de teoricamente serem partículas inertes, refletindo-se no melhor desenvolvimento dos plantios nestes locais (Tabelas 07 e 08).

A densidade aparente dos solos estudados variaram entre 1,4 - 1,1 g/m³ (Tabela 04), estando, dentro dos limites para solos minerais (KIEHL, 1979) e não indicam serem limitantes para o desenvolvimento normal das raízes (PRITCHETT, 1979). A densidade real foi a mesma para todos os solos, 2,6 g/cm³ na profundidade de 0-20 cm e de 2,7 g/cm³ na profundidade de 40-60 cm, ambas dentro dos limites para densidade real em solos minerais (KIEHL, 1979).

4.3 Características edáficas: químicas

A análise de variância para as características químicas analisadas, mostra que os sítios diferem entre si, significativamente (Prob. F < 0,01), nas duas profundidades estudadas, quanto aos teores de P, Ca, Cu, Zn, Fe e Mn, e percentuais de soma de bases (S) e saturação de bases (V) (Tabela 09).

Características como pH, soma hidrogênio-alumínio, CTC e matéria orgânica, tiveram valores praticamente iguais em todos os solos analisados para as duas profundidades. Portanto, isoladamente, não devem ter influência no crescimento dos plantios, que foram diferenciados entre os sítios avaliados.

Teste de médias (Tukey) para as características químicas analisadas, nos quatro solos, está contido na Tabela 10. Comparando-se os valores encontrados com os padrões estabelecidos para fertilidade do solo (van RAIJ, 1981), concluiu-se

Tabela 09: Análise de variância para dados de propriedades químicas dos solos sob plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 17 anos, (1 = profundidade, horizonte A de 0-20 cm; 2 = profundidade, horizonte B de 40-60 cm

	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+A1	S	T	V	Cu	Zn	Fe	Mn
Sítios (S)	**	NS	*	NS	**	**	NS	**	NS	**	**	**	**	**
Profundidade (P)	**	**	*	**	NS	*	**	NS	**	NS	NS	**	**	**
S x P	NS	NS	*	**	NS	**	*	**	*	**	**	**	**	**
Prof.d.Sítio A	**	**	NS	**	NS	**	*	*	**	NS	**	**	**	**
B	**	**	NS	NS	NS	NS	**	NS	**	NS	**	NS	**	**
C	*	**	NS	*	NS	**	NS	**	NS	*	**	**	**	**
D	**	**	*	NS	NS	NS	**	NS	**	**	**	**	**	*
Sítios d. Prof.1 (0.20cm)**	NS	NS	*	**	**	NS	NS	**	NS	**	NS	**	**	**
2(40-60cm)**	NS	NS	NS	NS	**	**	NS	**	*	**	**	**	**	**

** Prob. F < 0,01

Tabela 10: Teste de médias (Tukey) para características químicas (macronutrientes), em duas profundidades, nos quatro sítios com plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 17 anos (Prob. $F < 0,05$)

PROFUNDIDADE (0 - 20 cm)		PROFUNDIDADE (40 - 60 cm)		PROFUNDIDADE (0 - 20 cm)		PROFUNDIDADE (40 - 60 cm)	
FÓSFORO*** D.M.S. = 1,60				C T C (T)* D.M.S. = 0,81			
5,2	A	2,7	B	4,3	A	3,5	A
4,3	B	2,5	A	4,1	D	3,4	C
3,5	C	2,5	C	3,6	C	2,8	B
3,3	D	1,2	D	3,4	B	2,7	D
POTÁSSIO* D.M.S. = 0,03				SATURAÇÃO DE BASES(V)** D.M.S. = 5,9			
0,06	A	0,03	B	19,7	A	18,0	A
0,04	C	0,03	D	16,3	C	12,5	D
0,03	D	0,02	A	7,0	D	10,5	C
0,02	B	0,02	C	6,0	B	10,2	B
CÁLCIO* D.M.S. = 0,15				H + AL* D.M.S. = 0,8			
0,50	A	0,50	A	3,8	D	3,0	C
0,33	C	0,27	D	3,5	A	2,9	A
0,20	B	0,23	C	3,4	B	2,5	B
0,15	D	0,15	B	3,0	C	2,4	D
MAGNÉSIO* D.M.S. = 0,07				pH D.M.S. = 0,4			
0,2	A	0,1	A	4,1	A	4,1	D
0,2	B	0,1	B	4,0	C	4,0	A
0,1	D	0,1	C	3,8	B	4,0	B
0,1	C	0,1	D	3,7	D	4,0	C
SOMA DE BASES (S)* D.M.S. = 0,20				MATÉRIA ORGÂNICA** D.M.S. = 0,41			
0,8	A	0,6	A	1,5	A	0,5	A
0,6	C	0,4	D	1,4	B	0,5	D
0,3	D	0,3	C	1,3	D	0,4	B
0,2	B	0,3	B	1,2	B	0,4	C

* meq (cm³)

** (%)

*** ppm

que: os solos estudados são muito ácidos e de baixa fertilidade.

Geralmente, coníferas aumentam a acidez do solo, em relação a florestas folhosas (SPURR e BURTON, 1973). Segundo JONES e RICHARDS (1977), analisando características químicas em solo sob plantios de *Pinus elliottii*, com 32 anos, e comparando-as com florestas naturais de *Eucalyptus*, observaram que entre todas as propriedades químicas estudadas, somente o pH foi consideravelmente afetado pelas mudanças da vegetação. O mesmo efeito de florestas de *Pinus*, sobre o pH do solo, foi constatado por outros autores (ROLFE e BOGGESE, 1973; TOSIN, 1977; HAAG *et alii*, 1978).

A pequena variação do pH com a profundidade observada, nos solos analisados, foi semelhante à encontrada por outros autores (ROLFE e BOGGESE, 1973 ; BARROS e BRANDI, 1975), mas contradiz o observado por WELLS e JORGENSEN (1975) e HAAG *et alii* (1978), onde o pH decrescia sensivelmente com a profundidade, em solos sob plantios de *Pinus*.

A diminuição dos níveis de hidrogênio e alumínio, com a profundidade notada nos solos estudados, coincide com o observado por BARROS e BRANDI (1978) e PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981).

O conteúdo de matéria orgânica de um solo reflorestado é, para muitos autores, o melhor indicador do estado geral da fertilidade, uma vez que é uma característica fortemente associada à estrutura e à CTC (WILDE, 1964). Alguns trabalhos têm

demonstrado que reflorestamentos com *Pinus* causam diminuição nos teores de matéria orgânica e nitrogênio, aumentando a relação C/N no solo (HAMILTON, 1965; ROLFE e BOGGESS, 1973). Comparando-se os valores de matéria orgânica, obtidos por RANZANI (1971) para o mesmo grande grupo, Latossolo vermelho-escuro fase arenosa, em perfis de solo da CAFMA, constata-se que, apesar dos níveis continuarem baixos, houve um aumento no teor de matéria orgânica nos solos estudados. Resultado semelhante foi obtido por BARROS e BRANDI (1975), para solo sob plantio de *Pinus elliottii* onde, anteriormente, havia pastagem.

A redução no teor de matéria orgânica com a profundidade, como ocorreu nos solos analisados, também foi observada por HAMILTON (1965); WELLS e JORGENSEN (1975) e HAAG *et alii* (1978).

Os níveis de fósforo amostrados para as duas profundidades variaram, significativamente, entre os solos estudados sendo esses teores considerados baixos, no critério atual de fertilidade (van RAIJ, 1981).

A queda, nos teores de fósforo disponível com a profundidade, também foi observada por WELLS e JORGENSEN (1975). Por outro lado, BARROS e BRANDI (1978) e HAAG *et alii* (1978), não encontraram variações no teor de fósforo com a profundidade, em áreas sob plantios de *Pinus*.

Em experimento realizado na Austrália, com *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em um solo com 11,4 ppm de fósforo, foi

obtida resposta positiva a adubação fosfatada. Essa resposta ao fósforo, levou os autores (CAMERON *et alii*, 1981) a considerarem a faixa entre 5 e 11 ppm, na superfície do solo, como inadequada ao crescimento de *Pinus caribaea*. Outros autores, SRIVASTAVA *et alii* (1979), obtiveram resposta a adubação fosfatada em plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, na Malásia, para teor de 6,4 ppm de fósforo no solo. No Brasil, CAPITANI *et alii* (1982), avaliando resposta a adubação com NPK, em plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, com 2 ppm de fósforo no solo, obtiveram significativa resposta no crescimento a adubação isolada, fosfatada. Também HAAG e LA TORRACA (1984) observaram, em plantios de *Pinus caribaea* var. *caribaea* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em solos com 2 ppm de P, um incremento na altura, respectivamente, de 290 e 370%, em relação às parcelas não adubadas com fósforo.

Analisando-se os teores de P no solo, dos experimentos citados, e as respostas altamente significativas a adubação fosfatada, pode-se estimar que o nível crítico de P no solo deve estar dentro do limite padrão para solos de baixa fertilidade em P (7-15 ppm). Situando, portanto, os solos analisados neste trabalho, como deficientes em P para promover uma boa produtividade e passíveis de responderem a adubação fosfatada.

Os teores de Ca, Mg e K, nos solos analisados são mínimos, refletindo-se na soma e saturação de bases. Na escala de valores limites, para essas características, os teores amos-

Tabela 11: Correlações simples entre características químicas do solo na profundidade de 0-20 cm (Profundidade 1) (** Prob. $F < 0,01$)

	P ₁	Mo ₁	pH ₁	K ₁	Ca ₁	Mg ₁	H+Al ₁	S ₁	T ₁	V ₁	Cu ₁	Zn ₁	Fe ₁	Mn ₁
P ₁		0,56 0,06	0,17 0,59	0,01 0,96	0,52 0,08	0,25 0,44	0,20 0,53	0,35 0,24	0,35 0,25	0,24 0,45	-0,18 0,58	0,48 0,11	0,48 0,12	0,30 0,33
Mo ₁			-0,21 0,51	0,04 0,89	0,37 0,23	0,26 0,42	0,48 0,11	0,24 0,45	0,58** 0,05	0,09 0,79	-0,14 0,65	0,46 0,13	0,36 0,25	0,09 0,79
pH ₁				0,52 0,08	0,65* 0,02	0,65* 0,02	-0,28 0,37	0,68** 0,01	0,01 0,98	0,70** 0,01	0,51 0,09	0,39 0,20	-0,16 0,61	0,75** 0,00
K ₁					0,65* 0,02	0,68** 0,01	0,33 0,29	0,75** 0,00	-0,01 0,97	0,78** 0,00	0,23 0,38	0,55 0,06	-0,30 0,34	0,71* 0,01
Ca ₁						0,91** 0,00	-0,20 0,53	0,97** 0,00	0,21 0,50	0,91** 0,00	0,35 0,26	0,77** 0,00	-0,16 0,60	0,90** 0,01
Mg ₁							-0,07 0,82	0,56** 0,00	0,34 0,23	0,90** 0,00	0,39 0,20	0,69* 0,01	-0,44 0,15	0,90** 0,00
H+Al ₁								-0,22 0,48	0,91** 0,00	0,43 0,16	-0,20 0,52	-0,01 0,98	0,19 0,55	-0,24 0,44
S ₁									0,20 0,52	0,56** 0,00	0,41 0,19	0,79** 0,00	-0,35 0,26	0,91** 0,00
T ₁										-0,02 0,95	-0,03 0,92	0,33 0,29	0,04 0,89	0,14 0,65
V ₁											0,49 0,10	0,71* 0,01	-0,44 0,15	0,89** 0,00
Cu ₁												0,32 0,30	-0,43 0,12	0,42 0,17
Zn ₁													-0,13 0,59	0,51 0,09
Fe ₁														-0,34 0,27

trados encontram-se no padrão muito baixo (van RAIJ, 1981).

