EFEITOS DA FERTILIZAÇÃO MINERAL SOBRE O
DESENVOLVIMENTO DO *Pinus caribaea* MORELET VAR.
bahamensis (GRISEB) BARRET ET GOLFARI EM SOLO
DE CERRADO DO ESTADO DE SÃO PAULO

EDSON ANTONIO BALLONI
Engenheiro-Florestal

Orientador : Prof. Dr. HELLADIO DO AMARAL MELLO

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho, 1984

Aos meus pais, *Eunice e Emílio*,
eterna gratidão.

À minha esposa *Ceci* e
meus filhos *Mariana e*
João dedico.

A G R A D E C I M E N T O S

Ao *Prof. Dr. HELLADIO DO AMARAL MELLO*, pela orientação na realização deste trabalho, e pela participação decisiva nos rumos de minha carreira profissional.

Ao *Prof. Dr. PAULO YOSHIO KAGEYAMA*, pelas sugestões e apoio na realização deste trabalho.

Ao *Prof. Dr. LUIZ ERNESTO GEORGE BARRICHELLO*, pelas sugestões e apoio nas análises tecnológicas da madeira.

A *CHAMPION CELULOSE E PAPEL S/A*, pela instalação, condução da experimentação e apoio no levantamento dos dados.

Ao *Engº Agrº NELSON BARBOZA LEITE*, meu maior incentivador.

Ao *INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS*, pela cessão das informações.

Aos *Engenheiros Florestais WALTER SALLES JACOB, ADMIR LOPES MORA E GILMAR BERTOLOTI* pelo auxílio na coleta dos dados.

Ao Dr. FRANCISCO KRUGUER e Sr. VINÍCIOS FERRAZ, pelas análises de tecido e de solos.

Ao Sr. DIRLEY W. SENNE, pela dedicação e eficiência na análise estatística dos dados.

A Sra. MARIA ALICE METZKER POGGIANI, pelo auxílio no ordenamento da literatura citada.

Ao Sr. PAULO R. MARTINS e Sra. JOSEFA G. ROMERO F. MARTIN, pela prestativa colaboração na elaboração dos gráficos e datilografia.

À RIPASA S/A. CELULOSE E PAPEL, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Í N D I C E

	Pág.
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	4
2.1. Importância da Fertilização Mineral em Florestas	4
2.2. Identificação da Necessidade de Adubação	6
2.2.1. Sintomas visuais	6
2.2.2. Análise de Solo	8
2.2.3. Análise de Tecidos	11
2.2.4. Experimentação	16
2.3. Parâmetros Influenciados pelo Uso de Fertilizantes ...	18
2.3.1. Altura	19
2.3.2. Diâmetro (D.A.P.) ¹	20
2.3.3. Uniformidade	20
2.3.4. Conicidade do fuste	21
2.3.5. Qualidade da madeira	22
2.3.6. Outros	23
2.4. Efeitos Residual dos Fertilizantes	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Material	26
3.1.1. Origem das sementes e produção das mudas	26
3.1.2. Localização da área experimental	26
3.1.3. Clima	27
3.1.4. Solo	27
3.1.4.1. Resultados analíticos	28
3.1.4.2. Morfologia do solo	33
3.1.5. Preparo do solo.....	34

	Pág.
3.1.6. Fertilizantes	34
3.2. Métodos	35
3.2.1. Planejamento e instalação do ensaio	35
3.2.2. Coleta de dados do ensaio	36
3.2.2.1. Parâmetros dentrométricos	36
3.2.2.2. Análise foliar	37
3.2.2.3. Densidade da madeira	38
3.2.3. Análise Estatística dos Dados	38
3.2.4. Correlações	40
3.2.5. Custo Médio de Produção	40
4 - RESULTADOS	41
4.1. Análise do Solo	41
4.2. Análise Foliar	43
4.3. Crescimento da Floresta	43
4.4. Custo de Produção	50
4.5. Densidade da Madeira	52
5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	53
5.1. Crescimento da Floresta	53
5.2. Efeito Residual dos Fertilizantes	62
5.3. Custo de Produção	73
5.4. Densidade Básica da Madeira	74
6 - CONCLUSÕES	77
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APÊNDICE	91

EFEITOS DA FERTILIZAÇÃO MINERAL SOBRE O DESENVOLVIMENTO
DO *Pinus caribaea* MORELET VAR. *bahamensis* (GRISEB)
BARRET ET GOLFARI EM SOLO DE CERRADO DO
ESTADO DE SÃO PAULO

Autor: Edson Antonio Balloni

Orientador : Helládio do Amaral Mello

RESUMO

Visando fornecer subsídios à nutrição mineral dos *Pinus* originados nas regiões tropicais, foi instalado um experimento de fertilização mineral em um solo classificado como latosol vermelho amarelo fase arenosa, no município de Casa-Branca- SP, cujo clima é do tipo Cwa, segundo o sistema de Köppen.

O ensaio foi instalado em 1968, no espaçamento 3,0 x 2,0 m e obedeceu a um esquema fatorial 3 x 3 x 3 x 2 para N,P,K e calcário apresentando 2 repetições. As parcelas foram constituídas de 36 plantas isoladas por uma bordadura dupla, fazendo com que o experimento ocupasse uma área total de 64.800 m².

As doses de N foram: zero, 30 e 60 kg/ha, aplicados na forma de sulfato de amônio; as doses de P₂O₅ foram: zero, 50 e 100 kg/ha, aplicados na forma de superfosfato simples;

as doses de K₂O foram: zero, 20 e 40 kg/ha, aplicados na forma de cloreto de potássio, enquanto que o calcário magnésiano foi aplicado nas doses: zero e 3 t/ha.

O experimento foi avaliado com 3,2; 4,3; 5,2; 6,0; 7,0 e 9,1 anos de idade, onde se mediu os crescimentos em DAP e altura, bem como, a porcentagem de falhas do plantio. Aos 11,5 anos de idade, foi feita a avaliação final, onde além dos parâmetros avaliados nas medições anteriores, foram determinados os fatores de forma das árvores, coletado acículas para análise foliar, retirado discos para caracterização da densidade da madeira e coletado solo de alguns tratamentos.

As análises estatísticas dos dados de crescimento foram realizadas somente para 3 idades: 3,2; 7,0 e 11,5 anos. As demais avaliações foram utilizadas nos estudos dos efeitos residuais dos fertilizantes.

Da discussão dos resultados, tirou-se algumas conclusões, a seguir resumidas:

- . A fertilização promoveu alteração no desenvolvimento das árvores, afetando de forma mais pronunciada o DAP que a altura.
- . O N não promoveu qualquer alteração no crescimento, enquanto, que o calcário foi o fertilizante que proporcionou as respostas mais pronunciadas, seguidas do P e do K.

- . O efeito da aplicação do calcário e do K, vem sendo mantido até 11,5 anos de idade, enquanto que o efeito do P, apesar de se manter significativo, vem decaindo com a idade.
- . O tratamento 0001 (3 t/ha de calcário) proporcionou um incremento de 61% no volume, quando comparado à testemunha (0000) e foi um dos tratamentos de menor custo por m³ produzido.
- . O tratamento completo (2221) proporcionou um incremento de 89% no volume quando comparado à testemunha (0000) se constituindo no melhor tratamento da experimentação.

A densidade básica da madeira sofreu alterações significativas com a adubação, sendo reduzida pela presença do calcário e K e não influenciada pelo P.

EFFECTS OF MINERAL FERTILIZATION ON THE *Pinus caribaea*
 MORELET VAR. *bahamensis* (GRISEB) BARRET ET GOLFARI
 DEVELOPMENT IN CERRADO SOIL OF
 SÃO PAULO STATE.

Author: Edson Antonio Balloni

Advisor: Helládio do Amaral Mello

SUMMARY

The aim of this work was to study the effects of mineral nutrition on tropical *Pinus*. A fertilization trial set up in red-yellow latosol sandy phase soil in Casa Branca - SP., Brasil. The climate prevailing in this region is of cwa type according to koppen's system.

The trial consisting of two replicates, was set up in 1968 in a 3,0 x 2,0 m spacing using a 3 x 3 x 3 x 2 factorial desing for N, P, K and lime. The plots contained 100 plants with double border, in a total area of 64,800 m².

The N doses (in the form of ammonium sulphate) were: zero, 30 and 60 Kg/ha; P₂O₅ doses (in thr form of simple superphosphate) were: zero, 50 and 100 Kg/ha; K₂O doses (in the form of potassium chloride) were: zero, 20 and 40 Kg/ha, and dolomitic lime doses were: zero and 3 tons./ha.

The trials were evaluated through the DBH and height growth and tree surviwal percentage when trees had reached 3.2, 4.3, 5.2, 6.0, 7.0 and 9.1 years of age. In a final evalua-

tion carried out at 11.5 years, the previous variables (parameters) were determined as well as the tree form factor; needles were collected for analysis; discs were removed to determine wood density and soil was collected from some experiments,

The statistical analyses relating to growth data were determined for only three ages: 3.2, 7.0 and 11.5. The remaining evaluations were used in the studies relating to the residual effects of the fertilizer.

According to the results, it was possible to conclude:

- a. The fertilization brought about significant changes in tree development. These changes were more marked in DBH than in height
- b. The N did not promote growth alterations, whereas lime rendered the most significant responses, followed by P and K.
- c. The effects of lime and K application prevailed up to 11.5 years of age. Although significant, the effects of P applications decrease with age.
- d. The 0001 treatment (3 tons/ha of lime) provided 61% volume increase over control (0000), and was of the least costly treatments according to m^3 produced.
- e. The complete treatment provided 89% volume increase over control (0000) proving to be the best trial treatment.
- f. The wood basic density underwent significant changes with the fertilization. The wood basic density was reduced by the applications of lime and K, while P did not exert any influence in this respect.

1. INTRODUÇÃO

O reflorestamento econômico se consolidou no País graças aos incentivos fiscais e a evolução técnica alcançada pela silvicultura brasileira, bem como pela introdução dos notáveis gêneros vegetais, *Pinus* e *Eucalyptus*.

A introdução de centenas de espécies e procedências desses dois gêneros permitiu que se selecionasse aquelas de maior potencial, as quais vem sustentando e impulsionando os programas atuais de reflorestamento.

A escassez de madeira de *Araucaria angustifolia* O. Bertz (Pinheiro-brasileiro) e o bom crescimento nas mais diferentes condições de solo e clima, fez com que o gênero *Pinus* ocupasse uma posição de destaque nos programas de reflorestamento. Nos últimos cinco anos mais de 100.000 ha de *Pinus* vêm sendo plantados anualmente (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE, 1983) desde o Rio Grande do Sul, passando pelo planalto de Santa Catarina em condições temperadas, e indo até o hemisfério

norte em condições tropicais úmidas e semi-áridas.

A possibilidade do plantio das espécies tropicais de *Pinus* fornece amplas possibilidades de um aproveitamento econômico de novas áreas já que, segundo GOLFARI *et alii* (1978), aproximadamente 50% do território nacional se mostra com potencial para os plantios de tais espécies. A interação dessa ampla variação de ambientes com as espécies mais promissoras de pinheiros tropicais, ou seja, as três variedades de *P. caribaea* Morelet, o *P. oocarpa* Schiede e o *P. Kesiya* Royle ex Gordon, obtidas nas experimentações de introdução de espécies e procedências e nos reflorestamentos iniciais, trouxe algumas indagações, as quais abriram um amplo espectro de áreas a serem pesquisadas. Dentre as questões surgidas, inclui-se a necessidade de adubação de algumas espécies de *Pinus*. Apesar do gênero ser considerado pouco exigente quanto à fertilidade do solo, níveis diferenciados de produção têm sido observados quando se plantam algumas espécies em condições distintas de solo.

A existência de poucos estudos detalhados e profundos sobre a fertilização mineral de *Pinus*, que trouxessem respostas palpáveis e seguras às nossas condições, fez com que a maioria das empresas não adotasse a adubação como prática em seus plantios comerciais.

O *P. caribaea* Morelet var. *bahamensis* (Griseb), Barret et Golfari, é uma das espécies tropicais cujos conhecimentos sobre suas exigências nutricionais são bastante escassos.

Considerando que tal espécie é originada de solos calcários das Ilhas Bahamas (LUCKHOFF, 1964; LAMB, 1973), e que as áreas climáticas potenciais para seu plantio em nossas condições são os solos ácidos e pobres dos cerrados brasileiros, o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) instalou um ensaio de adubação com a espécie, o qual será objeto deste estudo.

O presente trabalho, cujos resultados preliminares de crescimento em altura foram apresentados por SIMÕES *et alii* (1970), tem como objetivos:

- a) Estudar o efeito das diferentes doses dos nutrientes, bem como suas interações sobre o crescimento em altura, diâmetro, sobrevivência das plantas e volume de madeira produzido;
- b) Estudar o efeito dos fertilizantes sobre a densidade básica da madeira;
- c) Estudar o efeito residual dos fertilizantes aplicados ao plantio sobre o desenvolvimento da floresta até os onze anos de idade.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da Fertilização Mineral em Florestas

Segundo HUGHES e BOYD (1973), os fatores ambientais se subdividem entre aqueles em que o homem não possui meios de alterá-los significativamente de maneira econômica, e aqueles em que a intervenção humana é perfeitamente viável, e até necessária. Dentre os fatores mutáveis pela intervenção humana, cita-se como uma das principais alternativas para se conseguir um acréscimo de recursos florestais o emprego de fertilizantes minerais (BAULE 1975), os quais alterarão os níveis de fertilidade do solo, de acordo com as exigências nutricionais da espécie arbórea a ser cultivada, "adaptando o solo à planta" (EPSTEIN, 1972).

É importante salientar que o emprego de fertilizantes minerais, por si só, sem a observação de outras técnicas de implantação e manejo florestal, pode não fornecer os resultados esperados, principalmente em regiões tropicais e sub-

tropicais (WARING, 1976).

O estudo de fertilização mineral em florestas é relativamente recente, sendo que os primeiros ensaios foram conduzidos na França, por volta de 1847, obtendo-se ganhos apreciáveis no desenvolvimento das árvores (BAULE and FRICKER, 1970). Após 1930 tiveram início os primeiros estudos sobre fertilização em florestas nos Estados Unidos, com a instalação de alguns ensaios de campo na região Sul do País (Bengston, 1968, citado por BEATON, 1973).

No Brasil, a preocupação com o reflorestamento econômico, se iniciou a partir da primeira década do século atual, com a introdução do *Eucalyptus* pela Cia. Paulista de Estradas de Ferro (ANDRADE, 1961). Posteriormente, por volta de 1930, foram introduzidas, no Estado de São Paulo, algumas espécies do gênero *Pinus*, as quais, juntamente com os *Eucalyptus*, passaram a ser cultivadas por todo o Estado e região Sul do Brasil, onde as florestas de *Araucária angustifolia* começavam a se escassear.

O conhecimento das exigências nutricionais dos referidos gêneros em nossas condições são escassos e muitas vezes limitados à poucas espécies em condições específicas de solo, já que os primeiros trabalhos sobre nutrição em florestas começaram a surgir por volta de 1960, através do trabalho de BRASIL SOBRINHO *et alii* (1960), sendo que nessa época havia, por parte dos reflorestadores, uma resistência muito grande com relação à aplicação de fertilizantes minerais. Atualmente, es

tima-se que todo o reflorestamento feito no Brasil com *Eucalyptus*, ou seja, por volta de 300.000 ha/ano, recebe de 50 a 300 kg/ha de fertilizante NPK, com predominância das fórmulas 10:28:6, 6:30:6 e 5:30:10.

2.2. Identificação da Necessidade de Adubação

O aumento da produtividade é, evidentemente, a meta básica da aplicação de fertilizantes. A relação entre todos os benefícios da fertilização e o custo de sua aplicação de vem ser positivos para justificar a sua aplicação. Portanto, a identificação da necessidade de se usar mais ou menos fertilizantes, ou mesmo não de usá-lo, deve se fundamentar em informações precisas e seguras.

Existem algumas formas indiretas que auxiliam na identificação de sintomas que poderão ser sanados pela adubação. Ocorre, porém, que nenhuma delas por si só poderá, com se gurança, orientar a fertilização se não estiver acompanhada de uma experimentação a nível de campo.

2.2.1. Sintomas visuais

As deficiências minerais promovem alterações no metabolismo das plantas, as quais frequentemente modificam os aspectos morfológicos e anatômicos, caracterizando de maneira visível muitas dessas deficiências. Entretanto, este tipo de

diagnose é bastante duvidoso, não podendo por si definir a causa do problema, haja visto que as cloroses, os sintomas mais vulgarmente observados, podem ser causados por outros fatores que não as deficiências minerais (KRAMER e KOSLOWSKI, 1960 e BALLARD, 1979). Excesso de nutrientes, deficiência hídrica, ataque de pragas e/ou doenças, são algumas das causas de cloroses que podem ser confundidas com deficiência mineral.