Avaliando-se os resultados apresentados nas Tabelas 02 e 10 observa-se que os teores para soma e saturação de bases refletem-se no crescimento. Como as argilas influem na CTC, na saturação de bases e na disponibilidade de bases trocáveis (FASSBENDER, 1975) a distribuição dos colóides nos horizontes A e B deveriam influir na maior ou menor disponibilidade de cátions trocáveis. No entanto, a correlação entre soma de bases (S) e argila dispersa, na profundidade 1, é baixa e não significativa ($r = 0,54$). As correlações mais significativas ocorrem com S soma de bases (S) e silte ($r = 0,68^*$), saturação (V) e silte ($r = 0,76^{**}$) e areia muito fina (AMF) e V ($r = 0,73^*$) (Tabela 07).

Correlações semelhantes são mencionadas por KIEHL (1979) para horizonte B latossólico, onde a relação silte e CTC foi significativa, com um coeficiente de correlação igual a 0,62.

Segundo KIEHL (1979), quando a dispersão da amostra não é bem feita, pode ocorrer a presença de minerais de argila, junto às frações mais finas, limo e areia muito fina, ou então, a presença de minerais de argila não totalmente intemperizados, ou concreções argilosas não desfeitas.

Entretanto, no horizonte B dos solos analisados neste trabalho, a fração argila passa a correlacionar-se, significativamente, com Ca ($r = 0,76^{**}$), soma de bases ($r = 0,69^{**}$), CTC ($r = 0,60^*$) e saturação de bases ($r = 0,59^*$), ao contrário as frações finas, limo e areia muito fina, onde as correlações

Tabela 12: Correlações simples entre características químicas do solo na profundidade de 40-60 cm (Profundidade 2) (** Prob. $F < 0,01$)

	P ₂	Mo ₂	pH ₂	K ₂	Ca ₂	Mg ₂	H+A ₂	S ₂	T ₂	V ₂	Cu ₂	Zn ₂	Fe ₂	Mn ₂
P ₂		-0,20 0,52	-0,41 0,19	0,20 0,54	0,12 0,70	-0,42 0,17	0,53 0,57	0,08 0,79	0,55 0,07	-0,14 0,66	0,46 0,13	0,48 0,11	0,68** 0,01	0,30 0,35
Mo ₂			0,08 0,81	-0,31 0,33	0,51 0,09	0,48 0,11	0,02 0,94	0,51 0,09	0,25 0,44	0,51 0,09	0,01 0,97	0,52 0,08	0,32 0,30	0,50 0,09
pH ₂				0,13 0,69	0,34 0,27	0,44 0,15	-0,19 0,56	0,41 0,19	0,07 0,83	0,51 0,09	0,12 0,70	-0,29 0,36	-0,60* 0,04	-0,12 0,71
K ₂					0,15 0,64	-0,05 0,86	-0,18 0,53	0,29 0,36	0,10 0,74	0,36 0,24	-0,16 0,62	0,07 0,32	0,28 0,38	-0,30 0,34
Ca ₂						0,35 0,26	0,28 0,37	0,97** 0,00	0,67* 0,02	0,89** 0,00	0,50 0,09	0,32 0,30	-0,35 0,26	-0,15 0,64
Mg ₂							-0,09 0,77	0,47 0,12	0,04 0,89	0,56 0,05	0,00 0,99	-0,23 0,47	-0,69* 0,01	-0,24 0,44
H+A ₂								0,22 0,50	0,87** 0,00	-0,08 0,79	0,74** 0,00	0,14 0,67	-0,06 0,84	0,55 0,06
S ₂									0,60* 0,04	0,95** 0,00	0,42 0,17	0,27 0,40	-0,37 0,23	-0,24 0,46
T ₂										0,32 0,31	0,84** 0,00	0,31 0,33	-0,12 0,71	0,41 0,18
V ₂											0,18 0,56	0,15 0,63	-0,44 0,15	0,41 0,19
Cu ₂												0,10 0,75	-0,20 0,53	0,71* 0,01
Zn ₂													0,47 0,12	-0,35 0,26
Fe ₂														-0,08 0,80

são baixas e não significativas (Tabela 08).

Essas diferenças entre os horizontes A e B, são observadas também, quando se estabelece correlações entre as características químicas para cada profundidade. No horizonte A, o pH, K, Ca e Mg apresentam correlações significativas entre si e com soma e saturação de bases. No horizonte B, as correlações são significativas entre Ca e soma e saturação de bases (Tabelas 11 e 12).

Por outro lado, alguns trabalhos indicam que reflorestamento com *Pinus* provoca queda nos teores de Ca e Mg trocáveis no solo (HAMILTON, 1965; TOSIN, 1977; LEPSCH, 1980; PAULA SOUZA e PAULA SOUZA, 1981). Outros, como BARROS e BRANDI (1978), não encontraram variações no nível de Ca trocável até a profundidade de 60 cm, enquanto que o Mg decrescia após a profundidade de 20 até 60 cm.

Como o também observado por HAINES e CLEVELAND (1981), em plantios com *Pinus elliottii*, a CTC nos solos analisados neste trabalho diminuiu com a profundidade, apesar dos percentuais de argila serem superiores no horizonte B (Tabela 10).

Os teores de Cu e Zn, nos solos estudados, são extremamente baixos e estão dentro do esperado para o grande grupo de solo, Latossolo vermelho-escuro fase arenosa, a que pertencem (VALADARES, 1975). Também, como observado por esse autor, para teores totais de Cu, o elemento, na forma disponível, aumentou com a profundidade nos solos dos sítios A e C, mas diminuiu nos sítios de B e D.

Na profundidade 2, os solos analisados apresentam correlação alta e significativa entre Cu e H+Al ($r = 0,74^{**}$); Cu e CTC ($r = 0,84^{**}$) Cu e Mn ($r = 0,71^{**}$) (Tabela 12).

Quanto ao Zn, os teores, em todos os solos analisados, diminuíram com a profundidade, sendo que nos solos dos sítios C e D, a queda foi mais pronunciada. Em estudo sobre os teores totais de Zn, nos grandes grupos de solos do Estado de São Paulo, VALADARES e CATANI (1975) observaram, ao contrário, um aumento nos teores de Zn total no horizonte B e Latossolo vermelho-escuro fase arenosa. Encontraram, também, uma alta correlação ($r = 0,79^{**}$) entre teores totais de Zn e os óxidos de ferro. Nos solos estudados neste trabalho o Zn correlaciona-se significativamente com argila (calgon e água, $r = 0,78^{**}$ e $r = 0,83^{**}$ na profundidade 1, e na profundidade 2 somente com argila não dispersa (água) com $r = 0,69^{*}$.

A correlação alta e significativa do Zn com a fração argila nos solos analisados é confirmada pelas correlações entre Zn e Ca ($r = 0,77^{**}$), Zn e S ($r = 0,79^{**}$) e Zn e V ($r = 0,71^{*}$) na profundidade 1, mas não na profundidade 2, onde as correlações não são significativas e a mais alta ocorre entre o Zn e a matéria orgânica ($r = 0,52$) (Tabela 11).

Os teores de Fe e Mn em todos os solos estudados reduziram-se com a profundidade. Geralmente, o teor total dos elementos pesados é mais alto no horizonte mais superficial, devido acumulação de resíduos vegetais, podendo, através dos processos de translocação no perfil do solo, ocorrer também

acúmulo destes elementos em diferentes profundidades do perfil (FASSBENDER, 1975).

Tabela 13: Teste de médias (Tukey) para características químicas (micronutrientes), em duas profundidades, nos quatro sítios com plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 17 anos, (Prob. F 0,05)

PROFUNDIDADE (0 - 20 cm)		PROFUNDIDADE (40 - 60 cm)		PROFUNDIDADE (0 - 20 cm)		PROFUNDIDADE (40 - 60 cm)	
COBRE D.M.S. = 0,13				ZINCO D.M.S. = 0,06			
0,5	A	0,7	C	0,24	A	0,15	A
0,5	C	0,7	A	0,14	D	0,11	B
0,5	D	0,3	D	0,13	C	0,03	C
0,4	B	0,2	B	0,12	B	0,02	D
FERRO D.M.S. = 5,86				MANGANÊS D.M.S. = 4,25			
38,8	B	12,9	B	26,9	A	11,0	C
24,7	A	5,4	C	23,3	C	3,4	A
19,2	D	5,3	A	7,1	B	2,5	B
14,4	C	2,4	D	5,3	D	2,0	D

Os solos dos sítios A e B possuem teores mais altos de Fe livre na profundidade 1, assim como são os que apresentam teores mais altos de areia grossa. A correlação entre o percentual de areia grossa e Fe na profundidade 1 e 2 é de $r = 0,87^{**}$ e $r = 0,59^{*}$. A correlação também significativa ,

$r = 0,079^{**}$, para Fe e areia média, faz supor que as frações mais grosseiras de Latossolo vermelho-escuro fase arenosa sejam ricos em Fe_2O_3 . Segundo FASSBENDER (1975) durante a meteorização, acumulam-se minerais de grande resistência ao intemperismo como quartzo, ortoclasa e óxidos de ferro e alumínio, ficando mais concentrados nas frações areia e limo. Neste trabalho as correlações nas profundidades 1 e 2 entre Fe livre e limo foram significativas, mas negativas, respectivamente com $r = 0,77^{**}$ e $r = -0,57$.

As correlações significativas em Fe e P ($r = 0,68^*$) na profundidade 2 é de difícil interpretação com os dados levantados nesta pesquisa. Talvez o conhecimento sobre os teores de óxido de ferro e alumínio ao lado do teor total de P no solo auxiliassem na compreensão destas relações.

O Fe apresentou correlações negativas com as bases trocáveis na profundidade 1 e 2, sendo que com Mg na profundidade 2 foi significativa, $r = -0,69^*$. Ocorre que Ca, Mg e K correlacionam-se positivamente com as frações argila e limo, para as quais o Ferro tem correlação negativa ou baixa.

O comportamento do Mn no horizonte A dos solos estudados, correlacionando-se positiva e significativamente com K, Ca, Mg, S e V (Tabela 11). Talvez possa ser explicado pela similariedade nas relações apresentadas entre as bases trocáveis e os diferentes componentes das frações mais grosseiras do solo, assim como o Mn apresentou em relação a areia média ($r = 0,70^{**}$), areia muito fina ($r = 0,71^{**}$) e limo ($r = 0,66^*$).

Segundo FASSBENDER (1975), o Mn assim como Fe fazem parte de uma série de minerais primários de meteorização mais lenta que podem acumular-se nas frações mais grosseiras do solo. De difícil interpretação no entanto é a correlação positiva entre Mn e pH ($r = 0,75^{**}$). A não ser que, o comportamento do Mn em faixas tão baixas de pH seja diferente do que se verifica em pH mais elevados, onde a correlação é costumeiramente negativa.

Na profundidade 2, a única correlação significativa para o Mn ocorre com Cu ($r = 0,71^{**}$), sendo que ambos apresentam neste horizonte correlação positiva e significativa com o limo (Tabela 12) fazendo supor que nesta fração existam minerais primários que liberem os dois elementos pesados.

4.4 Características nutricionais: teores nas acículas

A análise de variância e teste de médias (Tukey) para teores nutricionais presentes nas acículas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* encontram-se na Tabela 14.

Os níveis nutricionais para N, K, Ca, S, B, Cu, Zn e Fe não diferiram, significativamente, entre os plantios estudados. Enquanto que os teores de P, Mg e Mn diferiram mas não obedecendo uma mesma sequência, entre os sítios. Para Mg, os teores nas acículas do plantio no sítio A é significativamente superior aos dos sítios B e D, refletindo as condições de crescimento dos talhões. Enquanto que para o percentual de P, a superioridade do sítio A é unicamente em relação ao sítio D. Os

Tabela 13: Testes de médias (Tukey) para teores nutricionais nas acículas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* em quatro sítios, (A,B,C e D)

N	P	K	%	Ca	Mg	S	
1,14	A	0,64	B	0,091	A	0,086	C
1,13	B	0,62	A	0,086	B	0,085	B
1,12	C	0,52	D	0,072	C	0,062	A
1,12	D	0,51	C	0,069	D	0,048	D
C.V. = 5,9	C.V. = 4,8	C.V. = 9,5	C.V. = 18,6	C.V. = 19,6	C.V. = 19,10		
F = 0,11 NS	F = 5,31*	F = 4,91 NS	F = 1,56 NS	F = 9,88**	F = 3,51 NS		
D.M.S. = 0,17	D.M.S. = 0,009	D.M.S. = 0,14	D.M.S. = 0,04	D.M.S. = 0,039	D.M.S. = 0,033		

B	Cu	Zn	ppm	Fe	Mn		
11,44	B	40,34	A	106,00	B	242,00	D
10,11	A	31,89	B	96,89	D	160,56	B
8,22	C	26,73	D	80,78	C	149,33	A
7,78	D	25,89	C	63,66	A	139,33	C
C.V. = 20,9	C.V. = 39,10	C.V. = 18,14	C.V. = 20,65	C.V. = 22,47			
F = 2,66 NS	F = 2,22 NS	F = 4,11 NS	F = 3,24 NS	F = 4,48*			
D.M.S. = 5,13	D.M.S. = 2,87	D.M.S. = 14,81	D.M.S. = 20,65	D.M.S. = 101,258			

C.V.: Coeficiente de Variação

D.M.S.: Desvio mínimo significativo

Prob. F < 0.05

porcentuais de P e Mg nas acículas não correspondem, com exceção do sítio A, aos teores desses elementos no solo. (Tabela 10).

Por sua vez, o nível de Mn nas acículas mostram condições nutricionais opostas, onde os sítios com menor crescimento, D e B, possuem teores mais altos de Mn que os de melhor incremento, sítios A e C. Não refletindo, no entanto, os teores de Mn no solo que foram superiores nos dois últimos locais citados. Talvez, o fator que esteja influenciando na maior absorção do Mn, nos plantios dos sítios D e B, seja o pH mais baixo, respectivamente 3.8 e 3.7 (Tabela 10).

Os dados da Tabela 14 evidenciam, também, que o nível de Cu, apesar de não variar significativamente entre os plantios, é superior uma vez e meia no sítio A, aos demais sítios.

As relações entre os principais elementos nutricionais nas acículas, com diferenças significativas, mostram mais satisfatoriamente a condição nutricional dos plantios, em relação ao crescimento diferenciado. As relações associadas ao teor de Mg nas acículas; N/Mg, P/Mg, Ca/Mg e K/Mg; considerando-se diferenças não significativas, situam os sítios A e C, os de melhor produtividade, como os de nutrição mais balanceada em relação ao Mg, indicando ser esse elemento importante, nas condições estudadas, para o desenvolvimento de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

Os dados levantados na literatura (Tabela 01) sobre a concentração de nutrientes nas acículas das variedades de *Pi-*

Tabela 14: Teste de médias (Tukey) para relações entre teores nutricionais nas acículas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* em quatro sítios (A,B,C e D)

N/P	N/Mg	P/K	P/Mg	K/Mg	Ca/Mg	Fe/Mn	
						ppm	
16,8	B	0,146	1,63	11,202	1,46	2,657	B
15,3	C	0,145	1,08	10,260	1,36	0,588	C
14,7	D	0,125	0,86	5,946	2,86	0,429	A
14,7	A	0,106	0,74	5,907	0,85	0,419	D
C.V. = 5,0	C.V. = 24,1	C.V. = 7,7	C.V. = 21,7	C.V. = 20,4	C.V. = 19,81	C.V. = 14,21	
F = 5,21*	F = 6,36*	F = 10,79**	F = 8,45**	F = 8,13**	F = 6,26*	F = 7,64**	
D.M.S. = 2,0	D.M.S. = 10,52	D.M.S. = 0,026	D.M.S. = 0,61	D.M.S. = 4,449	D.M.S. = 0,586	D.M.S. = 0,194	

D.M.S.: Desvio mínimo significativo C.V.: Coeficiente de variância Prob. $F < 0.01$

nus caribaea, quando comparados com os desse trabalho, mostram que os níveis médio de Mg, 0,08%, estão próximos aos da maioria dos plantios analisados por diferentes autores. Não se sabendo, no entanto, qual o nível crítico do Mg, nas acículas e no solo, não é possível estabelecer com certeza a situação nutricional dos plantios mas, a resposta significativa dos plantios estudados, nesta pesquisa, para diferentes níveis de Mg foliar e no solo, indicam que o elemento deve estar situado abaixo do nível crítico, devendo por tanto responder a uma adubação corretiva.

Os níveis médios de P, nos plantios estudados, 0,07%, não diferem do estabelecido por EGUNJOBI e BADA (1979) em povoamentos de *Pinus caribaea* com 16 anos, na Nigéria. Segundo CAMERON *et alii* (1982), avaliando as respostas à adubação com N, P, K e micronutrientes, em plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em dois tipos de solos, o nível crítico acicular de P, para a espécie, deverá estar entre 0,08 - 0,10%. Essa estimativa aproxima-se da obtida por BEVEGE (1978), citado por CAMERON *et alii* (1982), para *Pinus caribaea* e de 0,08% encontrado por HUMPHREYS (1972). Portanto, situando os plantios dos sítios estudados, neste trabalho, como deficientes em P e passíveis de responderem a adubação fosfatada.

A concentração de nutrientes nas acículas varia nas diferentes partes da planta (SHOULDERS, 1980); com a idade (FLORENCE e CHUONG 1981) com a fertilidade do solo (FLINN *et alii*, 1982); com a época do ano (MEAD e WILL, 1976) e de variedade

para variedade (van GOOR, 1965). Sendo assim, não é totalmente válido estabelecer-se comparações entre os níveis nutricionais nas acículas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 17 anos, em plantios sobre Latossolo vermelho-escuro fase arenosa, com o de outras variedades de *Pinus caribaea*, em outros locais e com diferentes idades. No entanto, as variações, apesar de significativas, geralmente não ocorrem para uma faixa extensa de valores, permitindo comparar-se valores nitidamente distintos, como o levantado para o teor de Ca neste trabalho. O nível de 0,081% de Ca, nos plantios estudados, é inferior ao estabelecido para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *caribaea* por EGUNJOBI e BADA (1979); CHIJIKE (1980); e HAAG e LA TORRACA, (1985), em diferentes idades e locais. Somente os níveis de Ca nas acículas, levantados em plantios no Estado de São Paulo, são próximos aos deste trabalho (van GOOR, 1966 ; LA TORRACA e HAAG, 1986). (Tabela 01).

Em pesquisa, também, realizada na mesma região e solo desse trabalho, por LA TORRACA e HAAG, 1986, em talhões de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* com 4 anos, foi observado gotejamento de resina e encurvamento das acículas. Esse sintoma, segundo SNOWDON (1972), está relacionado à carência de Ca em *Pinus radiata*, e pode, em casos mais severos, provocar encurvamento ou sinuosidade do tronco, como também foi observado em talhões mais jovens da variedade em Agudos, São Paulo, e, em algumas árvores do povoamento com 17 anos.

Para van GOOR (1966) o sintoma de encurvamento do pon

teiro em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, estaria associado a níveis baixos de B, entre 9-12 ppm. Segundo SNOWDON (1972), em *Pinus radiata* o nível marginal de B ocorre com teores variando entre 3-7 ppm, com os sintomas mais evidentes de gotejamento de resina nas acículas e o encurvamento ou sinuosidade do tronco, tomando a forma de W e J. Em casos extremos ocorre a morte do ponteiro e a árvore torna-se de hábito arbustivo.

O metabolismo de Ca e B, em plântulas de *Pinus radiata* mostrou estar relacionado, fazendo com que os sintomas sejam similares (SNOWDON, 1972).

Por outro lado, o sintoma de carência de Cu em plantas adultas de *Pinus radiata*, segundo WILL (1978), provoca torcedura de ramos e, em casos severos, do ponteiro. O nível médio estabelecido, neste trabalho, 3 ppm, é igual ao amostrado por HALL e RAUPACH (1963) para *Pinus radiata* com sintomas de encurvamento de ramos. Feita adubação completa com e sem Cu, ocorreu regressão nos tratamentos envolvendo Cu, sendo que a adubação completa sem Cu e NP induziam o aparecimento dos sintomas.

Como os níveis de Ca, B e Cu nas acículas dos plantios estudados estão, aparentemente, baixos, uma vez que para *Pinus caribaea* são raros os trabalhos sobre níveis críticos e sintomas de carência, fica difícil estabelecer qual ou quais nutrientes são realmente deficientes e induziria o sintoma de encurvamento dos ramos, ponteiros e tronco, observado nos talhões jovens (LA TORRACA e HAAG, 1985) e com 17 anos, na mes-

ma região e tipo de solo.

Quanto aos teores de N, K, S, Fe, Mn e Zn, amostrados nos plantios estudados, os dados da revisão da literatura não são suficientemente esclarecedores para se estabelecer comparações.

4.5 Relações entre características físico-químicas do solo e foliares e o crescimento dos povoamentos

O efeito de propriedades do solo e níveis de nutrientes nas acículas, no crescimento de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, foi estudado através de regressão múltipla (stepwise) com o objetivo de estabelecer equações que estimem o crescimento ou produtividade da espécie para a região amostrada.

Inicialmente foram analisadas as correlações simples (Apêndice II) para a seleção de variáveis de correlação significativa ao nível de 1%, em relação à altura, diâmetro e volume. Essa seleção permitiu a utilização de um número menor de variáveis no modelo "stepwise", uma vez que o número de variáveis a ser equacionada era maior que o número de observações existentes. Este fato ocorreu devido ao baixo número de sítios amostrados.

A melhor fertilidade do horizonte A dos sítios estudados foi refletida no maior número de características químicas com altos coeficientes de correlação, quando comparado com os do horizonte B. Enquanto que as características físicas tiveram um maior efeito no crescimento na profundidade de 20-40cm.