O fato do sintoma se exteriorizar somente depois da planta sofrer uma considerável diminuição do crescimento é, segundo BALLARD (1979), uma das principais limitações para o uso desse artifício, visando à correção através da adubação.

Não resta dúvida de que os sintomas visuais são a forma mais prática e rápida de se detectar uma deficiência nutricional. Entretanto, apesar das limitações já citadas, boas indicações poderão ser obtidas segundo TAMM (1964), desde que o técnico seja bastante treinado e experiente e, sempre que possível, possa contar com o auxílio de uma análise foliar.

Existem diversos trabalhos que descrevem a função e a sintomatologia das deficiências nutricionais das essências florestais, dentre os quais estão os de KRAMER e KOSLOWSKI (1960); MELLO *et alii* (1960); SAVORY (1962); MALAVOLTA *et alii* (1964); além de mais onze outras citações feitas por TAMM (1964); KAUL *et alii* (1966); HACSKAYLO *et alii* (1969); BAULE and FRICKER (1970).

2.2.2. Análise de Solo

As árvores utilizam o solo como substrato e, por tanto, pareceria razoável que uma análise do teor de nutrien - tes minerais do solo se constituísse num bom indicador da sufi ciência de nutrientes para o suprimento das mesmas (KRAMER e KOSLOWSKI, 1960). Muito embora as análises de solo sejam bas - tante úteis para determinar as necessidades nutricionais da maioria das culturas agrícolas, as mesmas têm demonstrado um valor bastante limitado para indicar a real disponibilidade de nutrientes para florestas (Leaf, 1968, citado por BEATON, 1973, BAULE e FRIECKER, 1970; VAN DEN BURG e VAN GOOR 1973), sendo in - clusive difícil de se delimitar claramente um limite entre as análises químicas e a fertilidade do solo florestal (VAN DEN BURG, 1976).

Uma das razões da afirmação acima se deve à me - todologia empregada na extração de amostras dos solos flores - tais para análise, a qual tem sido a mesma utilizada para ou - tras culturas agrícolas, não sendo observadas as diferenças de extensão e profundidade dos sistemas radiculares das árvores , os quais permitem a exploração de um cubo de solo bastante va - riável e superior ao das culturas agrícolas (WARING e YOUNG - BERG, 1972; Ralston, 1964, citado por POWERS, 1976). MELLO (1968), trabalhando com *E. saligna* em solos de cerrado, verifi cou que raízes finas, logo aos dois anos de idade, podiam ser encontradas até 2.40 m de profundidade, dando uma idéia de di -

mensão do cubo de solo explorado pela árvore, indicando que, talvez, fosse necessário coletar amostras a maiores profundidades.

Outro fator que limita o uso das análises de solo convencionais diz respeito aos extratores utilizados. Os extratores utilizados para determinação da fertilidade dos solos para culturas agrícolas, na maioria das vezes, não são compatíveis com a menor exigência nutricional das culturas florestais (BALLARD, 1979). Também existe, para certas espécies, uma maior capacidade de extrair nutrientes do solo, em função da associação das raízes com micorrizas (VAN DEN BURG e VAN GOOR, 1973). Continuando, os autores citados, salientam que para fósforo e potássio os teores totais extraídos do solo dão uma melhor indicação de disponibilidade para as árvores do que outros índices de disponibilidade, enquanto que o mesmo já não pode ser afirmado para o caso nitrogênio. Por essas razões, e devido ao caráter empírico das análises de solo para florestas, esses autores dão um valor bastante restrito a esse tipo de diagnose.

BALLARD (1974), trabalhando com *P. radiata* na Nova Zelândia, verificou que quando os solos tinham teores de fósforo inferiores a 12 ppm na superfície, extraídos através do método Bray 2, era necessário uma adubação fosfatada para a espécie. Esse método passou a ser usado rotineiramente naquele País para determinação do nível de fósforo dos solos para reflorestamento. Em outro trabalho, BALLARD (1978a) verificou que os teores de cátions trocáveis (K, Mg e Ca) dos solos flores -

tais eram mais bem determinados quando se usava o método Bray-2, ao invés da extração com NH_4OAc . HOPMANS *et alii* (1978) confirmaram a eficiência do método Bray-2, para determinação do fósforo no solo para plantio de *P. radiata*.

O H_2SO_4 0,05N', H_2SO_4 0,5N, H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N, são os extratores mais comuns para determinação de fósforo para fins agronômicos em nossas condições. Esses extratores, entretanto, carecem de estudos para verificar se os mesmos estão compatíveis com as necessidades de fósforo das culturas florestais feitas no Brasil. Mais recentemente, NOVAIS *et alii* (1983) verificaram que os níveis de fertilidade de solo, adotados pelos laboratórios do Estado de Minas Gerais, para recomendação de corretivos e adubos não são totalmente aplicáveis à cultura de eucalipto. Os mesmos autores verificaram que as mudas de eucalipto se mostraram bem mais exigentes a P que as demais culturas, enquanto que suas exigências quanto aos outros nutrientes foram bem inferiores.

Do anteriormente exposto, fica claro a necessidade do desenvolvimento de metodologias para coleta e análise de solos florestais, de tal sorte que essa técnica passe a ser uma "ferramenta" auxiliar de extrema utilidade, não só de caráter prático, mas também científico, nos estudos de adubação.

2.2.3. Análise de Tecidos

Dentre os tecidos vegetais, a análise das folhas é a mais comumente usada, haja visto ser esse órgão um indicador relativamente sensível das deficiências verificadas no suprimento de nutrientes às árvores (KRAMER e KOSLOWSKI, 1960). A análise foliar tem mostrado certas vantagens sobre o diagnóstico visual e as análises de solo, pelo fato da árvore ser o melhor integrador dos fatores que afetam o nível de nutrientes (BALLARD, 1979). Entretanto, o teor de nutrientes das folhas nem sempre constitui um bom índice das necessidades reais da planta. Os mesmos poderão, com precauções e dentro de certos limites, servirem como bons indicadores do estado nutricional da planta (KRAMER e KOSLOWSKI, 1960; BEATON, 1973; POWERS, 1976). Por outro lado, as contribuições fornecidas por este tipo de teste o auxílio de recomendações sobre os níveis adequados de fertilizantes a serem aplicados na correção de uma deficiência, são relativamente pequenas (POWERS, 1976).

A análise foliar é uma importante ferramenta quando se tem padrões comparativos, ou seja, quando se conhece quais os níveis adequados das diferentes espécies, em diferentes regiões, tendo em vista que os níveis adequados de um nutriente na folha de uma determinada espécie difere de uma região para outra (KRAMER e KOSLOWSKI, 1960).

VAN GOOR (1965/66), trabalhando com diversas espécies de *Pinus* plantadas no Estado de São Paulo, não encon -

trou nenhuma relação entre os teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas acículas com o crescimento das espécies estudadas. Por outro lado, conforme já ressaltado anteriormente, o crescimento de todas as espécies estudadas estava relacionado com teor de magnésio nas acículas. Tal fato, pode ser parcialmente explicado, pois, segundo SWITZER e NELSON (1973), as demandas de nitrogênio, fósforo e potássio pelo *P. taeda* são maiores durante o período de formação da floresta, diminuindo abruptamente quando ocorre a estagnação do crescimento. Por outro lado, segundo os mesmos autores, as demandas de cálcio, magnésio e enxofre, também atingem níveis máximos nas idades jovens, mas seus períodos de máxima demanda são mais prolongados que do N, P e K. Portanto, resta saber, para as condições tropicais, quais os períodos de maior demanda dos diferentes nutrientes pelas diferentes espécies arbóreas.

Segundo BALLARD (1978b), quando o *P. radiata* entra numa fase de rápido crescimento (aproximadamente aos três anos de idade), a concentração de fósforo nas folhas cai drasticamente. Mesmo as altas taxas de fertilização fosfatada são incapazes de manter o nível foliar desse elemento acima de um mínimo necessário para um crescimento vigoroso da espécie (0,12%P). Prosseguindo, o mesmo autor afirma, com base em dados próprios e em dados da literatura, que os teores de fósforo nas acículas só mostram correlação com o crescimento, em estudos de fertilização, até 3 a 4 anos de idade. Os resultados foram semelhantes quando se trabalhou com boro em algumas re-

giões da Nova Zelândia.

GRUTCHFIELD (1974) também verificou, para *P. taeda*, que 0,11% de fósforo nas acículas se constituía o limite aceitável para um crescimento rápido da espécie até 3 anos de idade. Já aos 5 anos esse limite baixou para 0,09% de P.

VAN GOOR (1965/66) considera que é possível melhorar o crescimento das diversas espécies de *Pinus*, através da fertilização fosfatada, quando o teor de fósforo nas acículas for menor que 0,10% e houver um teor suficiente de bases trocáveis no solo. Para as três variedades de *P. caribaea*, os estudos nutricionais estão praticamente se iniciando e os resultados são bastante escassos (LAMB, 1973).

A interpretação dos resultados das análises foliares exige certos cuidados, pois, a planta pode estar com sintomas característicos da deficiência de um nutriente, e as análises revelarem altos teores deste elemento nas folhas. KRAMER e KOSLOWSKI (1960) e MALAVOLTA *et alli* (1974) citam que plantas cloróticas por deficiência de ferro podem apresentar altos teores do elemento nas folhas, mas de uma forma não utilizável pelas plantas.

Evers (1973), citado por SMITH e GODDARD (1973), fez uma advertência aos técnicos florestais sobre os enganos decorrentes de análises foliares, devidos à variabilidade existente entre as plantas de uma mesma espécie quanto à capacidade de absorção dos diferentes nutrientes. Esse fator leva à adoção de critérios distintos de amostragem de folhas para aná

lise, tornando-se difícil a comparação entre os resultados apresentados por diferentes autores.

Não somente entre árvores, mas também dentro da árvore, não existe uma distribuição uniforme dos elementos (Jones e Steyn, 1973, citados por VAN DEN BURG, 1976). Assim, surge o problema: coleta-se parte do órgão ou o órgão completo ? Muitas vezes o órgão pode ser subdividido, analisando-se separadamente suas diferentes partes, como no caso da determinação de deficiências de Mg e K nas partes verdes e nas partes amareladas de acículas (ZOTTL, 1973). As deficiências de nutrientes podem, muitas vezes, ser verificadas pela comparação da concentração de um nutriente específico nas diferentes partes das plantas (JONES e STEYN, 1973). Entretanto, os referidos autores citam algumas dúvidas que podem ocorrer com relação à idade da folha a ser coletada, no caso de algumas deficiências que se iniciem pelas folhas mais velhas progredindo posteriormente para as mais novas.

Com relação a posição sociológica da árvore no povoamento, Leaf (1973), citado por VAN DEN BURG (1976), recomenda as dominantes. Isto é recomendável como regra geral, entretanto, em talhões onde a deficiência nutricional não ocorre uniformemente, a comparação entre árvores sadias e deficientes deve ser realizada preferencialmente à posição sociológica das árvores.

Supondo que se amostrem tecidos semelhantes das árvores de um talhão, é evidente que, de acordo com a disponi-

bilidade de recursos e do programa de pesquisa, um número de árvores tão pequeno quanto possível deve ser amostrado, sem o risco de que verdadeiros valores estatísticos (determinados por uma amostra composta de folhas de uma mesma árvore) difira muito dos valores reais. Na prática, um número de 8 a 10 árvores é considerado suficiente para uma regular estimativa dos teores de macronutrientes (Wells 1968; Tamui, 1964; Barnes e Bengston, 1968, citados por VAN DEN BURG 1976). Esse número pode ser muito pequeno, dependendo da precisão desejada e do elemento analisado. Enquanto que, para a determinação do teor de nitrogênio em *P. resinosa*, com 95% de probabilidade de acerto, seriam necessárias 10 árvores, para o potássio seriam necessárias 55, mostrando a maior variabilidade desse elemento de árvore para árvore, (Leaf, 1973, citado por VAN DEN BURG, 1976).

Para parcelas experimentais de 250 a 1.250 m², BALLARD (1979) salienta que uma amostra composta de folhas, formada de 07 a 10 árvores, tem se mostrado adequada para determinação dos teores de elementos minerais.

Segundo SCHÖNAU (1981), houve uma diminuição sensível nos teores de N, P, S e Cu das folhas do primeiro para o segundo ano de crescimento do *E. grandis*. Esse autor sugere que a coleta de folhas de *E. grandis* deveria ser feita durante a estação de crescimento do primeiro ano após o plantio, quando as respostas à adubação são maiores e as diferenças mais pronunciadas.

No caso de florestas de pinheiros tropicais, den

tro da bibliografia consultada nenhuma informação foi encontrada com relação à variação estacional, mas a importância da padronização com respeito a posição na árvore e estação chuvosa tem sido estudada, em condições tropicais, para borracha e dendê. Perfeita padronização de amostragem, entretanto, não garante que a concentração foliar refletirá o nível de nutriente sem nenhum erro. A absorção de nutrientes e a translocação na planta representam somente parte dos processos que determinam a concentração nos tecidos. O processo mais importante é o crescimento. Se o crescimento aumenta mais que a absorção, resultará uma menor concentração (efeito da diluição).

2.2.4. Experimentação

A experimentação vem complementar todos os outros processos empregados na diagnose da deficiência mineral, ou melhor, somente uma integração entre a experimentação, análise de solo e análise foliar, poderiam fornecer os subsídios para uma indicação segura das necessidades nutricionais das espécies florestais.

Os experimentos tanto podem ser conduzidos em casa-de-vegetação como no campo.

Os experimentos em vasos, conduzidos em casa-de-vegetação, fornecem subsídios importantes para o estabelecimento dos ensaios de campo, ou seja, suas informações podem, *'a priori'*, diminuir os tratamentos de campo, facilitando os

trabalhos de instalação e acompanhamento dos ensaios. Os experimentos em casa-de-vegetação permitem a utilização de delineamentos mais complexos, envolvendo um grande número de tratamentos, sem problemas de variação ambiental, como normalmente ocorre com experimentos grandes de campo (TAMM, 1964). Outra contribuição importante da cultura em vasos é a obtenção dos sintomas característicos das deficiências minerais, os quais auxiliam na diagnose das deficiências (ZOTTLE, 1973). Por outro lado, este tipo de experimentação apresenta algumas limitações, quando se pretende extrapolar os dados para o campo, em função da sua artificiabilidade quanto as condições fornecidas às mudas. A amostra de solo colocada nos vasos é física e biologicamente distinta das condições de campo, podendo interferir profundamente nas relações solo/planta. Esses aspectos limitam o uso exclusivo desses experimentos para tomadas de decisão a nível de campo.

Os experimentos de campo, segundo BALLARD (1979) são os meios mais convenientes e seguros para diagnosticar a deficiência nutricional e determinar as taxas efetivas e métodos de aplicação de fertilizantes, indicando a magnitude das respostas. O sucesso dos ensaios de campo com fertilizantes, está diretamente correlacionado com diversos fatores técnicos e científicos a serem observados durante o período de duração do ensaio. Escolha do delineamento adequado, necessidade de repetições, forma e tamanho das parcelas, necessidade de bordadura, controle das condições atmosféricas, controle de ervas daninhas,

controle de pragas e doenças, cuidado na coleta de dados, dentre outros, são algumas das recomendações dadas por SCHONAU (1977), para instalação de ensaios de fertilização florestal no campo. BALLARD (1979) ressalta ainda que um ensaio de fertilização florestal deveria ser instalado em várias situações de solo, dentro de um mesmo planejamento. Esse autor coloca o efeito da competição de plantas daninhas como um dos principais fatores que interferem na resposta à adubação, evidenciando a importância dos tratos culturais nos experimentos de adubação. Seleção de mudas para plantio, necessidade de replantios, e cuidados com o espaçamento de plantio, são recomendações complementares apresentadas por BALLONI (1979) na instalação dos experimentos de campo.

2.3. Parâmetros Influenciados pelo Uso de Fertilizantes

Normalmente, em nossas condições, a economicidade da aplicação do fertilizante é determinada pela relação benefício/custo. Existem modelos econômicos mais sofisticados que procuram incluir nas análises outros parâmetros envolvidos na fertilização (HUGHES e BOYD, 1973). Entretanto, uma série de fatores silviculturais que estão sendo direta ou indiretamente alterados pelo uso de fertilizantes, não têm sido frequentemente considerados nas atuais análises econômicas. MELLO (1968) verificou, nas condições do cerrado do Estado de São Paulo, que a produção alcançada sob a ação dos fertilizantes permitiria

reduzir em um terço a área plantada. Estes dados mostram que pode existir uma redução significativa de todo investimento com o reflorestamento, se for realizada uma fertilização equilibrada no plantio.

2.3.1. Altura

As alturas das árvores refletem a qualidade do "site" que as suportam, evidenciando a importância deste parâmetro na avaliação dos efeitos dos fertilizantes sobre as árvores.

Segundo BAULE e FRICKER (1970), a altura das árvores determina, com um certo grau de segurança, a fertilidade natural do solo florestal. Entretanto, os estudos baseados no crescimento em altura são de certa forma inseguros, haja visto a dificuldade de avaliação deste parâmetro nas idades intermediárias, sendo possível uma medição exata somente nos estágios iniciais e no final da rotação com o corte das árvores (SCHONAU, 1977).

O efeito da fertilização sobre o crescimento em altura é principalmente um estímulo inicial, o qual gradativamente vai caindo, não ultrapassando os 2 anos de idade (SCHONAU, 1977), porém podendo permanecer em termos absolutos por mais de 50 anos (BAULE e FRICKER, 1970).

2.3.2. Diâmetro (D.A.P.)¹

O D.A.P. é um parâmetro que possui uma relação direta com o espaçamento, entretanto, o estudo dos efeitos da fertilização através de suas variações são perfeitamente viáveis e de alta confiabilidade, haja visto a facilidade e exatidão com que os mesmos são medidos. Wittich, (1958); Zottl e Kennel (1962) e Kraus (1963), citados por BAULE e FRICKER (1970), afirmam que, para *Pinus* nos estágios iniciais, os fertilizantes promovem um crescimento mais acentuado dos diâmetros do que das alturas.

As mesmas observações feitas para altura, com relação ao estímulo inicial, são também válidas para o crescimento em diâmetro.

2.3.3. Uniformidade

No caso dos *Pinus*, existem diversos trabalhos que comprovam que a fertilização mineral promove uma melhoria da uniformidade do talhão. SCHIMIDTHING (1973) verificou que fertilização mais cultivo reduziram o coeficiente de variação de 32% para 8%, em plantios de *P. taeda* no Estado do Mississippi. Em muitos "sites" das savanas nigerianas, não pode ser obtido um crescimento uniforme de *P. caribaea* sem uma fertiliza-

¹ DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m do nível do solo).

ção fosfatada (Ojo e Jackson, 1973, citados por DONALD e SCHUTZ 1977). Em Madagascar, diversos autores, citados por DONALD e SCHUTZ (1977), observaram que a fertilização de *P. kesiya* e *P. patula* com PK, melhorou a uniformidade do talhão, ao passo que somente a aplicação de N foi depressiva e aumentou a variabilidade do talhão. DONALD e SCHUTZ (1977), estudando fertilização de *E. grandis* na África do Sul, observaram uma melhoria da uniformidade do talhão quando se aplicava fertilizante NPK. Os mesmos autores observaram uma diminuição da variância do DAP à medida que se aumentavam as doses de nitrogênio.

2.3.4. Conicidade do fuste

Diversos pesquisadores verificaram que os acréscimos em diâmetros ocorrem em toda a extensão da árvore, alterando, desta forma, a conicidade de seu fuste. Entretanto, DONALD e SCHUTZ (1977), trabalhando com fertilização de *E. grandis*, não encontraram qualquer alteração significativa do fator de forma das árvores, enquanto WOOLLONS e WILL (1975), trabalhando com fertilização nitrogenada em *P. radiata*, verificaram um acréscimo do fator de forma das árvores.

Estas evidências necessitam ser comprovadas para as diferentes regiões, já que existe controvérsia com relação ao referido assunto.

2.3.5. Qualidade da madeira

CLEAVELAND *et alii* (1973) reuniram 140 referências sobre o efeito do fertilizante nas propriedades da madeira.

O estudo deste assunto é relativamente recente, tendo se iniciado em 1929, sendo que 75% das publicações foram feitas nos últimos 10 anos. A maioria dos trabalhos foram conduzidos em regiões temperadas, utilizando-se principalmente de coníferas regionais. Mais de 50% dos trabalhos referem-se às alterações da densidade básica em função do crescimento do diâmetro. Os resultados são, muitas vezes, contraditórios, revelando que os efeitos dos fertilizantes sobre as qualidades da madeira são mais complexos do que possam parecer.

As variações da densidade da madeira de uma mesma espécie em diferentes regiões do mundo, sugerem que provavelmente exista um efeito dos fatores ambientais sobre este parâmetro (BARRET *et alii* 1975).

Segundo trabalhos feitos ou citados por ZOBEL (1977), BENGSTON (1968), CLEVELAND (1974), além de outros, pode-se afirmar, para *Pinus*, que o nitrogênio altera as fibras da madeira, diminuindo sua densidade, ao passo que o fósforo não tem qualquer efeito.

Para *Eucalyptus*, Mello (1968) e Hans e Burley (1972), citados por BARRET *et alii* (1975), TAYLOR (1974) e DONALD e SCHUTZ (1977), não observaram nenhuma alteração significa

cativa nas propriedades da madeira, em função do maior crescimento propiciado pela aplicação de NPK.

2.3.6. Outros

A retidão do fuste é um parâmetro que em condições de deficiência mineral pode ser fortemente afetado. Recentemente, em visita à região central de Minas Gerais, foram observadas fortes tortuosidades e bifurcações em plantios de *Eucalyptus*, decorrentes de seca do ponteiro ocasionada pela deficiência de boro, o que confirma as observações feitas por COOLING e JONES (1970) em plantios de *E. grandis* fertilizados com boro em Zambia. STONE e WILL (1965) também citam que, na ausência de boro, as árvores de *P. radiata* e *P. pinaster* são tortuosas e bifurcadas.

A sobrevivência é outro fator que pode ser favorecido ou prejudicado de acordo com o método de aplicação do fertilizante.

Diminuição dos tratos culturais, maior resistência à seca, geada e incidência de pragas ou doenças, produção de resina e porcentagem de casca são outros parâmetros que podem ser alterados através da fertilização mineral.

2.4. Efeito Residual dos Fertilizantes

As respostas, inicialmente favoráveis, das plantas a determinados elementos, com posterior diminuição, manutenção ou aumento dos seus efeitos, foram observadas por diferentes autores, principalmente, trabalhando com espécies do gênero *Pinus*. Em regiões de clima temperado, os efeitos dos fertilizantes fosfatados podem perdurar por 20 a 30 anos (BRENDMUEHL, 1970; BEATON, 1973), enquanto que o efeito dos nitrogenados desaparecem, segundo DAVIS *et alii* (1970), 5 a 7 anos após sua aplicação. Por essas afirmações, supõe-se que em regiões tropicais, principalmente em solos arenosos e ácidos, as necessidades de novas aplicações se fizessem sentir num período bastante inferior aos citados.

Haines e Sandenford (1975), citados por WELLS, (1977), afirmam que a aplicação de N melhora os níveis do elemento no solo por vários anos, desde que a decomposição da manta orgânica seja proporcional à deposição de "litter". Quanto à decomposição da manta orgânica, o nitrogênio contido na mesma representa 5 anos de queda de "litter", demonstrando a dificuldade da liberação desse elemento rapidamente para a floresta. (WELLS, 1977) o mesmo autor, estudando a aplicação de N em uma floresta de *P. taeda* com 11 anos, observou que a máxima absorção do elemento ocorria na 12ª semana após sua aplicação, e que 19 meses após recuperou-se 50% do N aplicado, sendo 26% na árvore e 24% no piso florestal, e solo até 2,0 m de profundida

de.

As respostas ao P por um período prolongado, em florestas de coníferas, segundo WELLS (1977), se deve à baixa solubilidade do elemento no solo, bem como à efetividade das micorrizas em obter o P insolubilizado no solo. Segundo WARING (1981), um experimento de fertilização florestal, instalado em uma área que 20 anos antes havia sido fertilizada com fosfato natural, não apresentou nenhuma resposta à nova aplicação do fósforo, face aos resíduos da adubação anterior, que também foi observado por BALLARD (1978c), trabalhando com *P. radiata* na Nova Zelândia.

Também a ciclagem interna assume um papel importante, não só para o N, mas, principalmente, para o K, considerado por SWITZER e NELSON (1972), como o elemento que se recicla mais rapidamente na floresta. Segundo WELLS (1977), 25% de todo K absorvido anualmente provém da lavagem das copas das árvores, sendo que a quantidade do elemento acumulada na manta orgânica corresponde somente a 2 (dois) anos de queda de "litter".

Ressalte-se que a manutenção do efeito do fertilizante é auxiliada por uma diminuição das necessidades nutricionais das árvores com o passar do tempo. Segundo POWERS (1976) PRITCHET (1979) e MILLER (1981), as necessidades de nutrientes pelas árvores são maiores em seus estágios juvenis do que nos estágios adultos, havendo, inclusive, um período onde as necessidades se mantêm praticamente constantes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Origem das sementes e produção das mudas

As sementes utilizadas na produção das mudas para o experimento foram originadas da Ilha de Abaco, pertencente às Ilhas Bahamas.

As mudas foram produzidas em torrão paulista e contavam com cerca de 25 cm de altura por ocasião do plantio.

3.1.2. Localização da área experimental

A área utilizada para instalação do experimento foi a Fazenda Areia Branca, de propriedade da CHAMPION PAPEL E CELULOSE S/A. Essa fazenda situa-se no distrito de Lagoa Branca, Município de Casa Branca, Estado de São Paulo, a uma latitude de $21^{\circ}54'S$, longitude de $47^{\circ}02'W$ e altitude de 670 m.

3.1.3. Clima

Pela carta climática do Estado de São Paulo, organizada por GODOY e ORTOLANI (sem data), baseados no sistema de KÖEPPEN, o clima do local do experimento é do tipo CWA. Sua temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.300 mm, concentrando-se nos meses de verão, ou seja, outubro a março, quando chega a chover mais de 1.000 mm. O déficit hídrico varia de 50 a 80 mm anuais, ocorrendo entre abril e setembro.

Durante o período de 1974 a 1979, foram tomados os dados climáticos no local do experimento, os quais são mostrados na Tabela 1.

3.1.4. Solo

O solo da área experimental é um latossol vermelho-amarelo, fase arenosa (RANZANI *et alii*, 1972), profundo e bem drenado, de classe textural barro argilo-arenosa, ácido de baixa fertilidade, sobre um relevo suavemente ondulado.

Os resultados analíticos, descrição morfológica e respectivos comentários, foram realizados pelo Centro de Estudos de Solos da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em 1972, num perfil aberto ao lado da área do ensaio.

Os resultados analíticos do perfil avaliado são apresentados na Tabela 3.

3.1.4.1. Resultados Analíticos

Pelo que demonstram os dados da Tabela 3, trata-se de um solo mineral, no qual os resultados da análise mecânica mostram haver predominância das frações areia sobre limo e argila. O conteúdo de argila se encontra abaixo de 2% e o limo tendendo aumentar com a profundidade, situando-se entre 9 e 12,5% . A argila dispersa em água dos três primeiros horizontes é superior a 6% , enquanto nos demais é inferior a 1,7% .

O teor de C orgânico é baixo em toda a extensão do perfil de solo.

A CTC é muito baixa, inferior a 4 e.mg/100 g de terra, havendo relativamente pouco Fe_2O_3 livre, cujos teores se encontram abaixo de 3% .

Os teores de Ca, Mg e K trocáveis, são extremamente baixos, decrescendo o Al trocável a partir da superfície desde 0,8 a 0,06 e.mg/100 g de terra. A saturação em bases é extremamente baixa, com valores inferiores a 5% .

Os valores do pH em água tendem a aumentar com a profundidade, variando 4,0 a 5,8, o mesmo acontecendo com os pH em KCl que variam de 4,0 a 5,2 . Especialmente nos horizontes B os pH em KCl são iguais ou superiores aos em água, denotando a predominância de radicais positivos no complexo coloidal do solo.

Tabela 1. Dados Médios sobre Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Mensais e Anuais e pluviosidade mensal e total obtidas na área do experimento, com os dados coletados no período de 1974 a 1979

Meses	Temperatura em °C			Pluviosidade total em mm
	Máxima	Mínima	Média	
Janeiro	32,7	13,3	22,7	213
Fevereiro	32,8	13,3	22,5	151
Março	32,0	14,3	23,2	134
Abril	30,6	10,7	21,5	48
Maio	29,7	6,5	19,8	66
Junho	27,8	5,2	19,0	40
Julho	29,0	5,2	18,2	30
Agosto	30,3	10,2	20,7	36
Setembro	32,0	8,7	21,2	91
Outubro	32,6	10,8	21,8	114
Novembro	32,7	10,5	22,0	197
Dezembro	31,5	12,8	21,8	250
Média	31,1	10,1	21,2	1.370

De posse dos dados de temperatura média mensal, temperatura média anual e precipitação mensal apresentados na Tabela 1 e adotando-se o método de THORNTHWAITE e MATHER (1955), elabo-rou-se o balanço hídrico do local, apresentado na Tabela 2 e Figura 1.

Tabela 2. Balanço Hídrico Mensal Segundo THORNTHWAITE e MATHER (1955), para a Fazenda Areia Branca, baseados em dados termo-pluviométricos do período de 1974 a 1979

Meses	P	Etp	P - Etp	NEG.Acum.	ARM	ALT	Etr	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
JAN	213	121	92	-	100	0	121	0	92
FEV	151	102	49	-	100	0	102	0	49
MAR	134	113	21	-	100	0	113	0	21
ABR	48	81	-33	- 33	71	-29	77	4	0
MAI	66	66	0	- 33	71	0	66	0	0
JUN	40	54	-14	- 47	62	- 9	49	5	0
JUL	30	54	-24	- 71	48	-14	44	10	0
AGO	36	77	-41	-112	32	-16	52	25	0
SET	91	81	10	- 84	42	10	81	0	0
OUT	114	94	20	- 46	62	20	94	0	0
NOV	197	99	98	-	100	38	99	0	60
DEZ	250	101	149	-	100	0	101	0	149

P = precipitação pluviométrica

Etp = evapotranspiração potencial

NEG.Acum. = negativo acumulado

ARM = Armazenamento de água

ALT = alterações do armazenamento

Etr = evapotranspiração real

DEF = deficiência de água

EXC = excesso de água

Figura 1 - Balanço Hídrico do local do experimento, no período de 1974 a 1979.

TABELA 3 - Resultados analíticos do perfil do solo do local do estudo

Perfil nº P₅ - A8 Registro do Laboratório 3551 - 3556 Data: 13/04/72

Coletado por: G. Ranzani e Equipe Levantamento CES Analisado por: Equipe Laboratório CES

HORIZONTES		ANÁLISE MECÂNICA (mm) (Z), Pipeta, Calçon																											
FSQUELETO (mm)		CLASSE										DENSIDADE		MATERIA		Óxido de													
Identificação		Espessura (cm)		Argila muito grossa (2-1)		Argila grossa (1-0,5)		Argila média (0,5-0,25)		Argila fina (0,10-0,05)		Limo (0,05-0,002)		Argila		disp. em água		TEXTURAL		Dr		Da		ORGÂNICA		C/N		Fe ₂ O ₃ (Z)	

3.1.4.2. Morfologia do solo

As características morfológicas do solo, segundo o Centro de Estudos de Solos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, são:

Ap 0 - 30 cm - pardo avermelhado (5YR 5/4 ; 3/4 úmido; 4/4 amassado), áreas pequenas esparsas com eflorescência de areia lavada (5YR 6/4) , irregulares, descontínuas; barro arenoso; maciço, rompendo em fragmentos angulares, pequenos, muito fraco; macio, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes finas e médias, comuns; galerias finas, comuns; carvões, pequenos, esparsos; limite suave, claro.

A₃ 30 - 70 cm - vermelho amarelado (5YR 4/6 ; 4/6 úmido); áreas de areia lavada, irregulares, descontínuas (5YR 6/4) e minúsculas concentrações de material mais escuro; barro argilo-arenoso, maciço que se rompe em fragmentos irregulares, médio, muito fraco; macio, friável, ligeiramente plástico, não pegajoso; raízes finas, pouco; galerias finas, poucos; microporos , pouco; carvões esparsos; limite suave, claro.

B₁ 70 - 190 cm - vermelho amarelado (5YR 4/6 ; 4/8 úmido); barro argilo-arenoso; maciço que se rompe em fragmentos irregulares, médios, muito fraco; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes finas, comuns; galerias de 1 a 2 mm comuns;

carvões esparsos; limite suave, gradual.