Os teores nutricionais nas acículas só apresentaram

correlações significativas para P quanto à altura e Mg para diâmetro e volume, enquanto para o teor de Fe ocorreu correlação negativa com altura, diâmetro e volume. (Apêndice II).

A dependência entre propriedades do solo pode, muitas vezes, mascarar as equações de produtividade estabelecidas por regressão múltipla (UNG, 1978, citado por BARROS, 1979), devido a efeitos de colinearidade. Na tentativa de evitar a interdependência entre as características físicas e químicas para cada profundidade e foliares, foi feita uma opção entre as variáveis interrelacionadas, com coeficientes de correlação altamente significativos (Prob. < 0,01%). Esse recurso permitiu estabelecer dois modelos de equações: (A) geral, sem exclusão de variáveis interrelacionadas e (B) selecionado com exclusão das variáveis independentes interrelacionadas (Tabela 15).

Para as três características de crescimento, altura, volume e diâmetro, as equações com uma única variável, soma de bases (horizonte A) ou cálcio (horizonte B) são coincidentes e com coeficientes de determinação expressivos, respectivamente 76,1, 83,7 e 86,5%. Sendo que para diâmetro e volume, as equações do tipo A e B são idênticas.

Segundo van GOOR (1966), avaliando a nutrição de pinheiros tropicais no Estado de São Paulo, tanto para *Pinus elliottii* como para outros *Pinus* tropicais, entre eles *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, o crescimento era sobremaneira influenciado pelos teores de Ca e Mg no solo. Uma vez que *Pinus*

caribaea var. *bahamensis* é uma espécie originária de solos com pH acima de 8,5 (GIBSON, 1982), é possível que solos com pH ácidos e pobres em bases trocáveis sejam prejudiciais ao desenvolvimento da espécie. Em levantamento realizado por BALLONI *et alii* (1978), sobre resultados obtidos com diversos experimentos de adubação com *Pinus spp*, concluíram que, para as três variedades de *Pinus caribaea* cultivadas em solo de cerrado haviam tendências positivas com relação à adubação, com ênfase ao emprego de adubos fosfatados que concentravam Ca e Mg, principalmente para *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, originário de solos calcários.

A mesma dependência ao cálcio e magnésio, em plantios de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, foi observada em ensaio de fertilização envolvendo níveis de NPK na presença e ausência de calagem, em solo de cerrado, onde a calagem e adubação fosfatada tiveram significativo efeito no crescimento (CAPITANI *et alii*, 1982).

Em outro ensaio, também em solo de cerrado, BALLONI (1984) observou que o calcário, além de ser o corretivo que proporcionou as melhores respostas no crescimento de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, seguidos de P e K, teve seu efeito mantido ao longo dos 11,5 anos, assim como K. O tratamento completo ($N_2P_2K_2$ + calagem), proporcionou incrementos de até 89% no volume.

Para diâmetro, a melhor equação com duas variáveis apresentou um coeficiente de determinação de 95,7%. Essa equa-

ção não é totalmente ideal, por incluir característica foliar o que limita sua utilização para áreas com plantios. Ainda para diâmetro, equações com variáveis químicas de difícil obtenção, como o zinco e o manganês, não são indicadas para estimar o crescimento ou produtividade dos povoamentos. Portanto, comparando-se as diferentes equações com duas variáveis para diâmetro e volume, as melhores são as associadas à soma de bases (horizonte A) e cálcio (horizonte B) (Tabela 15).

Geralmente, para regiões pequenas, onde os efeitos do clima se distribuem de forma homogênea, fatores edáficos e topográficos explicam as variações no incremento, sendo que os efeitos do relevo são indiretos, uma vez que ocorrem por variações no solo. Usualmente, as propriedades do solo mais estreitamente relacionadas com o crescimento são a umidade, aeração e o teor de nutrientes, segundo vários estudos conduzidos para relacionar fatores de sítio e de produtividade (CARMEAN, 1975).

Na maioria dos estudos sobre qualidade do sítio florestal, o parâmetro de crescimento adotado é a altura. Teoricamente, o crescimento em altura é sensível às variações do local, relativamente livre dos efeitos de densidade do plantio, e erros relacionados à estimativa do volume. O mais usual e amplamente aceito como indicador da qualidade do local é a estimativa da altura de árvores dominantes e codominantes, em relação à idade do povoamento e o incremento médio

anual (BARROS, 1979).

Considerando-se, então, a altura como expressão do sítio, tem-se que a equação que melhor estima a qualidade de sítio para *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, é a que associa o teor de magnésio no solo (horizonte A), com a porosidade total (horizonte B). Apesar de a equação 4 ter um coeficiente de determinação mais alto, 93,9%, o fato de utilizar o teor de fósforo nas acículas, limitaseu uso às áreas com plantio.

A dependência do crescimento em altura com a porosidade total no horizonte B pode ser relacionada a outras propriedades do solo não estimadas, como aeração e teor de umidade, importantes para o desenvolvimento de essências florestais (PAWLUK e ARNEMAN, 1961; CARMEAN, 1975).

Em trabalho conduzido por BARROS (1974) sobre características físico-químicas e topográficas no crescimento de *Eucalyptus alba*, características texturais associadas à porosidade total, como teor de areia e argila no horizonte B, também foram determinantes nos modelos para prever altura dominante em solo de cerrado.

Devido aos poucos sítios amostrados, foi necessário limitar o emprego de todas as variáveis independentes obtidas. No entanto, essa limitação não impediu que fossem obtidas equações aceitáveis, principalmente com duas variáveis por equação. As equações com três variáveis independentes, estabelecidas para as três características de crescimento, não melhoram o coeficiente de determinação. (Apêndice III).

Tabela 15: Análise de regressão para altura, diâmetro e volume em relação as características edáficas e nutricionais, geral (A) e direcional (B), de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 17 anos

Variáveis Independentes		Intersecção	Coeficientes	Valor F	100.R ²	F
ALTURA						
1. Magnésio	(1) A	24,33	14,28	32,75**	76,6	32,75**
2. Soma de bases	(1) B	23,26	4,63	31,91**	76,1	31,91**
3. Magnésio	(1) A=B	12,86	9,78	30,06**	87,0	14,35**
Porosidade Total	(2)		0,22			7,17**
4. Soma de bases	(1) B	15,68	3,43	69,3**	93,9	47,67**
Fósforo foliar			124,75			26,22**
DIÂMETRO						
5. Soma de bases	(1) A=B	27,05	6,17	51,55**	83,7	51,55**
6. Cálcio	(2) B	27,28	9,72	39,94**	80,0	39,94**
7. Soma de bases	(1) A	26,73	3,77	70,36**	94,0	20,98**
Cálcio	(2)		5,19			15,35**
8. Zinco	(1) B	25,16	15,34	47,53**	91,3	22,81**
Manganês	(1)		0,09			23,76**
9. Manganês	(1) B	26,89	0,08	89,18**	95,2	28,52**
Cálcio	(2)		4,74			48,39**
10. Cálcio	(2) A=B	25,85	6,41	99,29**	95,7	45,53**
Magnésio foliar			31,28			32,57**
VOLUME						
11. Soma de bases	(1) A=B	0,49	0,42	64,38**	86,5	64,88**
12. Cálcio		0,51	0,65	42,27**	80,7	42,27**
13. Soma de bases	(1) A=B	0,47	0,26	113,83**	96,2	36,27**
Cálcio	(2)		0,34			22,82**
14. Soma de bases	(1) B	+0,29	0,31	51,24**	91,9	25,44**
Porosidade total	(2)		0,01			5,99**

A = Regressão obtida utilizando todas as variáveis correlacionadas ($P < 0,01$) com a variável dependente

B = Regressão obtida com exclusão das variáveis interrelacionadas

(1) = Profundidade (0 -20 cm)

(2) = Profundidade (40-60 cm)

Segundo HANNAH (1971), trabalhos em que são relacionados fatores de solo e qualidade de local, uma equação que explique 70% ou mais das variações é aceitável, sendo que o seu valor aumenta quando possui poucas variáveis e que essas sejam facilmente determinadas. Sendo assim, apesar dos poucos sítios amostrados, em um mesmo grande grupo de solo e restrito a uma região, as equações estabelecidas com uma e duas variáveis são viáveis. No entanto, é importante observar que mesmo considerando-se características de crescimento, como diâmetro e volume, sabidamente influenciadas pelos tratamentos culturais, foram determinantes as mesmas propriedades do solo, soma de base (horizonte A) e cálcio (horizonte B), associadas ao crescimento em altura.

5. CONCLUSÕES

Os solos dos sítios estudados, situam-se, dentro dos padrões estabelecidos, como sendo ácidos e de baixa fertilidade. Essa fertilidade, reflete-se nos teores nutricionais das acículas, principalmente quanto ao baixo percentual de magnésio, com níveis inferiores aos encontrados para a espécie em outras regiões.

Os resultados das análises de variância, para as características físicas e químicas de solo estudadas, indicaram que os sítios diferiram quanto a granulometria, porosidade total, teor de fósforo, cálcio, magnésio, saturação e soma de bases, cobre, ferro, manganês e zinco.

A análise de regressão entre as variáveis do povoamento florestal e as variáveis de solo e nutrientes nas acículas, mostram que os teores de bases trocáveis na profundidade de 0-20 cm, teor de cálcio e percentual de porosidade total na profundidade de 40-60 cm, foram determinantes para a qualidade dos sítios. Características foliares como nível de

fósforo e magnésio também foram fatores importantes, apesar das limitações do emprego destes parâmetros em equações de produtividade, uma vez que ficam restritas as áreas com plantios. Deve-se considerar no entanto, que a heterogeneidade das populações e o histórico dos sítios podem também, ter influído no crescimento dos povoamentos.

Foram estabelecidas equações de produtividade com DAP e o volume sólido como variáveis dependentes, obtendo-se equações semelhantes às de altura dominante, no que se refere a influência das bases trocáveis no crescimento.

6. LITERATURA CITADA

- ABOD, S.A.; K.R. SHEPHERD e E.P. BACHELARD, 1979. Effects of light intensity, cur and soil temperatures on root regeneration potential of *Pinus caribaea* var, *hondurensis* and *P. kesiya* seedlings. *Aust. For. Res.*, 9: 173-184.
- ALBAN, D.H., 1972. The relationship of red pine site index to soil phosphorus extracted by several methods. *Soil Science Society of America Proceedings*, 36: 664-667.
- ASHTON, D.H., 1975. Studies of litter in *Eucalyptus regnans* forests. *Australian Journal Botanic*, 23: 413-433.
- BALERDI, F.; L. MULLER e H.W. FASSBENDER, 1968. Estudio del fósforo en suelos de America Central. III. Comparación de cinco métodos químicos de análisis de fósforos disponibles. *Turrialba*, 18: 348-360.
- BALLARD, R., 1974. Use of soil testing for predicting phosphate fertilizer requirements of radiata pine at time of planting. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 4: 3-118.
- BALLARD, R., 1979. Diagnosis of fertilizer requirements of forests. In: BALLARD, R. *Forest soils*; short course. Raleigh, NCSU, p. 41-54.