B₂ 190 - 252 cm - vermelho amarelado (5YR 5/6 ; 4/8 úmido); barro argilo-arenoso; maciço que se rompe em fragmentos irregulares, médios, muito fraco; macio a ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; raízes finas, comuns; galerias pequenas, muito pouco; carvões esparsos.

Trado 1 - 252 - 313 cm - vermelho amarelado (5YR 4/8 ; 4/8 úmido); barro argilo-arenoso; maciço; macio, friável, plástico, pegajoso.

Trado 2 - 313 - 340 cm - amarelado avermelhado (5YR 6/6 - 4/6 úmido); barro argilo-arenoso; maciço; macio, friável, plástico, pegajoso.

3.1.5. Preparo do Solo

O preparo do solo consistiu-se de uma aração, seguida de duas gradagens, sendo que a última foi empregada para incorporar o calcário magnesiano a uma profundidade aproximada de 20 cm.

3.1.6. Fertilizantes

Os fertilizantes empregados foram o sulfato de amônio (20% de N e 24% de S) , o superfosfato simples (18% P₂O₅ ,

25% a 28% CaO e 12% de S) o cloreto de potássio (60% K_2O) e o calcário, cuja análise apresentou 33% de CaO e 8% de MgO, classificando-se como magnesiano, segundo Boynton (1966), citado por ALCARDE (1983).

3.2. Métodos

3.2.1. Planejamento e instalação do ensaio

O ensaio obedeceu a um esquema fatorial $3 \times 3 \times 3 \times 2$, para N.P.K. e calcário com 2 repetições dos 54 tratamentos, distribuídos em blocos de 18 parcelas e com confundimento de 2 graus de liberdade da interação $N \times P \times K$.

O plantio foi realizado durante o mês de janeiro de 1968, num espaçamento de $3,0 \times 2,0$ m.

As parcelas foram constituídas de 100 plantas totais (10×10), sendo que somente as 36 centrais (6×6) foram consideradas nas avaliações, já que foi deixada uma bordadura dupla entre as parcelas. Considerando o espaçamento de 6 m^2 / planta, cada parcela ocupou uma área de 600 m^2 ; o que totalizou 64.800 m^2 para o total de 54 tratamentos repetidos duas vezes.

Os fertilizantes contendo N, P e K foram aplicados no sulco de plantio distribuindo-se a cada 2 m de sulco a dose correspondente a uma planta. As doses de nitrogênio (N) foram de zero, 30 e 60 kg de N / ha, o que corresponde a zero, 18 e

36 g de N /planta. O fósforo (P) foi aplicado nas doses de zero, 50 e 100 kg de P_2O_5 /ha , o que corresponde a zero, 30 e 60 g de P_2O_5 /planta, enquanto as doses de potássio (K) foram de zero, 20 e 40 kg de K_2O /ha correspondendo a zero, 12 e 24 g de K_2O /planta.

As doses de calcário magnesiano (Ca) foram de zero, e 3.000 kg /ha, que foi aplicado à lãço e incorporado ao solo 30 dias antes do plantio.

Todas as plantas receberam 5 g de Aldrin 5% em polvilhamento na cova de plantio, com objetivo de evitar ataque de térmitas.

3.2.2. Coleta de dados do ensaio

3.2.2.1. Parâmetros dendrométricos

Dentre os parâmetros dendrométricos existentes , avaliou-se o crescimento em altura, a sobrevivência das plantas e o crescimento em diâmetro à altura do peito (DAP), ou seja, diâmetro tomado a 1,30 m do solo.

Os crescimentos em altura e DAP , bem como a sobrevivência das plantas, foram medidos em março de 1971, abril de 1972, março de 1973, janeiro de 1974, janeiro de 1975, fevereiro de 1978 e em outubro de 1979. De posse desses dados foi possível calcular o volume cilíndrico de madeira por tratamento.

O fator de forma foi determinado em novembro de 1979 , através da medição de 10 árvores por parcela, que apresentassem o DAP próximo ao DAP médio da parcela ($\pm 10\%$ ao redor da média) e que pertencessem aos estratos dominantes ou condominantes e, ainda, que não apresentassem defeitos, tais como "fox-tail" e/ou bifurcações. Essas árvores foram abatidas e mediu-se o diâmetro do fuste na base, a 25% , 50% e 75% da altura total da árvore. Com base nesses dados, e considerando-se o diâmetro a 100% da altura da árvore igual a zero, determinou-se o fator de forma através da expressão:

$$F.F. = \frac{V.R.}{V.C.}$$

onde,

F.F. = fator de forma da árvore

V.C. = volume cilíndrico

V.R. = volume real

A determinação do volume real foi feita através de uma adaptação da fórmula da cubagem rigoroso de Smallian, apresentada por GALVÃO *et alii* (1969).

3.2.2.2. Análise foliar

Das dez árvores abatidas por tratamento, foram coletadas acículas maduras, ou seja, da estação de crescimento ante

rior, do terço superior da copa, de ramos existentes na direção dos quatro pontos cardeais. As acículas dos tratamentos selecionados foram misturadas de forma homogênea, secas ao ar, tomando-se, posteriormente, uma amostra de 15 g / árvore, as quais constituíram a amostra composta, enviada para análise no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA).

3.2.2.3. Densidade da madeira

Das mesmas árvores anteriores foram tomados, na região do DAP, dez discos de aproximadamente 2,5 cm de espessura, os quais serviram para determinação da densidade básica da madeira. A metodologia utilizada foi a da balança hidrostática, segundo a Norma ABCP M14 / 70 , apresentada pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (1974).

3.2.3. Análise Estatística dos Dados

Procedeu-se a análise de variância de todas as médias das características avaliadas, segundo o esquema de análise apresentado na Tabela 4.

Para dar normalidade aos dados, para posterior análise, os valores das porcentagens de falhas foram transformados em $\text{Arc Sen } \sqrt{X}$.

Os contrastes entre as médias foi realizada com o auxílio do teste de Tukey.

Tabela 4. Esquema de Análise Estatística
dos Dados

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Nitrogênio (N)	2
Fósforo (P)	2
Potássio (K)	2
Calcário (Ca)	1
Interação N x P	4
Interação N x K	4
Interação N x Ca	2
Interação P x K	4
Interação P x Ca	2
Interação N x Ca	2
Conf. 2 GL	
Outras interações	26
Tratamentos	51
Blocos	5
Resíduo	51
TOTAL	107

3.2.4. Correlações

As correlações entre as idades para DAP, H e V.C, foram avaliadas através dos "coeficientes de correlação de Spearman" utilizado por Funk (1971) e Lee (1974), citados por KAGEYAMA (1977). Para tanto, foram separados 16 tratamentos que cobriam toda faixa de variação de crescimento aos 3,2 , 7,0 e 11,5 anos.

3.2.5. Custo Médio de Produção

O custo médio de produção, ou custo unitário, foi determinado para as idades de 9,1 anos e 11,5 anos , através da equação apresentada por BERGER e GARLLIP (1982), utilizando-se os seguintes valores:

- Volumes cilíndricos obtidos nas duas idades analisadas;
- Fator de forma médio = 0,4945 ;
- Custo de implantação e manutenção, segundo tabela do IBDF =
= 53 ORTN ;
- Valor da ORTN em Novembro de 1983 = Cr\$6.469,55 ;
- Preço por tonelada de sulfato de amônio (Nov/83) = Cr\$129.923,00 ;
- Preço por tonelada de superfosfato simples (Nov/83) = Cr\$98.185,00 ;
- Preço por tonelada de calcário, posto fazenda, (Nov/83) = Cr\$10.000,00 .

4. RESULTADOS

4.1. Análise de Solo

A Tabela 5 apresenta os resultados da análise química do solo efetuada no experimento aos 11,5 anos.

Tabela 5. Resultados das Análises Químicas dos Solos Coletados nas 2 Repetições de 3 Tratamentos do Experimento (0000., 0001 e 2221) aos 11,5 anos de Idade

Tratamento	Profundidade cm	Repetição	pH	Carbono %	Teor Trocável em Equiv. Miligrs. / 100g de Terra					CTC emg / 100g	V %	
					* PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺			H ⁺
0000	0 - 20	I	4,7	0,45	0,013	0,02	0,16	0,09	0,80	3,92	4,99	5,41
		II	4,7	0,45	0,013	0,02	0,09	0,16	0,68	3,52	4,47	6,04
	50	I	4,9	0,38	0,006	0,01	0,09	0,10	0,60	3,12	3,92	5,10
		II	4,7	0,41	0,005	0,01	0,10	0,11	0,52	2,91	3,65	6,03
	100	I	4,6	0,35	0,002	0,01	0,09	0,08	0,35	2,91	3,44	5,23
		II	4,7	0,32	0,002	0,01	0,09	0,09	0,29	2,88	3,36	5,65
0001	0 - 20	I	4,9	0,57	0,013	0,04	0,56	0,24	0,40	3,60	4,84	17,35
		II	4,8	0,42	0,013	0,02	0,40	0,24	0,48	3,36	4,50	14,67
	50	I	4,9	0,43	0,007	0,01	0,26	0,13	0,48	2,80	3,68	10,87
		II	4,9	0,36	0,004	0,01	0,31	0,12	0,50	2,91	3,85	11,43
	100	I	5,1	0,28	0,002	0,01	0,12	0,12	0,35	2,68	3,28	7,62
		II	5,2	0,31	0,002	0,01	0,16	0,11	0,40	2,83	3,51	7,27
2221	0 - 20	I	5,0	0,54	0,013	0,02	0,60	0,37	0,40	3,20	4,59	21,57
		II	4,8	0,39	0,013	0,02	0,32	0,16	0,52	3,48	4,50	11,11
	50	I	5,1	0,43	0,005	0,01	0,28	0,16	0,50	2,90	3,85	11,69
		II	5,0	0,48	0,003	0,01	0,27	0,14	0,48	2,90	3,80	11,05
	100	I	5,1	0,32	0,002	0,01	0,10	0,09	0,38	2,61	3,19	6,27
		II	5,2	0,30	0,002	0,01	0,13	0,08	0,44	2,77	3,43	6,41

4.2. Análise Foliar

A Tabela 6 apresenta os resultados das análises foliares efetuadas em 3 tratamentos do experimento.

Tabela 6. Resultados das Análises Foliares de três (3) Tratamentos do Experimento (0000 , 0001 , 2221) Efetuada aos 11,5 anos de Idade

Tratamento	Macronutrientes (%)						Micronutrientes (ppm)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Al
0000	1,03	0,07	0,42	0,14	0,06	0,07	150	28	91	26	< 10	830
0001	1,17	0,07	0,29	0,30	0,14	0,07	146	36	185	16	< 10	874
2221	1,19	0,08	0,27	0,35	0,17	0,08	239	36	153	25	< 10	1.334

4.3. Crescimento da Floresta

Os dados relativos às características de crescimento, bem como, suas interações e respectivas análises, aparecem nas Tabelas de números 7 a 12.

Tabela 7. Crescimento Médio em Altura, DAP, Volume Cilíndrico e Porcentagem de Falhas dos 54 tratamentos aos 3,2 anos de Idade

Tratamentos	Altura m	DAP cm	*VC m ³ /ha	Falhas %
0001	5,78	7,76	46,15	1,38
1011	5,82	8,26	52,93	0,00
2200	6,05	7,57	45,99	0,00
1100	5,18	7,26	36,70	0,00
1221	6,10	9,04	64,22	0,00
0120	5,23	7,59	39,63	0,00
2020	4,76	6,45	27,71	0,00
0210	5,58	7,70	44,46	0,00
2111	6,11	8,82	63,38	0,00
0000	4,51	6,01	22,40	0,00
0211	5,98	8,76	61,60	1,38
1010	4,88	6,25	26,54	0,00
1220	5,90	7,85	47,85	2,77
1101	5,33	8,10	46,75	0,00
2201	6,00	8,65	59,64	0,00
0121	6,06	8,91	62,71	0,00
2110	5,11	7,19	35,94	0,00
2021	5,99	8,59	58,86	0,00
0011	4,80	8,19	42,54	0,00
2210	5,98	7,62	46,93	0,00
2000	4,31	5,72	19,42	1,38
1020	4,79	6,56	28,48	0,00
1200	6,05	7,75	48,48	1,38
2121	5,92	8,86	60,98	1,38
1111	5,85	8,74	60,23	0,00
0220	6,48	8,63	64,25	0,00
0101	6,69	8,42	58,19	0,00
1201	6,33	8,59	62,22	0,00
2211	6,50	9,19	70,52	0,00
1110	5,64	7,47	42,46	0,00
2120	5,46	7,69	43,12	0,00
2001	5,08	7,97	42,36	1,38
1021	5,51	8,27	49,96	0,00
0100	5,29	7,23	35,65	1,38
0221	6,16	8,79	64,45	0,00
0010	4,19	6,07	20,91	0,00
0020	4,63	6,41	25,58	0,00
2011	5,50	8,01	45,82	2,77
1001	5,58	7,76	44,91	0,00
0110	5,47	7,88	45,44	0,00
1210	5,82	8,25	52,85	0,00
0201	6,28	9,03	67,97	0,00
2221	6,11	9,60	72,53	0,00
2101	5,77	8,51	55,46	0,00
1120	5,64	7,57	43,39	0,00
2220	5,63	7,99	47,97	0,00
1211	6,06	9,17	67,66	0,00
2010	4,62	6,36	26,54	0,00
0111	5,92	9,02	63,38	0,00
1000	4,59	5,78	21,46	1,38
1121	5,57	8,94	59,60	0,00
0200	4,82	7,07	32,35	1,38
2100	4,60	6,97	32,87	0,00
0021	5,61	8,22	49,11	1,38
Média	5,55	7,87	47,40	0,36

* V.C. - Volume cilíndrico

Tabela 8. Crescimento Médio em Altura, DAP e Volume Cilíndrico em Função do Efeito Isolado dos Diferentes Níveis de N, P, K e Ca aos 3,2 anos de Idade

Nível Médio	Altura m	DAP cm	VC m ³ / ha
N 0	5,50	7,87	47,04
N 1	5,59	7,07	47,59
N 2	5,55	7,87	47,56
P 0	5,05	7,14	36,20
P 1	5,59	8,06	49,21
P 2	5,99	8,40	56,77
K 0	5,45	7,56	43,27
K 1	5,55	7,94	48,34
K 2	5,64	8,11	50,57
Ca 0	5,24	7,14	37,23
Ca 1	5,85	8,60	57,56

Tabela 9. Crescimento Médio em Altura, DAP, Volume Cilíndrico e Porcentagem de Falhas dos 54 Tratamentos aos 7 anos de Idade

Tratamentos	Altura m	DAP cm	VC m ³ /ha	Falhas %
0001	11,70	12,81	256,16	1,38
1011	12,40	13,00	276,80	1,38
2200	12,75	11,88	240,73	0,00
1100	11,62	11,74	214,42	0,00
1221	12,17	13,81	309,60	0,00
0120	11,64	12,01	226,56	0,00
2020	10,72	11,09	182,24	0,00
0210	11,37	11,77	212,81	0,00
2111	12,32	13,28	292,04	0,00
0000	11,05	10,50	166,31	0,00
0211	13,25	13,25	310,84	1,38
1010	11,25	11,06	185,61	1,38
1220	11,82	12,42	237,20	2,77
1101	12,20	12,60	259,96	0,00
2201	12,70	13,20	293,93	0,00
0121	11,72	13,78	298,19	0,00
2110	11,25	11,59	204,60	0,00
2021	12,62	13,52	307,97	0,00
0011	11,67	13,17	271,23	0,00
2210	12,20	11,88	233,31	0,00
2000	10,40	10,49	158,52	0,00
1020	10,95	11,56	199,04	0,00
1200	12,27	11,82	234,70	0,00
2121	12,47	14,15	328,39	1,38
1111	12,25	13,82	308,43	1,38
0220	12,77	13,14	293,21	1,38
0101	12,05	13,16	278,87	0,00
1201	12,55	13,15	290,24	0,00
2211	12,55	13,81	319,51	0,00
1110	11,20	11,75	208,62	0,00
2120	11,87	11,86	223,73	0,00
2001	11,87	13,20	272,37	1,38
1021	11,17	13,53	272,35	1,38
0100	11,85	11,81	218,69	1,38
0221	12,15	13,71	306,23	1,38
0010	10,60	11,29	182,67	0,00
0020	10,57	11,27	182,35	0,00
2011	11,45	13,14	263,20	1,38
1001	11,55	12,65	247,19	0,00
0110	11,42	12,34	233,86	0,00
1210	11,80	12,55	249,46	0,00
0201	12,30	13,78	309,43	0,00
2221	12,30	14,56	352,42	0,00
2101	11,95	13,17	277,80	0,00
1120	11,37	12,08	221,18	1,38
2220	11,62	12,67	247,66	1,38
1211	12,22	13,99	315,72	1,38
2010	11,37	11,54	209,09	0,00
0111	11,97	13,90	310,31	0,00
1000	10,75	10,67	166,85	1,38
1121	11,57	13,91	294,66	1,38
0200	9,95	11,48	174,13	2,77
2100	10,92	11,29	187,96	0,00
0021	11,55	13,75	289,14	1,38
Média	11,74	12,58	252,01	0,56

Tabela 10. Crescimento Médio em Altura, DAP e Volume Cilíndrico em Função do Efeito Isolado dos Diferentes Níveis de N, P, K e Ca aos 7 anos de Idade

Nível Médio	Altura m	DAP cm	VC m ³ /ha
N 0	11,45	12,61	251,17
N 1	11,73	13,56	249,56
N 2	11,85	12,57	255,31
P 0	11,31	12,12	227,17
P 1	11,76	12,68	254,90
P 2	12,15	12,94	273,95
K 0	11,69	12,19	236,01
K 1	11,81	12,62	254,89
K 2	11,72	12,93	265,12
Ca 0	11,39	11,69	210,94
Ca 1	12,10	13,47	293,07

Tabela 11. Crescimento Médio em Altura, DAP, Volume Cilíndrico e Porcentagem de Falhas dos 54 Tratamentos aos 11,5 anos de Idade

Tratamentos	Altura m	DAP cm	VC m ³ /ha	Falhas %
0001	17,75	18,20	750,95	5,55
1011	17,61	17,87	754,93	1,38
2200	17,20	16,42	634,51	0,00
1100	16,70	16,52	617,06	0,00
1221	17,95	18,47	825,13	0,00
0120	17,06	16,44	630,18	0,00
2020	16,27	15,46	532,23	1,38
0210	16,36	15,99	563,26	1,38
2111	17,74	17,95	766,48	1,38
0000	15,86	14,53	466,53	0,00
0211	17,82	18,09	769,23	2,77
1010	16,15	15,56	521,26	2,77
1220	16,69	16,54	607,34	2,77
1101	17,59	17,38	703,41	1,38
2201	17,65	17,83	755,87	0,00
0121	17,75	18,42	799,49	1,38
2110	16,72	15,84	574,99	1,38
2021	17,47	18,57	799,32	1,38
0011	17,49	17,81	754,55	0,00
2210	16,69	16,04	594,20	0,00
2000	15,52	14,60	460,67	1,38
1020	16,47	15,47	541,71	0,00
1200	17,47	16,45	625,50	2,77
2121	18,34	18,64	847,21	1,38
1111	17,90	17,97	786,57	0,00
0220	18,43	17,66	756,50	2,77
0101	17,47	17,56	728,60	0,00
1201	18,25	17,67	756,66	1,38
2211	18,64	18,11	825,84	0,00
1110	16,59	15,76	569,61	0,00
2120	17,00	15,73	572,21	0,00
2001	17,28	17,64	714,93	1,38
1021	17,23	17,93	733,75	2,77
0100	17,41	16,32	611,60	2,77
0221	17,50	18,40	773,55	4,16
0010	16,13	15,31	516,54	0,00
0020	16,53	15,96	575,92	0,00
2011	18,05	17,73	752,53	2,77
1001	17,45	17,11	694,93	0,00
0110	16,59	16,56	624,03	0,00
1210	17,56	16,76	670,31	0,00
0201	18,37	18,12	792,69	1,38
2221	18,35	19,03	882,11	2,77
2101	17,47	17,56	728,50	0,00
1120	17,19	16,14	588,31	2,77
2220	16,66	16,45	617,11	0,00
1211	17,80	18,35	800,95	1,38
2010	17,11	15,34	557,49	0,00
0111	18,00	18,31	815,18	0,00
1000	16,52	14,94	508,28	1,38
1121	17,58	18,15	773,36	1,38
0200	15,32	15,19	480,28	2,77
2100	16,21	15,28	509,79	1,38
0021	16,93	17,99	736,83	1,38
Média	17,22	16,96	673,16	1,20

Tabela 12. Crescimento Médio em Altura, DAP e Volume Cilíndrico em Função do Efeito Isolado dos Diferentes Níveis de N, P, K e Ca aos 11,5 anos de Idade

Nível	Altura	DAP	VC
Médio	m	cm	m ³ /ha
N 0	17,15	17,04	674,77
N 1	17,26	16,95	671,06
N 2	17,24	16,90	673,66
P 0	16,88	16,56	631,85
P 1	17,29	17,03	680,36
P 2	17,48	17,31	707,28
K 0	17,08	16,63	641,15
K 1	17,27	16,96	678,77
K 2	17,30	17,30	699,57
Ca 0	16,68	15,90	575,09
Ca 1	17,76	18,03	771,24

4.4. Custo de Produção

Tabela 13 . Custo por Unidade de Área Plantada e Custo Unitário de Produção para Taxas de Desconto de 6% a.a. e 12% a.a. aos 9,1 anos de Idade.

Tratamento	Produção m³ / ha	Taxa de Desconto 6% a.a.		Taxa de Desconto 12% a.a.		Ordem de Custo/m³
		Cr\$/ha	Cr\$/m³	Cr\$/ha	Cr\$/m³	
0011	241,24	642272	2662	1060033	4394	1
002	241,42	650879	2696	1074239	4450	2
0121	253,67	697227	2749	1150734	4536	3
2121	277,29	763463	2753	1260052	4544	4
0001	226,73	633665	2795	1045828	4613	5
1111	257,94	721737	2798	1191186	4618	6
2221	289,18	809811	2800	1336547	4622	7
0111	245,82	688620	2801	1136528	4623	8
2021	253,51	717115	2829	1183557	4669	9
1221	267,26	776692	2906	1281897	4796	10
0201	249,18	726361	2915	1198817	4811	11
0101	232,45	680013	2925	1122323	4828	12
0221	250,51	743575	2968	1227229	4899	13
0220	229,79	692595	3014	1143088	4974	14
1021	225,38	683996	3035	1128897	5009	15
2211	263,55	801204	3040	1322341	5017	16
1011	221,60	675389	3048	1114691	5030	17
1001	218,47	666782	3052	1100485	5037	18
2011	232,09	708507	3053	1169351	5038	19
0211	239,78	734968	3065	1213023	5059	20
1221	237,86	730344	3070	1205392	5068	21
2001	226,72	699000	3087	1155146	5095	22
1211	248,07	768085	3096	1267681	5110	23
2111	242,33	754856	3115	1245846	5141	24
0110	200,49	637639	3180	1052388	5249	25
1021	237,17	759478	3202	1253475	5285	26
0120	200,99	646247	3215	1066593	5307	27
0100	193,47	629032	3251	1039182	5366	28
2101	225,86	746748	3304	1231641	5453	29
2201	232,93	792597	3403	1308136	5616	30
0020	175,82	599898	3412	990098	5631	31
1101	208,85	713130	3415	1176980	5639	32
1100	187,06	662149	3540	1092840	5842	33
1210	201,45	717106	3560	1183540	5875	34
1020	175,72	633015	3602	1044756	5946	35
0010	161,07	591291	3671	975893	6059	36
1200	192,11	708497	3688	1169335	6087	37
1120	154,11	679364	3690	1121251	6090	38
0210	185,19	683988	3693	1178883	6096	39
1220	194,95	725712	3724	1197746	6147	40
1110	176,94	670756	3791	1107045	6297	41
2220	199,69	758830	3800	1252407	6272	42
2200	193,33	741616	3836	1221995	6331	43
2010	171,40	657527	3836	1095211	6331	44
1010	159,73	624408	3909	1030590	6492	45
2120	181,60	712482	3923	1175912	6475	46
0000	147,96	582684	3938	961687	6500	47
2210	189,54	750223	3998	1238201	6533	48
2020	162,81	666134	4091	1099417	6753	49
2110	171,96	703875	4093	1161706	6756	50
1000	143,60	615801	4288	1016345	7078	51
0200	199,07	675380	4355	1114677	7188	52
2100	155,86	695269	4461	1147500	7362	53
2000	141,96	648920	4571	1071005	7544	54
Média	210,76	713001	3383	1176673	5583	

* Volume real (m³ sólidos/ha)

Tabela 14. Custo por Unidade de Área Plantada e Custo Unitário de Produção para Taxas de Desconto de 6% a.a. e 12% a.a. aos 11,5 anos de idade.

Tratamento	Produção m ³ / ha	Taxa de Desconto 6% a.a.		Taxa de Desconto 12% a.a.		Ordem de Custo/m ³
		Cr\$/ha	Cr\$/m ³	Cr\$/ha	Cr\$/m ³	
0001	371,34	728775	1963	1372724	3697	1
0111	403,11	791979	1963	1491776	3701	2
0011	373,12	738674	1980	1391370	3729	3
0121	395,35	801878	2028	1510422	3820	4
0021	364,36	748573	2054	1410016	3870	5
1011	373,31	776762	2081	1463113	3919	6
2021	395,26	824751	2087	1553504	3930	7
2121	418,94	878056	2096	1693910	3948	8
0220	274,09	796550	2129	1500386	4011	9
0201	391,98	835385	2131	1573535	4014	10
1111	388,96	830067	2134	1563518	4020	11
2221	436,20	931360	2135	1754315	4022	12
1021	362,84	786661	2168	1481759	4084	13
0101	360,29	782080	2171	1473130	4089	14
1221	408,83	893271	2189	1682569	4124	15
2011	372,13	814852	2190	1534858	4124	16
1121	382,43	839966	2196	1582164	4137	17
0211	380,38	845284	2222	1592181	4186	18
1211	396,07	883372	2230	1663923	4201	19
1001	343,64	766863	2232	1444467	4203	20
0221	982,52	855183	2236	1610827	4211	21
2211	408,18	921461	2257	1735669	4252	22
2001	353,53	804952	2277	1516212	4289	23
2112	379,02	858156	2290	1639264	4314	24
1201	374,17	873472	2334	1645277	4397	25
1101	347,84	820168	2398	1544872	4441	26
0110	308,58	733346	2376	1381335	4476	27
2101	360,24	858257	2382	1616618	4688	28
0120	311,62	743246	2385	1399981	4493	29
0100	302,44	723447	2392	1362689	4986	30
0020	284,79	689941	2423	1299576	4563	31
2201	373,78	911562	2439	1717023	4994	32
1210	331,47	824739	2499	1553482	4687	33
1100	309,14	761539	2496	1434431	4701	34
1200	309,31	814840	2634	1534836	4962	35
0010	255,43	680042	2662	1280930	5015	36
1120	290,92	781333	2636	1471723	5059	37
1020	267,87	728029	2718	1371318	5119	38
2200	313,75	852930	2718	1606582	5120	39
1110	281,67	771434	2739	1453077	5159	40
2010	275,68	756219	2743	1424418	5167	41
1220	300,33	834638	2779	1572128	5235	42
1010	257,76	718129	2786	1392672	5248	43
1000	251,34	708230	2818	1334026	5308	44
0210	278,53	786651	2824	1481740	9320	45
2110	284,33	809524	2847	1524823	5363	46
2220	309,16	872728	2860	1643874	5387	47
2120	282,96	819423	2896	1543469	5455	48
0000	230,70	670143	2905	1262284	5471	49
2020	263,19	766118	2911	1443064	5483	50
2210	293,83	862829	2936	1625228	5931	51
2100	252,09	799625	3172	1506177	5979	52
0200	237,50	776752	3270	1463099	6160	53
2000	227,80	746320	3276	1405772	6171	54
Média	332,88	817886	2457	1540569	4628	

* Volume real (m³ sólidos/ha)

4.5. Densidade da Madeira

.52.

Na tabela 15 são apresentados os dados da densidade básica da madeira, para as repartições, dos 54 tratamentos.

Tabela 15. Densidade básica da Madeira aos 11,5 anos de Idade para as 2 Repetições dos 54 Tratamentos

Tratamento	Densidade básica (g/cm ³)		
	Repetição I	Repetição II	Média
0000	0.4700	0.5040	0.4870
0001	0.4270	0.4480	0.4375
0010	0.4800	0.4680	0.4740
0011	0.4260	0.4350	0.4405
0020	0.4970	0.4370	0.4670
0021	0.4070	0.4570	0.4320
0100	0.4700	0.4930	0.4815
0101	0.4770	0.4490	0.4630
0110	0.4820	0.4520	0.4670
0111	0.4240	0.4090	0.4165
0120	0.5250	0.4590	0.4920
0121	0.4380	0.4170	0.4275
0200	0.5220	0.5450	0.5335
0201	0.3820	0.4610	0.4215
0210	0.5090	0.5100	0.5095
0211	0.4520	0.4230	0.4375
0220	0.4600	0.4490	0.4545
0221	0.4470	0.3990	0.4230
1000	0.5240	0.4370	0.4805
1001	0.4430	0.4710	0.4570
1010	0.5130	0.4730	0.4930
1011	0.4200	0.4790	0.4495
1020	0.4750	0.4750	0.4750
1021	0.4060	0.4350	0.4205
1100	0.4710	0.4760	0.4735
1101	0.4530	0.4300	0.4415
1110	0.4950	0.5210	0.5080
1111	0.4210	0.4290	0.4250
1120	0.5240	0.4670	0.4955
1121	0.4310	0.4250	0.4280
1200	0.4690	0.4870	0.4790
1201	0.4940	0.4480	0.4710
1210	0.4820	0.4690	0.4755
1211	0.4310	0.4520	0.4415
1220	0.4370	0.4640	0.4505
1221	0.3860	0.4250	0.4055
2000	0.4850	0.5010	0.4930
2001	0.4260	0.4110	0.4185
2010	0.4550	0.5430	0.4990
2011	0.3950	0.4610	0.4280
2020	0.5170	0.4370	0.4770
2021	0.4110	0.4330	0.4220
2100	0.5130	0.5020	0.5075
2101	0.4540	0.4610	0.4575
2110	0.4560	0.4830	0.4695
2111	0.4130	0.4430	0.4280
2120	0.4980	0.5040	0.5010
2121	0.4350	0.4390	0.4370
2200	0.4540	0.5050	0.4795
2201	0.4440	0.4330	0.4385
2210	0.4750	0.4860	0.4805
2211	0.4750	0.4260	0.4505
2220	0.4510	0.4540	0.4525
2221	0.4360	0.4360	0.4360
Média	0.4585	0.4603	0.4594

As médias para os níveis de N, P, K e Ca, foram:

N 0 0,4591 g/cm ³	P 0 0,4622 g/cm ³
N 1 0,4618 g/cm ³	P 1 0,4633 g/cm ³
N 2 0,4622 g/cm ³	P 2 0,4577 g/cm ³
K 0 0,4702 g/cm ³	Ca 0 0,4859 g/cm ³
K 1 0,4632 g/cm ³	Ca 1 0,4362 g/cm ³
K 2 0,4498 g/cm ³	

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Crescimento da Floresta

Os resultados apresentados nas Tabelas de 7 a 12 , com relação às três idades avaliadas, mostram efeitos altamente significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para P e calcário, quanto ao crescimento em altura, diâmetro e volume. Por outro lado, o K não influenciou de forma pronunciada o crescimento em altura, conforme havia ocorrido até os 2 anos de idade, segundo SIMÕES *et alii* (1970), muito embora seus efeitos sobre o DAP e volume cilíndrico tenham sido altamente significativos em todas as medições efetuadas. Quanto ao N, não foi observado efeitos em nenhuma das características estudadas, embora, SIMÕES *et alii* (1970) tenham observado, neste mesmo ensaio, uma pequena resposta ao N, quanto ao crescimento em altura aos 12 meses de idade, entretanto, sem nenhum significado econômico.

As respostas altamente significativas do *P. caribaea* var. *bahamensis* à aplicação de calcário, em solos ácidos de cerrado, eram esperadas, haja visto a espécie ser originada, segundo LÜCKHOFF (1964) e LAMB (1973), de solos calcários das Ilhas Bahamas. Este fato foi observado por FERNANDES e MORAIS (1976) que, estudando o efeito da calagem em *P. caribaea* var. *bahamensis*, obteve respostas significativas à aplicação de 2 até 8 t/ha de calcário.