- BALLONI, E.A.; W.S. JACOB e J.W. SIMÕES, 1978. Resultados pessoais de experimentação desenvolvidos pelo setor de implan-
tação florestal com diferentes espécies de *Pinus*. *Bol. Inf.*
IPEF, 6: 75-87.
- BARRETT, J.W., 1973. Late results for the principle fall pon-
derosa pine spacing study. *USDA. Forest Service. Research*
Paper PNW-209. 27 p.
- BARRETT, J.W., 1978. Height growth and site index for managed
even-aged stands of ponderosa pine in the Pacific northwest.
USDA. Forest Service. Research Note SE-154.
- BARRETT, W.H.G. e L. GOLFARI, 1962. Descripcion de las nueve
variedades del pino de Caribe. *Caribbean Forester*, 23: 59-
71.
- BARRETT, R.L.; D.T. CARTER e B.R.T. SEWARD, 1975. *Eucalyptus*
grandis in Rhodesia. *Rhodesia Forestry Commission. Research*
Bulletin (6): 1-87.
- BARROS, N.F., 1974. Contribuição ao relacionamento de caracte-
rísticas pedológicas e topográficas com a altura de *Eucalyp*
tus alba na região de Santa Bárbara, MG. Viçosa, UFFV, 88 p.
(Tese de Mestrado).
- BARROS, N.F., 1979. Growth and foliar nutrient concentra -
tions of *Eucalyptus grandis* in relation to spodosol proper-
ties in South Florida. University of Florida, 173 p. (Te-
se de Doutorado).
- BARROS, N.F. e R.M. BRANDI, 1975. Influência de três espécies
florestais sobre a fertilidade de solo de pastagem em Viço-
sa, MG. *Brasil Florestal*, 6(21): 24-29.

- BASTIDE, J.G.A. la e C.P. van GOOR, 1970. Growth/site relationship in plantations of *Pinus elliottii* and *Araucaria angustifolia* in Brazil. *Plant and Soil*, 32: 349-366.
- BEATON, J.D., 1973. Fertilizer methods and applications to forestry practice. USDA. Forest Service. General Technical Report NE (3): 55-71.
- BERTOLANI, P., 1983. Programas em andamento e problemas básicos em florestas implantadas de pinheiros tropicais. *Silvicultura*, São Paulo, 8(29) 1-4.
- BEVEGE, D.I. e J.A. SIMPSON, 1973. Provenance x soil environment interaction in eight-months-old *Pinus caribaea* var. *hondurensis* under glasshouse conditions in southern Queensland In: Tropical provenance and progeny research and international cooperation. Oxford, Commonwealth Forestry Text, p. 52 - 62.
- BEVEGE, D.I. e B.N. RICHARDS, 1972. Phosphorus deficiency diagnosis. In: The Australian forest - tree nutrition conference. Canberra, Forestry and Timber Bureau, p. 349-365.
- BOWEN, G.D., 1965. Mycorrhiza inoculation in forestry practices. *Australian Forestry*, 29: 231-327.
- BOWEN, G.D., 1973. Mineral nutrition of extomycorrhizae. In: MARKS, G.C. e T.T. KOZLOWSKI, coord. Ectomycorrhizae - their ecology and physiology. New York, Academic Press, p. 151-205.
- BRADY, N.C., 1974. *The nature and properties of soils*. New York, MacMillan, 639 p.

- BRUM, E.T., 1979. Relações entre a altura dominante e fatores de sítio em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Ponte Alta do Norte, SC. Curitiba, UFPr, 176 p. (Tese de Mestrado)
- CABALA, F.P. e M.B.M. SANTANA, 1972. Comparação de extratores químicos de fósforo em solo do sul da Bahia. *Turrialba*, 22: 19-26.
- CAMERON, D.M.; S.J. RANCE e E.R. WILLIAMS, 1981. Fertilizer responses of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* on a tropical red earth. *Australian Forest Research*, 11: 35-45.
- CAMERON, D.M.; S.J. RANCE e E.R. WILLIAM, 1982. Effects of fertilizers on growth, form, and concentration of nutrient in the nudles of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the northern Territory. *Australian Forest Research*, 12: 105 - 119.
- CAPITANI, L.R.; G.E. SPELTZ e W. de O. CAMPOS, 1982a. Adubação fundamental por omissão em *Pinus oocarpa* Schiede e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barrett & Golfari, em Roraima - Minas Gerais. *Silvicultura*, São Paulo, 8(28): 231-234.
- CAPITANI, L.R.; G.E. SPELTZ e W. de O. CAMPOS, 1982b. Efeitos de calagem e adubação fosfatada no desenvolvimento de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. *Silvicultura*, São Paulo, 8(28): 235-238.
- CAPITANI, L.R.; G.E. SPELTZ e W. de O. Campos, 1982c. Efeitos de calagem e adubação fosfatada no desenvolvimento de *Pinus oocarpa* Schiede. *Silvicultura*, São Paulo, 8(28): 239-42.

- CARMEAN, W.H., 1973. Forest soils bibliography for the north central region. USDA. Forest Service. General Technical Report. NC (5), 8 p.
- CARMEAN, W.H., 1975. Forest site quality evaluation in the United States. *Advances in Agronomy*, 27: 209-269.
- CASER, B.L., 1984. Variações genéticas e interações com locais em *Pinus* tropicais e suas associações com parâmetros climáticos. Piracicaba, ESALQ/USP, 103 p. (Tese de Mestrado).
- CHIEW, F.C., 1980. Relationship between nutrient uptake and growth of *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. and gold seedlings. Malasia, Faculty of Forestry. University Pertanian, 94 p. (Tese de Bacharelado em Ciências Florestais).
- CORREIA, H.; P.A. BERUTTI e H.L. SANTOS, 1971. Adubação de *Pinus patula* em solo sob cerrado de Sete Lagoas. *Boletim IPEACO* (6), 4 p.
- CRACIUM, G., 1978. *Pinus caribaea* Morelet international provenance trials progress report, Northern Territory. In: NIKLES, D.G.; J. BURLEY e R.D. BARNES, ed. *Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, v. 1, p. 325-333.
- DIABATE, K., 1978. First results of provenance trials of *Pinus caribaea* Morelet set is in 1971 and 1972 at San Pedro (Ivory Coast). In: NIKLES, D.G.; J. BURLEY e R.D. BARNES, ed. *Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, v. 1, p. 334-341.

- DIAS, C.A. e P.V.R. ABRÃO, 1980. Adubação foliar em mudas de *Pinus taeda*. *Revista Latinoamericana de Ciencias Agrícolas*, 15: 139-147.
- DRIESSCHE, R. van den, 1974. Prediction of mineral nutrient status of tree by foliar analysis. *Botanical Review*, 40 : 347-394.
- EGEMJOBI, J.K. e S.O. BADA, 1979. Biomass and nutrient distribution in stands of *Pinus caribaea* L. in dry forest zone in Nigeria. *Biotropica*, 11: 130-135.
- FASSBENDER, H.W., 1980. *Química del suelos*. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 398 p.
- FLINN, D.W.; J.M. JAMES e P. HOPMANS, 1982. Aspects of phosphorus cycling in radiata pine on a strongly phosphorus-adsorbing soil. *Australian Forest Research*, 12: 19-35.
- FLORENCE, R.G. e P.H. CHUONG, 1974. The influence of soil type on foliar nutrient in *Pinus radiata* plantations. *Australian Forest Research*, 6(3): 1-8.
- FLORENCE, R.G. e D. LAMB, 1974. Influence of stand and site on radiata pine litter in south Australia. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 4(3): 502-510.
- GAISER, R.N. e R.W. MERZ, 1951. Stand density as a factor in estimating white oak site index. *Journal of Forestry*, 49 (8): 572-574.
- GIBSON, G.L., 1982. *Genotype - environment interaction in Pinus caribaea*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 115 p.

- GOLFARI, L.; R.L. CASER e V.P.G. MOURA, 1978. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. 2.^a aproximação. Brasília, PRODEPEF, p. 1-66. (Série técnica, 11).
- GOOR, C.P. van, 1965/66a. Investigações sobre o crescimento de plantações jovens de *Pinus elliottii* no sul do Brasil. *Silvicultura em São Paulo*, 4: 341-347.
- GOOR, C.P. van, 1965/66b. A nutrição de alguns pinheiros tropicais. *Silvicultura em São Paulo*, 4: 313-339.
- GOOR, C.P. van, 1965/66c. Classificação da capacidade da terra em relação ao reflorestamento com *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii* e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze., no Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, 4: 348-366.
- GOOR, C.P. van, 1965. Reflorestamento com coníferas no Brasil. Aspectos ecológicos dos plantios na região sul, particularmente com *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia*. *Boletim do Setor de Inventários Florestais* (9), 88 p.
- GRANHOFF, J.J., 1978. Four years development of *Pinus caribaea* Morelet in the international provenance trials of 1972 at two locations in Thailand. In: *Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees*, (1): 370-375.
- GREAVES, A., 1980. Review of the *Pinus caribaea* Mor. and *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trials 1978. C.F.I. Occasional papers (12), 89 p.
- HAAG, H.P. e S.M. LA TORRACA, no prelo. Estado nutricional de *Pinus caribaea* var. *caribaea* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na Fazenda Altamira da Direita, Município de Conde, BA.

- HAAG, H.P.; J.V.C. ROCHA FILHO e G.D. OLIVEIRA, 1978. Cicla - gem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. II. Contribuição das espécies de nutrientes na man - ta. *O Solo*, 70(2): 28-31.
- HACSKAYLO, E., 1973. Carbohydrate phyciology of ectomycorrhhi - zae. In: MARKS, G.C. e KOZLOWSKI, T.T., coord. *Ectomy - corrhizae*. New York, Academic Press, p. 227-228.
- HAGGLUND, B., 1981. Evaluation of forest site productivity . *Forestry Abstracts*, 42: 515-527.
- HAINES, S.G. e G. CLEVELAN, 1981. Seasonal variation in pro - perties of five forest soils in southwest Georgia. *Jour - nal Soil Science Society of America*, 45: 1139-143.
- HALL, M.J. e M. RAUPACH, 1963. Foliage analyses and growth res - ponses in *Pinus radiata* (D. Don) showing potassium deficien - cies in eastern Victoria. *APPITA*, 17: 76-84.
- HAMILTON, C.D., 1965. Changes in the soil under *Pinus radia - ta*. *Australian Forestry*, 29: 275-289.
- HANNAH, P.R., 1971. *Soil-site relationships for white, scoth and red pine plantations in Vermont*. Burlington, Universi - ty of Vermont. Agriculture Experiment Station, 27 p.
- HOPMANS, P.; D.W. FLINN e AEBEBLI, B.C., 1978. Evolution of soil-testing methods for predicting early growth and respon - ses to phosphatic fertilizer of *Pinus radiata* at Flywood , Victoria. *Australian Forest Research*, 8: 57-61.
- HAYWOOD, J.D., 1979. Combinations of foliar and soil applied herbicides for controlling hardwood brush. USDA. *Forest Service. Research Norte SO-247*, 3 p.

- HAYWOOD, J.D., 1983. Small topographic differences affect slash pine response to site preparation and fertilization. *Southern Journal of Applied Forestry*, 7: 145-148.
- HOOGH, R.J. de, 1981. Site-nutrition-growth relationships of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. in southern Brazil. Freiburg im Breisgau, Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs Universität, 121 p. (Tese de Doutorado).
- HOOGH, R.J. de e A.B. DIETRICH, 1979. Relação crescimento/sítio de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze em povoamentos artificiais. *Brasil Florestal* (37): 19-71.
- HUMPHREYS, P.R., 1972. Development of forest and forest industries Fiji. *Pinus caribaea* nutrition study project working document. FAO/FO: SF/FIJ-2.
- HUMPHREYS, P.R. e W.L. PRITCHETT, 1972. A soil-testing procedure for predicting foliage levels in *Pinus elliottii* in New South Wales. In: BOARDMAN, R., ed. *The Australian Forest Tree Nutritional Conference*. Canberra, Forest and Fuiler, p. 301-324.
- JACKSON, D.S.; E.A. JACKSON e H.H. GIFFORD, 1983. Soil water in deep Pinaki sands: some interactions with thinned and fertilizer *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forest Science*, 13: 183-196.
- JAKOBSEN, B.S. e T., TALSMAT, 1981. Physical environment of forest soils. *Australian Forest Nutrition Workshop*, Canberra, p. 43-55.
- JONES, J.M. e B.N. RICHARDS, 1977. Changes in the microbiology of eucalypt forest soils following reafforestation with exotic pines. *Australian Forest Research*, 7: 229-240.

- JORGENSEN, J.R.; C.G. WELLIS e L.J. MELTZ, 1980. Nutrient changes in decomposing loblolly pine forest floor. *Journal of Soil Science Society of America*, 44: 1307-1314.
- KEMP, R.H., 1973. International provenance research on Central American pines. *Commonwealth Forestry Review*, 52: 55-66.
- KHANNA, P.K., 1981. Soil analyses for evaluation of forest nutrient supply. *Australian Forest Nutrition Workshop*, Canberra, p. 231-238.
- KIEHL, E.J., 1979. *Manual de edafologia*. São Paulo, Agronômica Ceres, 262 p.
- KILMER, C.J. e L.T. ALEXANDER, 1949. Methods of making mechanical analyses of soils. *Soil Science*, 68: 15-24.
- KNIGHT, P.J., 1978. The nutrient content of *Pinus radiata* seedlings: a survey of planting stock from 17 New Zealand. *New Zealand Journal of Forest Research*, 8: 54-69.
- KRÜGNER, T.L. e M. TOMAZELLO FILHO, 1980. Efeitos dos fungos ectomicorrízicos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris* e de fertilização mineral no crescimento e sobrevivência de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* em condições de campo no litoral sul da Bahia. *IPEF* (21): 41-51.
- LAMB, A.F.A., 1973. Fast growing timber trees of the Lowland Tropics, nº 6, *Pinus caribaea*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 272 p.
- LANE, C.L., 1975. Forest stand conversion from hardwoods to pines, effects on soil nutrients, microorganisms and forest floor weight during the first seven years. *Forest Science*, 21(2): 155-159.

- LA TORRACA, S.M.; H.P. HAAG e A.J. MIGGLIORINI, 1984. Recrutamento e exportação de nutrientes por *Pinus elliotti* var. *elliotti* em latossolo vermelho escuro na região de Agudos, SP. IPEF (27): 41-47.
- LA TORRACA, S.M. e H.P. HAAG, 1986. Variações sazonais nos teores de nutrientes em acículas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* aos 4 anos de idade. (a ser publicado).
- LEE, K.E.; J.H. WARCUP e B.R. HUTSON, 1981. The soil biota. Australian Forest Nutrition Workshop, Canberra, p. 65-78.
- LEPSCH, I.F., 1980. Influência do cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus* nas propriedades químicas de solos sob cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 4: 103-107.
- LEVY, G., 1968. Utilization pratique de l'analyse foliaire dans l'étude de la nutrition d'essences forestières. Revue Forestière Française, 4: 249-263.
- LITTLE, E.L. e K.W. DORMAN, 1954. Slash pine (*Pinus elliottii*) including south Florida slash pine, nomenclature and description. Sta. Pap. Sth. East. For. Exp. Sta. (36), 84 p.
- LOOCK, E.E.M., 1950. The pines of Mexico and British Honduras a report on a reconnaissance of Mexico and British Honduras during 1947. Bul. Dep. For. S. Afr., 35, 244 p.
- LOPEZ, M.I.M.S., 1983. Influência do cultivo de *Pinus* sobre a manta orgânica e propriedades químicas de um solo sob vegetação de cerrado. Piracicaba, ESALQ/USP. (Tese de Mestrado).
- LUCKHOFF, H.A., 1964. The natural distribution, growth and botanical variation of *Pinus caribaea* and its cultivation in South Africa. Annale Univ. van Stellenbosch, 39, Ser. A.1.

- MADGWICK, H.A.I., 1983. Seasonal changes in the biomass of a young *Pinus radiata* stand. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 13: 25-36.
- MADGWICK, H.A.I., 1983. Differences in growth and weight of genotypes of pine with special reference to clones of *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 13: 115-124.
- MADGWICK, H.A.I.; P.N. BEETS; A.M. SANDBERG e D.S. JACKSON, 1983. Nitrogen concentration in foliage of *Pinus radiata* as affected by nitrogen nutrition, thinning, needle age and position in crown. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 13: 197-204.
- MALAVOLTA, E.; J.R. SARRUGE; H.P. HAAG; R. VENCOVSKI; C.F. O. SANTOS; O. VALSECHI; L.C. SCOTON e R.S.G. COELHO, 1970. The relation of the concentration of macronutrients in the substrate and in the foliage to cell wall thickness and cellulose concentration in the xylem of slash pine (*Pinus elliottii*). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, 27: 295-333.
- MARX, D.H., 1975. Mycorrhizae and establishment of trees on stripmined land. *The Ohio Journal of Science*, 75: 289-297.
- MARX, D.H., 1976. Use of specific mycorrhizal fungi on tree roots for forestation of disturbed lands. In: Conference on Forestation of Disturbed Areas, Birmingham, Apr. 14-15, p. 47-65.
- MARX, D.H.; W.C. BRYAN e C.B. DAVEY, 1970. Influence of temperature in aseptic synthesis of ectomycorrhizae by *Telephora terrestris* and *Pisolithus tinctorius* on loblolly pine. *Forest Science*, 16: 424-431.

- MARX, D.H. e B. ZAK, 1965. Effect of pH on mycorrhizal formation on slash pine in asseptic culture. *Forest Science*, 11: 66-75.
- McCLURKIN, D.C., 1970. Site rehabilitation under planted red-cedar and pine. In: YOUNGBERG, C.T., ed. *Tree growth and forest soils*. Corvallis, Oregon State University Press, p. 339-345.
- MEAD, D.J. e G.M. WILL, 1976. Seasonal and between tree variation in the nutrient levels in *Pinus radiata* foliage. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 6: 3-13.
- MENGEL, K. e E.A. KIRKBY, 1978. *Principles of plant nutrition*. Bern, International Potash Institute, 591 p.
- MEYWE, F.H., 1973. Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forest. In: MARKS, G.C. e T.T. KOZLOWSKI, coord. *Ectomycorrhizae their ecology and physiology*. New York, Academic Press, p. 79-105.
- MILLER, W.F., 1966. Annual changes in foliar nitrogen, phosphorus and potassium levels of loblolly pine (*Pinus taeda*, L.) with site and weather factors. *Plant and Soil*, 24: 369-378.
- MILLER, H.G., 1981. Nutrient cycles in forest plantations, their change with age and the consequence for fertilizer practice. *Proc. Aust. For. Nutr. Workshop*, Canberra, p.187-199.
- MUNIZ, P.J. da C.; G. BALDANZI e S. PELLICO NETTO, 1972. Ensaio de adubação em *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* no sul do Brasil. Curitiba, UFPr, 12 p.

- NICOLIELLO, N., 1983. Obtenção de resinas em regiões tropicais. *Silvicultura* (33): 27-32.
- OKO, B.F.D. e A.A. AGBOOLA, 1974. Comparison of different phosphorus extractants in soils of the western State of Nigeria. *Agronomy Journal*, 66: 639-642.
- PALMA, G. e H.W. FASSBENDER, 1970. Estudio del fósforo en suelos de la America Central. V. Uso de resinas de intercambio para evaluar a disponibilidad de P. *Turrialba*, 20: 279 - 287.
- PAULA SOUZA, D.M. e M.L. PAULA SOUZA, 1981. Alterações provocadas pelo reflorestamento de *Pinus* sp. na fertilidade de solos da região da Lapa, PR. *Floresta*, 12: 36-52.
- PATRICK, J.H. e D.W. SMITH, 1975. Forest management and nutrient cycling in eastern hardwood. USDA. Forest Service. Research Paper NE-234. 12 p.
- PIENAAR, L.V.; J.W. THENEY e B.D. SHIVER, 1983. Response to control of competing vegetation in site-prepared slash pine plantations. *Southern Journal of Applied Forestry*, 7: 38-45.
- PIMENTEL GOMES, F, 1978. *Curso de estatística experimental*. 8. ed. Piracicaba, Nobel, 430 p.
- POGGIANI, F., 1980. Florestas para fins energéticos e ciclagem de nutrientes. IPEF. *Série Técnica*, 1: 1-11.
- POGGIANI, F.; H.T.Z. COUTO e J.W. SIMÕES, 1979. Aspectos ecológicos das mini-rotações e do aproveitamento dos resíduos florestais. IPEF. *Circular Técnica*, (74), 7 p.

- POGGIANI, F.; S. ZEN; F.S. MENDES e F. SPINA FRANÇA, 1984. Ciclagem e exportações de nutrientes em florestas para fins energéticos. IPEF (27): 17-30.
- POWERS, R.F., 1976. Principles and concepts of forest soil - fertility. In: Earth Science Symposium, 1, Berkeley, p. 1-33.
- PRITCHETT, W.L., 1976. *Properties and management of forest soils*. New York, J. Wiley, 500 p.
- PRITCHETT, W.L. e J.W. GOODING, 1975. Fertilizer recommendations for pines in the southern coastal plain of the United States. *Bulletin. F.L. Agricultural Experiment Station*, Gainesville (23): 1-9.
- RAIJ, B. van, 1978. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2, 9 p.
- RAIJ, B. van, 1981. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba, Instituto da Potassa e do Fosfato EUA e Suíça, 142 p.
- RAIJ, B. van e J.A. QUAGGIO, 1983. *Métodos de análise de solos para fins de fertilidade*. Campinas, Instituto Agronômico, 32 p.
- RANCE, S.J.; D.M. CAMERON e E.R. WILLIAMS, 1982. Regressions to estimative fresh weight and dry matter production of young *Pinus caribaea* var *hondurensis* under plantation conditions. *The Malaysian Forester*, 45(2): 209-216.
- RANZANI, G., 1971. *Carta de solos da Agro-Florestal Monte Alegre*. Piracicaba, ESALQ/USP. Centro de Estudos do Solo, 82p.