Com relação aos resultados deste ensaio, a quantificação das respostas devidas ao efeito nutricional ou corretivo do calcário, merece ser mais bem esclarecida em estudos posteriores, pois, as análises de solo mostraram, tanto uma elevação do nível de Ca e Mg do solo, como uma diminuição do Al trocável, quando se aplicou o calcário. Por outro lado, as análises foliares (Tabela 6) revelaram um aumento dos teores de Ca e manutenção do nível de P, sugerindo que, talvez, o efeito da calagem no crescimento tenha sido mais em função do seu efeito nutricional do que corretivo. Entretanto, em razão da análise foliar ter sido realizada em apenas 3 tratamentos, essa definição necessitaria de estudos mais minuciosos em outros tratamentos para uma conclusão mais segura, pois, segundo VAN GOOR (1965), que fez um estudo nutricional de diferentes espécies de *Pinus* plantadas no Estado de São Paulo, os fatores que mais limitaram o crescimento das espécies, sem considerar o clima, tipo de solo e profundidade, foram: teor de bases trocáveis no solo, particularmente Ca e Mg e o teor de Mg nas acículas. Segundo este mesmo autor, o Ca e Mg

são de maior importância para nutrição de coníferas nos trópicos do que o N , P e K , os quais têm se mostrado mais importantes nas regiões temperadas.

Com relação à magnitude das respostas, os valores significativos de F da análise de variância evidenciam uma resposta muito mais pronunciada para a aplicação de calcário, seguida do P e, posteriormente, do K. Essa menor resposta ao K possivelmente se deva à menor exigência da espécie, quanto ao elemento, entretanto segundo BAULE e FRICKER (1970), a absorção de K é diminuída em função da abundância de ions Ca, principalmente quando o nível de K no solo é baixo, como acontece no caso deste experimento, onde a análise foliar da testemunha apresentou um nível mais elevado de K do que dos outros dois tratamentos que receberam calcário (Tabela 6).

Também com relação às características de crescimento, observa-se que o DAP foi muito mais influenciado no crescimento do que a altura, estando de acordo com observações de Wittich (1958); Zöttl e Kennel (1962), Kraus (1963), citados por BAULE e FRICKER (1970). O fato do DAP apresentar uma alta resposta a alguns dos tratamentos, refletiu de forma significativa no volume de madeira produzido, sendo que os tratamentos que receberam calagem produziram 54,60% ; 38,93% e 34,11% a mais de volume, aos 3,2 , 7,0 e 11,5 anos, respectivamente, do que os tratamentos sem calagem (Figura 3).

Figura 2 - Variação do crescimento volumétrico em a idade, em função do efeito dos diferentes nutrientes.

É importante salientar um aspecto que pode ter influenciado no experimento, mascarando a resposta de alguns tratamentos. Conforme salientado em Material e Métodos, foi utilizado como fonte de P o superfosfato simples, que tem, aproximadamente de 25% a 28% de CaO, o qual pode ter mascarado a resposta das plantas ao P, já que o experimento demonstrou que a espécie respondeu dramaticamente à aplicação de calcário. Portanto, em toda discussão deste trabalho, quando for feita referência às respostas ao P, entenda-se respostas à aplicação de superfosfato simples.

Com relação às interações entre elementos, foi constatada aos 3,2 anos uma interação P x Ca ao nível de 5% para altura, a qual desapareceu nas idades posteriores (7,0 e 11,5 anos). Com o desdobramento dos graus de liberdade da interação, observase que tanto o P na ausência de Ca, como o Ca na ausência de P, promoveram um crescimento em altura, significativo ao nível de 1% de probabilidade. A magnitude desse crescimento foi maior para as variações do nível de Ca na ausência de P do que na presença de P. Isso talvez se deva à presença do Ca no superfosfato simples, que estaria suprimindo parte das necessidades das plantas em cálcio. Ressalte-se que tais interações foram constatadas por SIMÕES *et alii* (1970), ao nível de 1% de probabilidade, aos 12 e 24 meses de idade.

Ainda aos 3,2 anos, foi constatada uma forte interação P x Ca para crescimento em DAP, a qual se manteve igualmente significativa a 1% de probabilidade, por todo o período de es-

tudo, ou seja, até 11,5 anos de idade.

Em todas as avaliações, conforme observado nos dados das interações, foi uma constante efeitos maiores do Ca na ausência de P do que de P na ausência de Ca.

Quando se estuda o efeito dos tratamentos onde se aplicou somente calcário e/ou superfosfato simples (Tabela 16 e Figura 3), isolando-se as demais interações, observa-se, apesar dos resultados serem média de poucas parcelas, que a aplicação do superfosfato simples foi menos efetiva na ausência de calcário do que em sua presença. Observa-se, também, que o aumento da dose de P na ausência de Ca apresentou uma certa depressão no crescimento, demonstrando um possível desequilíbrio nutricional e, ainda, que o elemento P merece ser mais exaustivamente estudado para a espécie em questão.

Com relação à porcentagem de falhas, as análises demonstraram que não houve nenhuma diferença significativa entre os tratamentos, em que o período de estudo. As médias gerais desta característica foram de 0,36% , 0,56% e 1,20% , para 3,2 , 7,0 e 11,5 anos, respectivamente, com uma amplitude entre tratamentos variando de 0,00 a 5,55% , revelando a alta homogeneidade do experimento em relação à característica. A pequena significância revelada pela análise de variância, demonstrada pela interação P x Ca, não tem nenhum significado prático, e somente foi detectada pela análise face à alta homogeneidade do experimento demonstrada pelo baixo coeficiente de variação experimental.

Tabela 16. Efeito Isolado dos Tratamentos Contendo Calcário e/ou Superfosfato Simples sobre o Crescimento da Floresta, aos 3,2 , 7,00 e 11,5 anos de Idade

Tratamento	3,2 Anos			7,0 Anos			11,5 Anos		
	DAP	H	VC	DAP	H	VC	DAP	H	VC
	cm	m	m ³ /ha	cm	m	m ³ /ha	cm	m	m ³ /ha
0000	6,01	4,51	22,40	10,50	11,05	166,31	14,53	15,86	466,53
0100	7,23	5,29	32,65	11,81	11,85	218,69	16,32	17,41	611,60
0200	7,07	4,82	32,35	11,48	9,95	174,13	15,19	15,32	480,28
0001	7,74	5,87	46,15	12,81	11,70	256,16	18,20	17,25	750,95
0101	8,42	6,69	58,19	13,16	12,05	278,87	17,56	17,47	728,60
0201	9,03	6,28	67,97	13,78	12,30	309,43	18,12	18,37	792,69

Figura 3 - Efeito isolado do superfosfato simples, na presença e ausência de calcário, sobre o crescimento volumétrico.

Figura 4 - Crescimento volumétrico em função da idade para alguns tratamentos extremos da experimentação.

5.2. Efeito Residual dos Fertilizantes

Com o objetivo de avaliar o efeito residual dos fertilizantes, foram determinados os coeficientes de correlação de Spearman (r_s), apresentados na Tabela 17, determinados os valores de F das análises de variância apresentados na Tabela 18, bem como determinadas as diferenças entre os tratamentos adubados e não adubados, apresentados na Tabela 19.

Os valores do coeficiente de correlação de Spearman (Tabela 17) mostram que os tratamentos mantiveram suas posições relativas durante todo período estudado. Isto significa que não houve variações significativas na posição relativa dos tratamentos, ou seja, os piores, os intermediários e os melhores, na medição de 3,2 anos, se mantiveram nesta mesma posição aos 7,0 e 11,5 anos. Portanto, é possível, com certa segurança, utilizar os resultados de três anos de idade para direcionar algumas medidas de caráter aplicado, já que a posição dos tratamentos praticamente não se alterou. É importante salientar que a magnitude das diferenças poderá ser maior ou menor em função do tempo, pois o coeficiente de correlação de Spearman focaliza somente as posições dos tratamentos, sem levar em conta a magnitude das diferenças. Um exemplo deste fato está no efeito do superfosfato simples, o qual, apesar de manter suas posições relativas no experimento, vem perdendo gradativamente seu efeito sobre o crescimento, com consequente diminuição das diferenças entre os tratamentos adubados e não adubados (Tabela 19).

Tabela 17. Valores do Coeficiente de Correlação de Spearman para DAP , H e VC entre Diferentes Idades

Idade Anos	I D A D E (A n o s)								
	3,2			7,0			11,5		
	DAP	H	VC	DAP	H	VC	DAP	H	VC
3,17	-	-	-	0,74	0,96	0,89	0,79	0,85	0,89
7,00	-	-	-	-	-	-	0,66	0,94	0,98

As variações da magnitude de resposta com o tempo podem ser observadas na Tabela 19 , que com o apoio dos valores de F da Tabela 18, permite que se façam algumas inferências em relação ao poder residual dos fertilizantes.

Os valores de F auxiliam na explicação do ocorrido, pois os mesmos são obtidos de uma relação de quadrados médios e, desde que o coeficiente de variação experimental (CV) se mantenha com um valor semelhante nas idades mais avançadas, as variações sofridas pelo F serão exclusivamente efeito dos tratamentos. Portanto, se o valor de F diminuir com o tempo, isto significa que o efeito do fertilizante (tratamento) utilizado vem também regredindo.

No caso dos efeitos do nitrogênio, conforme já salientado, o mesmo não foi significativo em qualquer idade estudada e, portanto, manteve os valores de F baixos, e praticamente sem alterações, por todo período estudado.

O fósforo (superfosfato simples) exerceu uma influência altamente significativa em todos os anos, porém, a mesma vem decrescendo com a idade, para o crescimento em altura e DAP. Conforme pode ser observado na Figura 5, existe uma tendência, inclusive, de que os efeitos desse fertilizante desapareçam com as idades mais avançadas. Neste caso, mais uma vez, os teores de Ca do superfosfato simples podem estar mascarando os efeitos do P, pois, conforme se observa na Tabela 20, que analisa as interações P x Ca, os níveis de P, que nas idades iniciais exerciam influência significativa no crescimento em DAP, tanto na ausência como na presença de Ca, passaram, aos 11,5 anos, a não ter qualquer influência quando o Ca estava presente. Este fato talvez se deva a uma ou mais das seguintes causas:

- necessidade diferenciada das plantas com a idade, ou seja, diminuição da necessidade de fósforo com a idade;
- diminuição relativa da proporção do sistema radicular em contato com o fertilizante;
- existência de alta concentração de Ca no sulco por ocasião do plantio, com posterior diminuição com o tempo;
- aproveitamento mais eficiente, com o tempo, do P nativo do solo.

Tabela 18. Valores de F da Análise de Variância para DAP, altura e VC, para os Diferentes Tratamentos em Função da Idade e, Valores dos Coeficientes de Variação Experimental em função da Idade de Avaliação e da Característica Avaliada

Idade Anos	DAP					ALTURA					VOLUME CILÍNDRICO				
	Valores de F					Valores de F					Valores de F				
	N	P	K	Ca	C.V%	N	P	K	Ca	C.V%	N	P	K	Ca	C.V%
1,00	-	-	-	-	-	4,3	208,1	3,7	6,7	5,89	-	-	-	-	*
2,00	1,76	127,0	12,0	158,8	8,24	1,2	97,7	8,7	86,5	6,23	1,9	117,5	11,5	136,2	19,53*
3,20	0,0	120,9	22,3	453,2	4,51	0,5	51,0	2,1	63,0	7,13	0,1	120,9	15,6	345,9	11,98
4,30	0,2	89,7	35,6	629,9	3,42	0,6	23,5	1,8	52,5	6,54	0,3	66,0	21,3	331,5	11,29
5,20	0,5	61,1	42,0	644,6	3,17	0,5	15,0	1,7	48,1	5,35	1,1	35,6	15,8	329,0	10,00
6,00	1,6	36,7	33,0	458,4	3,51	0,1	17,1	2,7	52,4	5,27	0,4	49,2	28,1	455,4	8,32
7,00	0,1	41,7	33,8	581,1	3,06	1,1	17,9	0,4	39,0	5,07	0,7	42,6	16,8	389,8	8,58
9,10	1,0	35,2	34,7	687,0	2,68	0,5	15,0	3,0	95,6	3,14	1,0	25,5	21,8	454,4	7,34
11,50	0,8	21,6	17,0	509,8	2,89	0,3	9,1	1,3	83,0	3,56	0,1	20,8	12,5	410,6	7,47

* Obtidos de SIMÕES *et alii* (1970)

Tabela 19. Diferença Evolutiva com Relação a Idade, entre os Tratamentos Adubados e a Testemunha, para Crescimento em Altura e DAP

Diferença	3,2 Anos		7,0 Anos		11,5 Anos	
	H	DAP	H	DAP	H	DAP
	m	cm	m	cm	m	cm
(N 2 - NO)	0,00	0,05	0,20	0,04	0,09	0,14
(P 2 - PO)	0,94	1,26	0,84	0,92	0,60	0,75
(K 2 - KO)	0,19	0,55	0,03	0,74	0,22	0,67
(Ca 1 - CaO)	0,61	1,46	0,71	1,78	1,08	2,13

Figura 5 - Variação dos valores de F da análise de variância para DAP em função da idade para os nutrientes P.K. e Ca.

Tabela 20. Crescimento do DAP (cm), em Função da Interação P x Ca, com os Respectivos Valores de F das Análises Efetuadas aos 3,2, 7,0 e 11,5 anos de Idade

Idade Anos	Níveis de Ca	NÍVEIS DE P			Valores de F
		P0	P1	P2	
3,2	Ca0	6,18	7,42	7,82	105,4**
	Ca1	8,11	8,70	8,98	28,0**
7,0	Ca0	11,05	11,83	12,18	40,2**
	Ca1	13,20	13,53	13,69	7,8**
11,5	Ca0	15,24	16,06	16,40	26,1**
	Ca1	17,87	17,99	18,23	2,5 N.S.

** Significativo ao nível de 5% de probabilidade

N.S. Não significativo

Segundo POWERS (1976), as necessidades de nutrientes pelas árvores são maiores em seus estágios juvenis do que nos estágios onde as copas já entraram em intensa competição. Nessa segunda fase, o ciclo interno de nutrientes na planta ganha muita importância, particularmente para os elementos móveis. Como o P é considerado por WELLS e JORGENSEN (1975) como um elemento que praticamente não se recicla internamente na planta, é fundamental que o solo tenha um suprimento adequado desse elemento.

As análises de solo, apesar das limitações já discutidas neste trabalho, revelaram, tanto para a testemunha como para o tratamento completo, baixíssimos teores de P e, a não ser que as plantas estejam se aproveitando das formas menos solúveis do elemento no solo, é provável, mais uma vez, que os efeitos positivos da aplicação do superfosfato simples se davam ao Ca presente em sua composição.

No caso de efeito residual do K, observa-se que o mesmo vem mantendo uma magnitude da resposta praticamente constante para DAP e altura, sem apresentar tendências claras em aumentos ou diminuir seus efeitos com o tempo. É possível que a manutenção dos efeitos do K se deva a sua rápida reciclagem no sistema, pois, segundo SWITZER e NELSON (1972) e WELLS (1977), o potássio foi o elemento que se reciclou mais rapidamente em uma floresta de *P. taeda*. Segundo WELLS (1977), perto de 25% do K absorvido anualmente pelo *P. taeda* pode ser obtido de lavagem das copas, além do mesmo ser bastante móvel dentro da planta e, por es-

sas razões, a fertilização potássica pode ser sentida por um longo período.

As respostas à aplicação de calcário, além de se mostrarem mais significativas que dos demais elementos, apresentaram também uma tendência em aumentar seus efeitos com a idade da floresta, como demonstram os valores de F apresentados na Tabela 18 e Figura 5, bem como os resultados da Tabela 19.

Essa manutenção dos seus efeitos, com tendência até de ampliação, talvez se deva ao aumento do cubo de solo explorado pelas árvores com a idade, fazendo com que as plantas aumentem seu contato com o Ca e Mg aplicados ao solo, suprimindo adequadamente suas necessidades metabólicas. Considerando que o cálcio é um elemento bastante imobilizado pelas plantas, a manutenção de sua resposta por um longo período provavelmente se deve ao suprimento adequado de Ca no solo, proporcionado pela calagem, pois, a decomposição da serrapilheira de *Pinus*, em condições de cerrado, é bastante lenta, não oferecendo disponibilidade, a curto prazo, desse elemento para as plantas. Segundo Scheffer (1956), citado por PRIMAVESI (1980), a decomposição do "litter" por microorganismos é dificultada em pH menor que 5,0 e maior que 6,0, além do que, segundo DAUBENMIRE e PRUSSO (1963), o "litter" de coníferas apresenta altos teores de lignina e polifenóis, os quais impedem sua rápida decomposição. Segundo SPINA FRANÇA, (1980), o "litter" do *P. caribaea* var. *hondurensis* deixa de acumular-se entre as idades de 9 a 15 anos, demonstrando que, após esse período, a decomposição passa a ser maior ou igual a deposição.

A resposta diferenciada dos *Pinus* em função da idade, e dos diferentes nutrientes, também foi observado por SWITZER e NELSON (1973) em florestas de *P. taeda*. Segundo esses autores, as demandas de nutrientes são maiores nos estágios juvenis da floresta, diminuindo abruptamente com a estagnação, e, segundo BUNN e WILL (1973), permanecendo constante por um certo período. SWITZER e NELSON (1973), afirmam que o período de máxima demanda de NPK ocorre mais precocemente, porém, tem um efeito menos duradouro do que a resposta a Ca, Mg e S. Isto significa que o Ca, Mg e S apresentam um período de maior demanda, mais prolongado do que o N P K, havendo, portanto, necessidade de um suprimento adequado de alguns elementos por um período relativamente mais prolongado. Portanto, é possível que o suprimento de Ca proporcionado pela calagem, no experimento em questão, esteja suprimindo adequadamente a espécie que se encontra, ainda, em um período de máxima demanda por esses elementos, razão pela qual o crescimento acelerado vem sendo mantido. Essa manutenção do ritmo acelerado de crescimento pode ser observado através de uma análise dos incrementos periódicos anuais (IPA) e incrementos médios anuais (IMA) apresentados na Tabela 21. Por esses dados observa-se que tanto o IMA como o IPA vem aumentando com o tempo, mostrando que o povoamento encontra-se em pleno crescimento sem, portanto, atingir a idade de desbaste, estando, de certa forma, concordando com os dados apresentados por BERTOLOTTI *et alii* (1983), onde estagnação do *P. caribaea* var. *hondurensis* somente ocorria a partir do 12º ano, em condições de cerrado. A tendência à estag-

Tabela 21. Incremento Médio Anual e Incremento Periódico Anual para Volume
Cilíndrico aos 3,2, 7,0 e 11,5 anos de Idade

Tratamento	3,2 ANOS		7,0 ANOS		11,5 ANOS	
	IMA m ³ /ha/ano	IPA m ³ /ha/ano	IMA m ³ /ha/ano	IPA m ³ /ha/ano	IMA m ³ /ha/ano	IPA m ³ /ha/ano
2221	22,88	22,88	50,34	73,08	76,71	117,71
2220	15,13	15,13	15,38	52,14	53,66	82,10
1221	20,26	20,26	44,23	64,07	71,75	114,56
1220	15,09	15,09	33,89	49,44	52,81	82,25
0221	20,33	20,33	43,75	63,13	67,27	103,85
0220	20,26	20,26	41,89	59,78	65,78	102,95
2121	19,24	19,24	46,91	69,82	73,67	115,29
2120	13,60	13,60	31,96	47,15	49,76	77,44
2021	18,56	18,56	44,00	65,05	69,51	109,19
2020	8,74	8,74	26,03	40,35	46,28	77,77
2211	22,24	22,24	45,65	65,01	71,81	112,52
2210	14,81	14,81	33,31	48,66	51,67	102,65
2201	18,81	18,81	41,99	61,17	65,73	102,65
2200	14,51	14,51	34,39	50,84	55,17	87,50
0001	14,56	14,56	36,59	54,83	65,30	109,95
0000	7,07	7,07	23,76	35,57	40,57	66,71
Média		16,63		56,38		96,41

IMA - incremento médio anual

IPA - incremento periódico anual

nação dos tratamentos de maior crescimento foi mais acentuada do que dos tratamentos de menor crescimento. Este fato pode ser considerado normal e esperado, pois, as florestas com maior crescimento ocupam mais rapidamente os espaços disponíveis antecipando a competição pelos fatores de crescimento.

5.3. Custo de Produção

Pelos dados apresentados nas Tabelas 13 e 14, observa-se que os tratamentos 0001, 0011 e 0021 foram os que apresentaram, em média, o menor custo/m³ produzido, apesar de não terem sido os de menor custo por unidade de área plantada.

Quando comparado à testemunha (0000), o tratamento 0001 permite uma remuneração do capital adicional investido da ordem de 22% aos 9,1 anos, e de 18% aos 11,5 anos.

Ressalta-se que em tal análise não estão sendo considerados outros benefícios diretos e indiretos da adubação, como, por exemplo, a menor necessidade de área plantada, fator este, considerado por MELLO (1968), como muito importante para redução dos investimentos a serem aplicados. Se o fator de diminuição de investimento em terras e novas implantações for considerado na tomada de decisão, os tratamentos de maior produtividade, caso do 2221, 2121 e 1221 poderão, no caso de regiões do país onde o preço da terra é alto, se constituírem nas técnicas de maior importância, já que os mesmos permitem uma redução de área plantada

da ordem de 45% .

Com relação ainda ao custo/m³ , observa-se que o mesmo diminui dos 9,1 anos para os 11,5 anos, como consequência do maior ritmo de crescimento observado aos 11,5 anos, conforme já discutido no item 5.2 deste trabalho.

Pelos dados obtidos nas condições do experimento, e considerando que o país importa todo o K consumido, grande parte do P e N, e sendo o calcário um fertilizante inteiramente nacional, por ora, analisando somente o custo/m³, seria recomendável que nos plantios com o *P. caribae* a var. *bahamensis*, fosse utilizado por ocasião da implantação 3t/ha de calcário magnesiano. É importante ressaltar, que outras fontes e doses de Ca e Mg, bem como de P, sejam testadas de forma a ampliar as alternativas de fontes de nutrientes para essa importante espécie florestal. As respostas positivas, tanto ao P como ao Ca, demonstram que seria extremamente interessante o estabelecimento de novas pesquisas utilizando-se os fosfatos naturais em cuja composição esses elementos estivessem presentes.

5.4. Densidade Básica da Madeira

Pelos dados da Tabela 17 do Apêndice, observa-se que o calcário e o potássio apresentaram efeitos altamente significativos sobre a densidade da madeira, ao nível de 1% de probabilidade, sendo que os demais elementos não promoveram qualquer alteração na referida característica.

O nitrogênio, citado por dezenas de autores como um elemento que influi negativamente na densidade da madeira de coníferas, neste caso não proporcionou qualquer alteração. Resalta-se que, nos dados de literatura, os trabalhos foram conduzidos com coníferas de clima temperado, onde o nitrogênio normalmente tem proporcionado ganhos significativos no crescimento.

No caso do fósforo, apesar do mesmo promover ganhos em volume da ordem de 12% aos 11,5 anos, a densidade básica da madeira não foi praticamente afetada.

O potássio, por sua vez, promoveu ganhos em volume da ordem de 9% , porém, teve a densidade básica da madeira diminuída em aproximadamente 4,5% .

Esses números, no caso do K e P, apesar da leve alteração que proporcionaram, mostram que, possivelmente, o elemento nutriente tenha uma ação direta sobre a densidade da madeira e, não somente indireta, ou seja, através das alterações no ritmo de crescimento, pois, a magnitude de resposta para o P foi até superior à do K sem, entretanto, afetar a densidade.

A aplicação de calcário promoveu uma diminuição de 11% na densidade da madeira, número este considerado bastante significativo, inclusive, em termos práticos, pois, ligada à densidade está uma série de outras propriedades da madeira, bem como rendimentos de processos de transformação da mesma. Essa redução na densidade, promovida pela aplicação de calcário, possivelmente se

deva ao maior ritmo de crescimento proporcionado à floresta, haja visto que o diferencial de volume proporcionado pelo fertilizante foi da ordem de 34% . Ocorre, porém, que face às dúvidas proporcionadas pelos resultados da aplicação de K e P, as causas reais das alterações promovidas na densidade da madeira; talvez, pudessem ser esclarecidas com um estudo mais aprofundado a nível de anéis de crescimento, proporção madeira juvenil / adulta e, principalmente, em função das alterações promovidas nas dimensões da copa, pois, segundo LARSON (1962), a copa viva exerce um papel primordial no crescimento da árvore e, conseqüentemente, na densidade da madeira.

Ressalte-se, também, que, possivelmente, as interações não estudadas (triplas e quádruplas) estejam influenciando nos resultados e merecendo um estudo mais detalhado e aprofundado.

6. CONCLUSÕES

As análises dos resultados obtidos nas diferentes idades permitem as seguintes conclusões:

- a) A fertilização promoveu alterações no desenvolvimento das árvores.
- b) A fertilização agiu de forma diferenciada sobre os parâmetros de crescimento, alterando de forma mais pronunciada o crescimento em DAP do que o crescimento em altura.
- c) A aplicação de calcário proporcionou o maior crescimento às árvores, seguido do superfosfato simples e, posteriormente, do cloreto de potássio, quer isoladamente ou em conjunto.
- d) A aplicação isolada de sulfato de amônio não proporcionou respostas ao crescimento das árvores.

- e) O efeito da aplicação de P vem decaindo com a idade da floresta, enquanto que os efeitos do K e do calcário se mantiveram estáveis até os 11,5 anos de idade.
- f) A aplicação de 3t/ha de calcário magnesiano promoveu alterações nos teores de Ca , Mg e Al das câ^uma^udas su^uper^ufici^uais do solo, mesmo após 11,5 anos de idade.
- g) Dentro do critério de análise econômica utilizado, os tra^utamentos 0011 e 0001 foram os que apresentam o menor cus^uto por unidade de volume real produzida, ao 9,1 e 11,5 anos, respectivamente, enquanto que o tratamento 2000 foi o de maior custo em ambas as idades.
- h) Dentre 27 tratamentos de menor custo /m³ , em 25 foi uti^ulizado calcário, enquanto que dos 27 tratamentos de maior custo /m³, em apenas 2 (dois) foi utilizado calcário
- i) A densidade básica da madeira sofreu alterações significativas em função da aplicação dos fertilizantes. O P não alterou a densidade; o K promoveu uma redução, en^uquanto que o calcário diminuiu a densidade da madeira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C., 1983. Características de qualidade dos corretivos de acidez do solo. In: VAN RAIJ, O.C., O.C. BATAGLIA e N.M. da SILVA. Acidez e calagem no Brasil. Campinas, Fundação Cargill. p. 12-22.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE, 1983. Perfil florestal do setor de celulose e papel em 1982. São Paulo. 16 p.

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 1974. Normas de ensaio. Rio de Janeiro.

BALLARD, R., 1974. Use of soil testing for predicting phosphate fertiliser requirements of radiatapine at training of planting. New Zealand journal of forest science, Rotowa, 4(1):27-34.

- BALLARD, R., 1978a. Use of the bray soil test in forestry: 2 - determination of cation status. New Zealand journal of forest science, Rotowa, 8(3):332-43.
- BALLARD, R., 1978b. Use of fertilizers at establishment of exotic forest plantations in New Zealand. New Zealand Journal of forest science, Rotowa, 8(1):70-104.
- BALLARD, R., 1978c. Effect of first rotations phosphorus applications on fertiliser requirements of second rotation radiatapine. New Zealand journal of forest science, Rotowa, 8(1):135-45.
- BALLARD, R., 1979. Diagnosis of fertilizer requirements of forest. In: BALLARD, R. Forest soils short course. Raleigh, NCSU. p. 41-54.
- BALLONI, E.A., 1979. Técnicas de instalação, condução e avaliação de experimentos florestais. In: CURSO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA EM PRÁTICAS EXPERIMENTAIS EM SILVICULTURA, Piracicaba, 19 - 23 nov. 1979. Anais. Piracicaba, IPEF. p. G1 / G-17 .
- BARRET, R.L., D.T. CARTER e B.R.T. SEWARD, 1975. *Eucalyptus grandis* in Rhodesia. Research bulletin. Rhodesia forestry commission, Salisbury, (6):1-87.

BAULE, H., 1975. World-wide use of fertilizer in forestry at present and in the near future. South African forestry journal, Pretoria (94):13-9.

BAULE, H. e C. FRICKER, 1970. The fertilizer treatment of forest trees, München, BLV. 260 p.

) BEATON, J.D., 1973. Fertilizer methods and applications to forestry practice. USDA. Forest Service. NE general technical report, Broomall (3):55-71

BENGTSON, W.G., 1970. Placement influences the effectiveness of phosphates for pine seedlings. In: YOUNGBERG, C.T. e DAVEN, C.B. Tree growth and forest soils. Corvallis, Oregon State University Press. p. 51-63.

BERGER, R. e R.C.D. GARLIPP, 1982. Custo-preço: uma alternativa financeira na avaliação da produção florestal. Circular técnica. IPEF, Piracicaba (141):1-8.

BERTOLOTTI, G. *et alii*, 1983. Efeitos de diferentes métodos e intensidades de desbaste na produtividade de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. IPEF, Piracicaba (24):47-54.

BRASIL SOBRINHO, M.O.C. *et alii*, 1961. Competição entre diferentes tipos de localização no plantio de eucaliptos. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo, 1961. Relatórios. São Paulo. v. 2, p. 919-25.

BRENDEMUEHL, R.H., 1970. The phosphorus placement problem in forest fertilization. In: YOUNGBERG, C.T. e C. B. DAVEY. Tree growth and forest soils. Corvalis , Oregon State University Press. p. 43-50.

BUNN, E.H. e G.M. WILL, 1973. Management operations affecting nutrient cycling and fertilizer response in forest stands. In: FAO - IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION, Paris. Proceedings. Rome, FAO. p. 33-53.

CLEAVELAND, M.K., J.E. WOOTEN e J.R. SAUCIER, 1974. Annotated bibliography on the effect of fertilization on wood quality. Clemson, Department of Forestry.

COOLING, E.N. e B.E. JONES, 1970. The importance of boron and NPK fertilizers to eucaliptos in the Southern Province, Zambia. East African Agricultural Forestry journal, Nairobi, 36 (2) : 185-94.

DAUBENMIRE, R. e D.C. PRUSSO, 1963. Studies of decomposition rates of the litter. Ecology, Durham, 44(3):589-92.

- DAVIS, W.H., G.F. WEETMAN e R. KNOWLES, 1970. Effectiveness of nitrogen fertilizers and mulch for amelioration of severe planting sites. In: YOUNGBERG, C.T. e C.B. DAVEN. Tree growth and forest soils. Corvallis, Oregon State University Press. p. 65-72.
- DONALD, D.G.M. e L.M. GLEN, 1974. The response of *Pinus radiata* and *Pinus pinaster* to N, P e K fertilizers applied at planting. South African forestry journal, Pretoria (91):19-28.
- DONALD, D.G.M. e C.J. SCHULTZ, 1977. The response of *Eucalyptus* to fertilizer applications at planting. South African forestry journal, Pretoria (102):23-8.
- EPSTEIN, F., 1975. Nutrição mineral das plantas. São Paulo , EDUSP. 341 p.
- FERNANDES, P. de S. e J.L. MORAES, 1976. Quatro diferentes níveis de calagem em *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. Boletim técnico, IF, São Paulo (22):16-28.
- GALVÃO, A.P.M. *et alii*, 1969. Dendrometria e inventários florestais. Piracicaba, ESALQ/DS. 56 p.
- GODOY, H. e A.A. ORTOLANI, s/d. Carta climática do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico.

- GOLFARI, L., R.L. CASER e V.P.G. MOURA, 1978. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. Série técnica. PRODEPEF, Brasília (11):1-66.
- GRUTCHFIELD, D., 1974. Loblolly pine fertilization study. In: SYMPOSIUM OF MANAGEMENT OF YOUNG PINES, Alexandria, 22-24 out 1974. Proceedings. Asherville, Southeastern Area. p. 330-4.
- HACKSKAYLO, J., R.F. FINN e A. VIMMERSTED, 1969. Deficiency symptoms of some forest trees. Research bulletin Ohio Agricultural Research and Development Center, (1015) : 1 - -67.
- HOPMANS, P., D.W. FLINN e B.C. AERBERLI, 1978. Evaluation of soil testing methods for predicting early growth and responses to phosphatic fertilizer of *Pinus radiata* at Heywood, Victoria, Australian forest research, Melbourne, 8:57-61.
- HUGHES, J.M. e W.P. BOYD, 1973. Economic considerations in forest fertilization. USDA. Forest Service NE general technical report. Broomale (3):45-54.
- KAGEYAMA, P.Y., 1977. Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* na região de Agudos - SP. Piracicaba. 83 p. (Tese - Mestrado - ESALQ).

KAUL, O.N., P.B.L. SRIVASTAVA e N.K.S. BORA, 1966. Nutrition studies on *Eucaliptus* hybrid seedlings. Indian forester, Dehra Dum, 92(4):264-8.

KRAMER, P.J. & KOZLOWSKI, I.I., 1972. Fisiologia das árvores. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 745 p.

LAMB, A.F.A., 1973. *Pinus caribaea*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. 254 p.

LARSON, P.R., 1962. A biological approach to the wood quality. Tappi, Atlanta, 45(6):443-8.