- RAUPACH, M. e A.R.P. CLARKE, 1972. Deficiency symptoms, fertilizer responses and foliar level of potassium in *Pinus radiata*. *The Australian Forest Tree Nutrition Conference*, 1971. p. 136-142.
- RAUPACH, M. e M.J. HALL, 1974. Foliar levels of potassium in relation to potassium deficiency symptoms in radiata pine. *Australian Forestry*, 36: 204-213.
- RAUPACH, M.; A.R.P. CLARKE e K.M. CELLIER, 1978. Disorder symptoms of a forest of *Pinus radiata* in relation to foliar nutrient levels. *Australian Forest Research*, 8: 1-11.
- RAUPACH, M. e J.W.P. NICHOLS, 1982. Foliar nutrient levels and wood densitometric characteristics in clones of *Pinus radiata* D. Don. *Australian Forest Research*, 12:93-103.
- ROLF, G.L. e W.R. BOGGESS, 1973. Soil conditions under old field and forest cover in southern Illinois. *Soil Science Society of America Proceedings*, 37: 314-318.
- RUITER, J.H., 1969. Suspected copper deficiency in radiata pine. *Plant and Soil*, 31: 197-200.
- SALAZAR, R.F. e W. ALBERTIN, 1973. Requerimientos edáficos y climáticos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. *Turrialba*, 23: 444-450.
- SANCHEZ, P.A., 1976. *Properties and management of soils in the tropics*. New York, J. Wiley, 514 p.
- SANDS, R. 1981. Physiological response to environmental stress. *Australian Forest Nutrition Workshop*, Canberra, p. 105-115.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ/USP, 56 p.

- SHOULDERS, E., 1981. Concentration and distribution of selected elements in above-ground biomass of 8-years-old slash pine. USDA. Forest Service. General Technical Report SO-34 p. 254-258.
- SHOULDERS, E. e A.E. THIARKS, 1980. Predicting height and relative performance of major southern pines from rainfall, slope available moisture. *Forest Science*, 26: 437-447.
- SIMÕES, J.W. *et alii*, 1970. A adubação acelera o desenvolvimento inicial de plantações de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. IPEF (): 59-60.
- SIMÕES, J.W., 1973. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. cultivado em vaso. In: II Congresso Florestal Brasileiro, Curitiba, p. 112-121.
- SIMÕES, J.W.; H.A. MELLO e D. BARBIN, 1967. Efeitos da aplicação de fertilizantes minerais na formação de mudas de *Pinus elliottii* Engelman em substrato de solo de cerrado. In: 11.^a Reunião Brasileira de Cerrados, Sete Lagoas, p.
- SMITH, P.F., 1962. Mineral analysis of plant tissue. *Annual Review of Plant Physiology*, 13: 81-108.
- SNOWDON, P., 1972. Observations on boron deficiency in *Pinus radiata*. In: The Australian Forest Tree Nutrition Conference, Canberra, 1971, p. 191-208.
- SNOWDON, P., 1972. Diagnosis of boron deficiency in soils by por experiments with *Pinus radiata*. *Australian Forest Research*, 12: 217-229.
- SPAIN, A.F., 1975. Aspects of the role the soil biota. *Australian Forestry*, 38:171-176.

- SPURR, S.H., 1964. *Forest ecology*. New York, Ronald, 352 p.
- SPURR, S.H. e V.B. BURTON, 1973. *Forest ecology*. New York , Ronald, 571 p.
- SRIVASTAVA, P.B.L.; A. NARUDDIN e B.A. ZAINORIN, 1979. The response of *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* seedlings to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Plant and Soil*, 51: 215-232.
- SWITZER, G.L. e L.E. NELSON, 1972. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations eco - systems: the first twenty years. *Proceedings. Soil Science Society of America*, 36: 143-147.
- TAMM, C.O., 1964. Determination of nutrient requirements of forest stands. In: ROMBERGER, J.A. e P. MIKOLA. *International Review of Forest Research*. p. 115-170.
- TAMM, C.O., 1975. Plant nutrients as limiting factors in ecosystem dynamics. *National Academy of Sciences*, p. 123-132.
- TARRANT, R.F.; L.A. ISAAC e R.F. CHANDLER, 1951. Observations on litter fall and foliage nutrient content of some Pacific northwest tree species. *Journal of Forestry*, 49: 914-915.
- TAYLOR, B.W., 1962. The status and development of the Nicaraguan pine savannas. *Caribbean Forester*, 23: 21-26.
- THOMPSON, L.M. e F.R. TRÖEH, 1973. *Soils and soil fertility*. 3.ed. New York, McGraw-Hill, 495 p.
- TOMAZELLO FILHO, M., 1980. Influência dos fungos ectomicorrízicos *Thelephora terrestris* Ehr. Ex.Fr. e *Pisolithus tinctorius* no desenvolvimento de espécies tropicais de *Pinus*. *Piracicaba*, ESALQ/USP, 116 p, (Tese de Doutorado).

- TOMAZELLO FILHO, M. e T.L. KRÜGNER, 1980. Formação de ectomicorrizas e crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var *bahamensis* em solo de viveiro infestado artificialmente com *Thelephora terrestris* e *Pisolithus tinctorius* no litoral sul da Bahia. *IPEF* (21): 21-37.
- TOSIN, J.C., 1977. Influência do *Pinus elliottii* Engelm., da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. e da mata nativa sobre a atividade da microflora do solo. *Floresta*, 8: 73-74.
- VALADARES, J.M.A.S., 1975. Cobre em solos do Estado de São Paulo. I. Cobre total. *Bragantia*, 34: 125-133.
- VALADARES, J.M.A.S. e R.A. CATANI, 1975. Zinco em solos do Estado de São Paulo. I. Zinco total. *Bragantia*, 34: 133-140.
- VAN DEN BERG, J., 1976. Problems related to analyses of forest soil fertility. In: XVI IUFRO World Congress, Oslo, v. 1, p. 148-165.
- VAN DEN BERG, J. e VAN GOOR, C.P., 1973. Influence of fertilizers on tree growth and their interaction with factors of site. In: FAO/IUFRO International Symposium on Forest Fertilization, Paris, p. 169-180.
- VANN, J.R. e G.N. BROOKS, 1983. Forest fertilization in the south; a status report. USDA. Forest Service. *Forestry Report R8-FR2*, 10 p.
- VEIGA, A.A., 1961. Adubação em cobertura do *Pinus elliottii*. *Revista de Agricultura*, 27(1): 109-113.
- WARING, H.D., 1971. Nutritional problems in Malaysian pine plantations. FAO pilot plantation of quick growing industrial tree species. Rome, FAO.

- WARING, H.D., 1972. *Pinus radiata* and the nitrogen - phosphorus interaction. In: Boardman, R., ed. *The Australian Forest Tree Nutrition Conference*, Canberra, p. 144-160.
- WARING, H.D., 1981. Forest fertilization in Australia: early and late. *Australian Forest Nutrition Workshop*, p. 200-217.
- WEBB, L.J.; J.G. TRACEY; W.T. WILLIAMS e G.N. LANCE, 1969. The pattern of mineral return in leaf litter of tree subtropical Australian forests. *Australian Forestry*, 33: 99-110.
- WELLS, C.G. e J.R. JORGENSEN, 1975. Nutrient cycling in loblolly pine plantations. In: BERNIER, B. e Ch. WINGET, ed. *Forest soils and forest land management*. Québec, Les Presses de l'Université Laval, p. 137-158.
- WELLS, C.G. e J.R. JORGENSEN, 1978. Nutrient cycling in loblolly pine - silvicultural implications. *USDA. Forest Service. Research Paper SE-181*, p. 79-83.
- WIERSUM, K.F., 1972. Some observations on the occurrence of foxtails in young *Pinus caribaea* plantations at Turrialba, Costa Rica. *Turrialba*, 23: 362-365.
- WILDE, S.A., 1958. *Forest soils*. New York, Ronald, 537 p.
- WILDE, S.A., 1964. Changes in soil productivity induced by pine plantations. *Soil Science*, 97: 276-278.
- WILL, G.M., 1972. Copper deficiency in radiata pine planted on sands at Mangawhai forest. *New Zealand Journal of Forest Science*, 2: 217-221.
- WILL, G.M., 1978. Nutrient deficiencies in *Pinus radiata* in New Zealand. *New Zealand Journal of Forest Science*, 8: 4-14.

- WILL, G.M.; P.D. HODGKISS e H.A.I. MADGWICK, 1983. Nutrients losses from litterbags containing *Pinus radiata* litter: influences of thinning, clear filling, and urea fertilizer. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 13: 291-304.
- WIKNER, B., 1983. Distribution and mobility of boron in forest ecosystem. *Commun. Inst. For. Fenn.* (116): 131-141.
- WORLEY, J.F. e E. HACSKAYLO, 1959. The effect of available soil moisture on the mycorrhizal association of Virginia pine. *Forest Science*, 5: 267.

7. APÊNDICES

Apêndice I: Médias dos dados originais das características edáficas e nutricionais.

SITIO	P1	AG1	PH1	X1	CA1	NO1	NAL1	S1	T1	V1	CU1	ZN1	FE1	AM1	AS1	AM1	AF1	AMF1	ATI
A	4.5	1.45	4.20	0.20	0.55	0.30	3.60	0.95	4.55	20.5	0.49	0.25	26.75	33.70	1.2	23.4	44.1	6.7	73.1
B	4.0	1.30	3.90	0.21	0.20	0.85	3.25	0.25	3.30	7.5	0.54	0.14	31.15	7.20	1.9	25.3	40.6	7.0	82.0
C	3.5	1.30	4.70	0.24	0.35	0.20	3.15	0.55	3.70	15.0	0.55	0.00	19.50	26.40	0.3	16.1	60.0	9.9	86.9
D	3.0	1.05	3.75	0.44	0.15	0.10	3.25	0.35	3.40	10.5	0.47	0.14	16.30	6.10	0.7	22.6	55.1	5.7	84.1
A	6.5	1.55	3.95	0.60	0.45	0.20	3.35	0.70	4.55	16.0	0.44	0.22	25.30	24.10	0.0	15.0	56.1	9.5	81.4
B	5.0	1.35	3.25	0.40	0.20	0.25	0.25	3.50	7.5	0.40	0.11	47.05	7.75	1.4	20.6	51.7	5.6	87.5	
C	4.0	1.35	4.05	0.40	0.25	0.25	0.70	3.95	10.0	0.47	0.10	14.40	21.00	0.4	16.0	50.1	9.0	85.1	
D	3.5	1.45	3.75	0.40	0.10	0.10	5.00	0.20	5.20	4.0	0.51	0.13	21.90	4.00	0.0	22.7	57.5	4.9	85.9
A	4.5	1.50	4.10	0.27	0.50	0.25	3.25	0.35	3.90	22.5	0.41	0.20	21.05	22.05	1.0	16.3	47.1	6.7	73.4
B	4.0	1.00	3.00	0.40	0.20	0.10	3.00	0.25	4.10	6.0	0.30	0.11	30.15	6.25	1.9	20.0	50.2	4.7	85.9
C	3.0	1.15	4.05	0.40	0.25	0.15	2.70	0.50	3.20	10.0	0.50	0.12	13.30	22.30	0.4	17.0	57.2	9.6	85.0

SITIO	L1	AG1	AM1	PT1	P2	NO2	PH2	X2	CA2	NO2	NAL2	S2	T2	V2	CU2	ZN2	FE2	AM2	AS2	AM2	AF2	AMF2	AT2	L2
A	4.0	10.0	11.5	50.0	3.0	0.50	4.10	0.04	0.00	0.15	2.05	0.75	3.00	21.0	0.79	0.11	6.15	3.40	1.0	20.4	44.1	6.7	73.1	4.0
B	3.0	14.0	7.7	47.3	3.0	0.40	4.20	0.20	0.20	0.10	2.40	0.40	2.00	14.0	0.29	0.10	12.00	2.47	1.4	22.6	40.6	7.0	70.5	5.0
C	5.0	7.3	4.9	40.7	2.5	0.40	3.75	0.20	0.15	0.10	3.00	0.25	3.25	0.0	0.77	0.02	6.15	12.41	0.4	14.2	50.6	10.0	76.0	7.1
D	3.0	12.7	0.0	40.0	1.0	0.50	4.15	0.01	0.20	0.15	2.05	0.35	2.40	14.5	0.20	0.02	2.05	2.05	1.1	22.0	50.2	6.1	80.2	4.0
A	4.4	14.2	0.0	50.0	2.0	0.50	4.10	0.01	0.35	0.15	2.00	0.50	3.30	15.0	0.50	0.10	4.90	3.31	1.2	15.3	47.1	6.7	73.4	0.3
B	1.7	10.0	6.0	47.3	2.5	0.40	3.95	0.02	0.15	0.10	2.45	0.25	2.70	9.5	0.22	0.12	9.05	2.03	1.0	25.5	45.9	7.0	80.0	3.0
C	5.1	0.0	6.0	40.1	3.0	0.40	4.10	0.01	0.30	0.15	3.30	0.45	3.65	12.5	0.70	0.04	4.05	9.90	0.3	15.2	53.1	10.4	79.0	7.9
D	3.7	12.4	6.3	40.0	1.0	0.50	4.10	0.03	0.40	0.15	2.40	0.35	2.95	10.5	0.25	0.01	2.00	1.05	0.5	14.5	55.9	0.3	70.2	5.0
A	6.3	20.3	10.4	50.0	2.5	0.55	4.05	0.02	0.55	0.10	3.05	0.45	3.70	10.0	0.00	0.15	4.00	3.30	0.5	11.0	40.0	12.0	70.0	0.0
B	2.5	11.0	7.0	47.3	2.5	0.50	3.95	0.01	0.10	0.10	2.75	0.20	2.95	7.0	0.25	0.11	10.00	2.20	1.3	22.2	50.3	7.1	85.9	2.5
C	5.0	9.4	5.1	40.1	2.0	0.35	4.10	0.02	0.25	0.10	2.05	0.35	3.20	11.0	0.00	0.03	5.40	10.05	0.4	14.0	51.2	10.0	70.4	0.7

SITIO	AC2	AM2	PT2	FM	FP	FOA	FRG	FS	FX	FB	FCU	FZN	FFE	FAN	FX/FOA	FX/FRG	FX/FOA+FRG	FOA/FX
A	22.1	11.0	57.7	1.000	0.077	0.100	0.130	0.000	0.000	7.33	3.20	43.67	72.33	155.33	6.00000	5.2000	2.95000	0.147000
B	16.5	11.0	51.5	1.000	0.207	0.113	0.070	0.000	0.703	13.67	4.33	39.67	143.67	202.00	6.39000	10.3200	3.95000	0.150000
C	16.9	11.0	52.0	1.000	0.207	0.000	0.000	0.443	0.00	1.00	21.33	71.33	112.00	5.99195	5.3373	2.00000	0.190000	
D	12.7	0.0	53.7	1.000	0.073	0.273	0.000	0.000	0.510	0.33	1.67	31.33	95.67	200.67	6.90000	10.2000	4.14000	0.150000
A	20.3	10.4	59.2	1.100	0.000	0.000	0.100	0.000	0.507	9.67	4.00	39.67	61.33	153.33	7.07229	4.0017	2.00100	0.141000
B	16.4	10.9	51.5	1.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.507	11.33	3.00	23.33	67.67	125.00	6.40000	9.4000	4.40000	0.110000
C	13.1	0.4	52.6	1.100	0.073	0.070	0.000	0.000	0.503	9.33	2.67	32.33	77.33	147.00	7.75714	5.0000	3.33129	0.120000
D	15.0	0.2	53.7	1.100	0.077	0.070	0.000	0.000	0.510	0.00	2.67	26.33	102.67	207.67	7.20000	8.9474	4.01575	0.130000
A	22.5	10.2	57.7	1.200	0.077	0.000	0.000	0.000	0.600	13.33	5.33	37.67	57.33	135.33	6.75000	7.0000	3.57000	0.140000
B	11.0	7.0	53.3	1.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.600	9.33	1.33	32.67	00.67	154.67	8.10000	11.0000	0.67000	0.120000
C	16.9	0.0	52.0	1.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.533	7.33	2.67	24.00	93.67	150.00	0.00000	6.0000	3.00000	0.110000

SITIO	FOA/FX	FRG/FFE	FFE/FAN	FCU/FZN	FZN/FCU	FM/FP	FM/FX	FP/FX	FP/FRG	FRG/FOA	FM/FOA	FP/FOA
A	0.101170	2.14124	0.442675	0.000000	14.5567	14.0260	1.50024	0.113235	0.59231	0.3977	10.0000	0.77000
B	0.090000	1.40000	0.711000	0.100100	9.1617	16.2239	1.50000	0.092667	0.95714	15.5000	9.6195	0.57000
C	0.100000	1.57000	0.630000	0.000000	21.3300	15.0716	2.37000	0.151242	0.07000	12.0000	12.0000	0.77000
D	0.000000	2.70000	0.300000	0.000000	10.7000	14.0137	2.00000	0.143137	1.40000	20.0000	14.0137	1.00000
A	0.200000	2.50000	1.390000	0.100000	9.0175	14.0375	1.91012	0.130000	0.00000	9.0000	13.5000	0.00000
B	0.100000	1.40000	0.711000	0.100000	7.7767	17.2000	2.00000	0.110000	1.10000	19.0000	17.0000	1.00000
C	0.171000	1.50000	0.500000	0.000000	12.1000	15.5753	2.00000	0.130000	0.70000	12.0000	16.2000	1.00000
D	0.111000	2.00000	0.300000	0.100000	9.0114	15.0000	2.00000	0.150000	1.30000	20.0000	16.5000	1.10000
A	0.100000	2.00000	0.400000	0.100000	7.0000	15.9700	2.00000	0.120000	0.00000	15.9700	13.0000	0.00000
B	0.090000	1.70000	0.500000	0.000000	24.5000	17.1100	1.00000	0.100000	1.17000	20.1200	14.0000	0.00000
C	0.150000	1.60000	0.000000	0.111000	0.0000	14.5000	2.10000	0.150000	1.10000	14.5000	19.4000	1.33000

Apêndice II: Correlações simples entre variáveis dependentes, (altura, diâmetro e volume) e variáveis independentes edáficas e nutricionais

	V ₁	Mu ₁	mu ₁	K ₁	u ₁	Mu ₁	mu ₁	b ₁	T ₁	V ₁	u ₁	Zn ₁	Fe ₁	MN ₁	AG ₁
ALTURA	0,20 0,30	0,20 0,38	0,52 0,03	0,74* 0,01	0,70** 0,00	0,07** 0,00	0,05 0,28	0,97** 0,00	0,42 0,17	0,83** 0,00	0,33 0,22	0,28** 0,00	-0,52 0,03	0,75 0,00	-0,43 0,10
DIÂMETRO	0,46 0,13	0,27 0,39	0,65 0,02	0,71* 0,01	0,88** 0,00	0,06** 0,00	0,02 0,95	0,91** 0,00	0,41 0,18	0,82** 0,00	0,39 0,21	0,83** 0,00	-0,19 0,55	0,83** 0,00	-0,18 0,53
VOLUME	0,44 0,15	0,31 0,33	0,63 0,03	0,74* 0,00	0,80** 0,00	0,09** 0,00	0,04 0,91	0,93** 0,00	0,44 0,15	0,84** 0,00	0,39 0,21	0,85** 0,00	-0,27 0,39	0,83** 0,00	-0,25 0,43
ALTURA		AF ₁	AMF ₁	AT ₁	L ₁	AC ₁	AA ₁	PT ₁							
DIÂMETRO															
VOLUME															
ALTURA	0,03 0,93	0,54 0,07	0,38 0,22	-0,29 0,36	0,80** 0,00	0,38 0,22	0,56 0,06	0,74 0,01	0,78** 0,00	0,58* 0,05	0,75* 0,01	0,24 0,45	-0,56 0,06	0,21 0,59	-0,24 0,45
DIÂMETRO	0,34 0,28	0,43 0,16	0,27 0,39	-0,01 0,97	0,89** 0,00	0,31 0,33	0,45 0,14	0,85** 0,00	0,77** 0,00	0,69* 0,01	0,74* 0,01	0,44 0,15	-0,25 0,44	0,09 0,77	0,17 0,60
VOLUME	0,26 0,41	0,50 0,10	0,31 0,33	-0,07 0,82	0,90** 0,00	0,33 0,29	0,49 0,10	0,85** 0,00	0,80** 0,00	0,68* 0,01	0,75* 0,01	0,42 0,17	-0,33 0,29	0,10 0,75	0,07 0,52
ALTURA		AF ₂	AMF ₂	AT ₂	L ₂	AC ₂	AA ₂	PT ₂							
DIÂMETRO															
VOLUME															
ALTURA	0,24 0,45	0,78** 0,00	0,02 0,94	0,67* 0,07	0,09 0,77	-0,04 0,90	-0,21 0,51	0,35 0,26	0,40 0,19	-0,73** 0,01	-0,17 0,59				
DIÂMETRO	0,10 0,76	0,58* 0,04	0,33 0,29	0,86** 0,00	-0,03 0,92	0,28 0,38	-0,23 0,93	0,51 0,09	0,60 0,04	-0,59* 0,04	-0,27 0,39				
VOLUME	0,15 0,64	0,66* 0,02	0,27 0,39	0,83** 0,00	-0,01 0,97	0,22 0,50	-0,07 0,85	0,49 0,11	0,53 0,05	-0,65* 0,02	-0,25 0,43				

Apêndice III: Análise regressão para altura, diâmetro e volume em relação às características edáficas e nutricionais, geral (A) e direcional (B). ((1) = profundidade de 0-20 cm (2) = profundidade de 40-60 cm)

Variáveis Independentes		Intersecção	Coeficientes	Valor F	100.R ²	F
ALTURA						
1. Cálcio	(1) A	12,97	-11,14	31,53**	92,2	9,21*
Soma de bases	(1)		9,21			18,68**
Porosidade total	(2)		0,23			9,01**
2. Soma de bases	(1) B	13,41	3,10	44,76**	94,4	23,31**
Porosidade total	(2)		0,06			0,68NS
Fósforo foliar			113,29			15,84**
DIÂMETRO						
1. Soma de bases	(1)	26,04	1,95	111,38**	97,7	6,83*
Cálcio	(2)		5,18			34,79**
Magnésio foliar			20,78			12,57**
VOLUME						
1. Soma de bases	(1) A	0,44	0,19	111,62**	97,7	14,00**
Cálcio	(2)		0,33			32,92**
Magnésio foliar			0,88			5,04NS
2. Soma de bases	(1) B	0,56	0,20	127,07**	97,9	22,91**
Cálcio	(2)		0,35			41,00**
Cálcio/Magnésio foliar			-0,05			6,8*