LUKHOFF, H.A., 1964. The natural distribution, growth and botanical variation of *Pinus caribaea* and its cultivation in South Africa. Annale Universiteit van Stellenbosh, Stellenbosh, 39(1-A).

MALAVOLTA, E. *et alii*, 1974. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, EDUSP. 727 p.

MELLO, H.A., 1968. Aspectos do emprego de fertilizantes minerais no reflorestamento de solos de cerrado do Estado de São Paulo com *Eucaliptus saligna*. Piracicaba. 176 p. (Tese - Professor - ESALQ).

MELLO, H.A. *et alii*, 1961. Composição química de *Eucalyptus alba* e *Eucalyptus grandis*: resultados preliminares. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo, 1961. Relatórios. São Paulo. v. 2, p. 1329-34.

MILLER, H.G., 1981. Nutrient cycles in forest plantations, their change with age and the consequence for fertilizer practice. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP ON PRODUCTIVITY IN PERPETUITY, Canberra, 1981. Proceedings. Canberra, CS / RO. p. 187-201.

NOVAIS, R.F., N.F. BARROS e J.C. LIMA, 1983. Nutrição de eucalipto, fertilização e correção do solo para seu cultivo. Viçosa, UFV. 45 p.

POWERS, R.F., 1976. Principles and concepts of forest soil fertility. In: EARTH SCIENCE SYMPOSIUM, 1, Berkeley. Proceedings. p. 1-33.

PRIMAVESI, A., 1980. O manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Nobel. 541 p.

PRITCHET, W.L., 1979. Properties and management of forest soils. New York, John Wiley. p. 189-212.

- RANZANI, G. *et alii*, 1972. Carta de solos dos hortos de propriedade de Champion Celulose S.A. Piracicaba, ESALQ.
- SAVORY, B.M., 1962. Boron deficiency in *Eucalyptus* in Northern Rhodesia. Empire forestry review, Oxford, 41(2):118-26.
- SCHMIDTLING, R.C., 1973. Intensive culturs increases growth without affecting wood quality of young southern pines. Canadian journal of forest research, Ottawa, 3(3):
- SCHÖNAU, A.P.G., 1977. Initials responses to fertilizing *Eucalyptus grandis* at planting are sustained until harvesting. South African forestry journal, Pretoria (100):72-80.
- SCHÖNAU, A.P.G., 1981. Seasonal changes in foliar nutrient of *Eucalyptus grandis*. South African forestry journal, Pretoria (118):1-4.
- SIMÕES, J.W. *et alii*, 1970. A adubação acelera o desenvolvimento inicial de plantações de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, IPEF, Piracicaba (1):59-80.
- SMITH, W.H. e R.E. GODDARD, 1973. Effects of genotype on the response to fertilizer. In: FAO - IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION, Paris. Proceedings. Rome, FAO. p. 155-68.

SPINA - FRANÇA, F., 1980. Acúmulo de "litter" em povoamentos de Pinus. Piracicaba, ESALQ /DS. 36 p.

STONE, E.L. e G.M. WILL, 1965. Boron deficiency in *Pinus radiata* and *Pinus pinaster*. Forest Science, Madison, 11(4):425-33.

SWITZER, G.L. e L.E. NELSON, 1972. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine plantations ecosystems: the first twenty year. Soil science society of American proceedings, Madison, 36(1):143-7.

SWITZER, G.L. e L.E. NELSON, 1973. Maintenance of productivity under short rotations. In: FAO - IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION, Paris. Proceedings. Rome, FAO. p. 365-89.

TAMM, C.O., 1964. Determinations of nutrient requirements of forest stands. In: ROMBERGER, J.A. e P. MIKOLA. International review of forest research. New York, Academic Press. p. 115-59.

TAYLOR, F.W., 1974. Differences in the wood of *Eucalyptus grandis* grown in different parts of South Africa. South African forestry journal, Pretoria (91):

THORNTHWAITE, C.V. e J.R. MATHER, 1955. The water balance. Publications in climatology, Centerton, (8):1-104.

- VAN DEN BURG, J., 1976. Problems related to analysis of forest soil fertility. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 16, Oslo, June 1976. Proceedings. Oslo. v. 1, p. 148-65.
- VAN DEN BURG, J. & VAN GOOR, C.P., 1973. Influence of fertilizers on tree growth and their interaction with factor of site. In: FAO - IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION, Paris. Proceedings. Rome, FAO. p. 169-80.
- VAN GOOR, C.P., 1965/66. Nutrição de alguns pinheiros tropicais. Silvicultura em São Paulo, São Paulo, 4/5 : 313-40.
- WARING, H.D., 1976. Forest nutrition problems in the tropics and sub-tropics. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 16, Oslo, June 1976. Proceedings, Oslo. v. 1. p. 128-40.
- WARING, H.D., 1981. Forest fertilization in Australia: early and late. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP ON PRODUCTIVITY IN PERPETUITY, Canberra, 1981. Proceedings. Canberra, CSIRO. p. 201-17.
- WELLS, C.G., 1977. Nutrient cycling and its relationship to fertilization. In: SOUTH FOREST SOILS WORKSHOP, 6, Charleston. Proceedings. Charleston. p. 78-87.

WELLS, C.G. e J.R. JORGENSEN, 1975.

In: BARNIER, B. e C.H. WINGERT. Forest soils and land management. Quebec, Laval University Press. p. 137-57.

WOOLLONS, R.C. e G.M. WILL, 1975. Increasing growth in high production radiata pine stands by nitrogen fertilizers. New Zealand journal of forestry, Rotorua, 20(2):243-53.

ZOBEL, B., 1977. Wood properties. In: TREE IMPROVEMENT SHORT COURSE, Raleigh, mai. 1977. Proceedings. Raleigh, NCSU / / School of Forest Resource. p. 115-34.

ZOTTLE, H.W., 1973. Diagnosis of nutritional disturbance in forest stands. In: FAO - IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION, Paris. Proceedings. Rome FAO. p. 76-96.

A P Ê N D I C E

Tabela 1. Análise de Variância para o Crescimento em Altura
aos 3,2 anos de idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	36.033245	0.706534	4.5152 **
Blocos	5	1.246194	0.249238	1.5928
Resíduo	51			
N	2	0.157119	0.078559	0.5020
P	2	15.965797	7.982898	51.0164 **
K	2	0.661392	0.330696	2.1133
Ca	1	9.864624	9.864624	63.0419 **
NxP	4	0.681831	0.170457	1.0893
NxK	4	0.977855	0.244463	1.5622
NxCa	2	0.544008	0.272004	1.7383
PxK	4	0.294425	0.073606	0.4703
PxCa	2	1.579742	0.789871	5.0478
KxCa	2	0.248325	0.124162	0.7934
CONF. 2 GL				
D. INT. 26		5.058122	0.194543	1.2432
TOTAL	107	45.259771		

Média geral = 5,55 m

CV = 7,13%

** - significativo ao nível de 1%

* - significativo ao nível de 5%

C.V. - Causa de variação

G.L. - Graus de liberdade

S.Q. - Somatório dos quadrados

Q.M. - Quadrado médio

Tabela 2. Desdobramento dos Graus de Liberdade da Interação
P x Ca para o Crescimento em Altura aos 3,2 anos
de Idade

CAUSAS DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de P dentro de Ca 0	2	13.746936	6.873468	43.9263**
Níveis de P dentro de Ca 1	2	3.798604	1.899302	12.1378**
Níveis de Ca dentro de P 0	1	7.812025	7.712025	49.9244**
Níveis de Ca dentro de P 1	1	2.501669	2.501669	15.9874**
Níveis de Ca dentro de P 2	1	1.130677	1.130677	7.2258**
RESÍDUO	51	7,980331	0,156477	

As médias das interações são:

Ca 0 PO	4,59 m	Ca 1 PO	5,52 m
Ca 0 P1	5,33 m	Ca 1 P1	5,86 m
Ca 0 P2	5,81 m	Ca 1 P2	6,17 m

Tabela 3. Análise de Variância para o Crescimento
em DAP aos 3,2 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	100.572734	1.972014	15.6639**
Blocos	5	0.710338	0.142067	1.1284
Resíduo	51	6.420639	0.125894	
N	2	0.001995	0.000997	0.0079
P	2	30.439590	15.219795	120.8928**
K	2	5.611228	2.805614	22.2853**
Ca	1	57.058048	57.058048	453.2197**
NxP	4	0.346797	0.086699	0.6886
NxK	4	0.311893	0.077973	0.6193
Nx Ca	2	0.409324	0.204662	1.6256
PxK	4	0.093116	0.023279	0.1849
Px Ca	2	3.162418	1.581209	12.5597**
Kx Ca	2	0.059513	0.029756	0.2363
CONF. 2 GL				
D. INT. 26		3.078807	0.118415	0.9405
TOTAL	107	3.078807	0.118415	0.9405

Média geral = 7,87 cm

C.V. = 4,51%

Tabela 4. Desdobramento dos Graus de Liberdade da Interação P x Ca para o Crescimento em DAP aos 3,2 anos de Idade

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de P dentro de Ca 0	2	26.540487	13.270243	105.4073**
Níveis de P dentro de Ca 1	2	7.061529	3.530764	28.0453**
Níveis de Ca dentro de P 0	1	33.620668	33.620668	267.0534**
Níveis de Ca dentro de P 1	1	14.605136	14.605136	116.0105**
Níveis de Ca dentro de P 2	1	11.994682	11.994682	95.2753**
RESÍDUO	51	6.420639	8.125894	

As médias das interações são:

Ca 0 P 0	6,18 cm	Ca 1 P0	8,11
Ca 0 P 1	7,42	Ca 1 P1	8,70
Ca 0 P 2	7,82	Ca 1 P2	8,98

Tabela 5. Análise de Variância para o Crescimento em
Volume Cilíndrico aos 3,2 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	21870.662368	428.836517	13.2996**
Blocos	5	189.281494	37.856298	1.1740
Resíduo	51	1644.450440	32.244126	
N	2	6.823852	3.411926	0.1058
P	2	7794.360967	3897.180483	120.8648**
K	2	1007.044922	503.522461	15.6159**
Ca	1	11151.825935	11151.825935	345.8560**
N x P	4	114.774292	28.693573	0.8898
N x K	4	155.646362	38.911590	1.2067
N x Ca	2	102.884643	51.442321	1.5954
P x K	4	80.727294	20.181823	0.6259
P x Ca	2	170.916626	85.458313	2.6503
K x Ca	2	12.386962	6.193481	0.1920
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	1.273.270509	48.971942	1.5187
TOTAL	107	23704.394309		

Média geral = 47,40 m³ / ha

CV = 11,98%

Tabela 6. Análise de Variância para Porcentagem
de Falhas, aos 3,2 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	411.473901	8.068115	0.8197
Blocos	5	9.015986	1.803197	0.1832
Resíduo	51	501.977104	9.842688	
N	2	11.525728	5.762864	0.5854
P	2	15.834826	7.917413	0.8043
K	2	17.452257	8.726128	0.8865
Ca	1	0.151174	0.151174	0.0153
NxP	4	17.124928	4.281232	0.4349
NxK	4	24.397290	6.099322	0.6196
NxCa	2	42.590684	21.295342	2.1635
PxK	4	20.088192	5.022048	0.5102
PxCa	2	42.590684	21.295342	2.1635
KxCa	2	7.574709	3.787354	0.3847
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	212.143425	8.159362	0.8289
TOTAL	107	922.466991		

Tabela 7. Análise de Variância para o Crescimento
em Altura aos 7 anos de Idade

C.V.	GL	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	44.930351	0.880987	2.4885**
Blocos	5	13.915283	2.783056	7.8612**
Resíduo	51	18.055068	0.354020	
N	2	0.790718	0.395359	1.1167
P	2	12.684326	6.342163	17.9146**
K	2	0.262390	0.131195	0.3705
Ca	1	13.796295	13.796295	38.9702**
NxP	4	0.472465	0.118116	0.3336
NxK	4	1.251907	0.312976	0.8840
NxCa	2	0.318557	0.159278	0.4499
PxK	4	0.259971	0.064992	0.1835
PxCa	2	0.600227	0.300113	0.8477
KxCa	2	0.711601	0.355800	1.0050
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	13.781890	0.530072	1.4972
TOTAL	107	76.900703		

Média geral = 11,74 m

CV = 5,07%

Tabela 8. Análise de Variância para o Crescimento
em DAP, aos 7 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	116.847045	2.291118	15.4257**
Blocos	5	3.455581	0.691116	4.6531**
Resíduo	51	7.574798	0.148525	
N	2	0.037399	0.018699	0.1259
P	2	12.387863	6.193931	41.7028**
K	2	10.036605	5.018302	33.7874**
Ca	1	86.314407	86.314407	581.1421**
N x P	4	0.628784	0.157196	1.0583
N x K	4	0.299392	0.074848	0.5039
N x Ca	2	0.501327	0.250663	1.6876
P x K	4	0.349517	0.087379	0.5883
P x Ca	2	1.871643	0.935821	6.3007**
K x Ca	2	0.054641	0.027320	0.1839
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	4.365463	0.167902	1.1304
TOTAL	107	127.877426		

Média geral = 12,58 cm

C.V. = 3,06%

Tabela 9. Desdobramento dos Graus de Liberdade da Interação
P x Ca para o Crescimento em DAP, aos 3,2 anos de
idade

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de P dentro de Ca 0	2	11.943898	5.971948	40.2082**
Níveis de P dentro de Ca 1	2	2.315605	1.157802	7.7953**
Níveis de Ca dentro de P 0	1	41.409229	41.409229	278.8022**
Níveis de Ca dentro de P 1	1	26.044006	26.044006	175.3504**
Níveis de Ca dentro de P 2	1	20.732845	20.732845	139.5911**
RESÍDUOS	51	7.574798	0.148525	

As médias das interações são:

Ca 0 P0	11,05 cm	Ca 1 P0	13,20 cm
Ca 0 P1	11,83 cm	Ca 1 P1	13,53 cm
Ca 0 P2	12,18 cm	Ca 1 P2	13,69 cm

Tabela 10. Análise de Variância para Crescimento em
Volume Cilíndrico, aos 7,0 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	262281.363525	5142.771835	11.0082**
Blocos	5	12312.437511	2462.487502	5.2710**
Resíduo	51	23825.847679	467.173483	
N	2	633.453125	316.726562	0.6779
P	2	39842.304718	19921.152359	42.6418**
K	2	15696.867195	7848.433597	16.7998**
Ca	1	182125.937622	182125.937622	389.8464**
NxP	4	1638.062500	409.515625	0.8765
NxK	4	1584.855469	396.213867	0.8481
NxCa	2	1456.417969	728.208984	1.5587
PxK	4	496.835937	124.208984	0.2658
PxCa	2	1224.664063	612.332031	1.3107
KxCa	2	40.035156	20.017578	0.0428
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	17541.929710	674.689604	1.4441
TOTAL	107	298419.648681		

Média geral = 252,01 m³ / ha

C.V. = 8,58%

Tabela 11. Análise de Variância para Porcentagem de Falhas, aos 7,0 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	704.900291	13.821750	0.7820
Blocos	5	25.064803	5.012960	0.2836
Resíduo	51	901.401132	17.674531	
N	2	46.196159	23.098079	1.3068
P	2	17.754039	8.877019	0.5022
K	2	31.691180	15.845590	0.8965
Ca	1	5.647131	5.647131	0.3195
N x P	4	39.814589	9.953647	0.5631
N x K	4	65.310740	16.327685	0.9237
N x Ca	2	5.402314	2.701157	0.1528
P x K	4	50.237924	12.559481	0.7105
P x Ca	2	52.655933	26.327966	1.4895
K x Ca	2	40.304214	20.152107	1.1401
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	349.895063	13.457502	0.7614
TOTAL	107	1631.375226		

Tabela 12. Análise de Variância para o Crescimento em
Altura aos 11,5 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	60.673187	1.189670	3.1659**
Blocos	5	5.147369	1.029473	2.7396*
Resíduo	51	19.164382	0.375772	
N	2	0.243637	0.121818	0.3241
P	2	6.874023	3.437011	9.1465**
K	2	1.013000	0.506500	1.3478
Ca	1	31.213333	31.213333	83.0645**
NxP	4	0.734664	0.183666	0.4887
NxK	4	2.320800	0.580200	1.5440
NxCa	2	0.743469	0.371734	0.9892
PxK	4	0.846664	0.211666	0.5632
PxCa	2	0.311660	0.155830	0.4146
KxCa	2	1.369354	0.684677	1.8220
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	15.002578	0.577022	1.5355
TOTAL	107	84.984939		

Média geral = 16,96 m

C.V. = 2,89%

Tabela 13. Análise de Variância para o Crescimento em
DAP aos 11,5 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	157.963195	3.097317	12.8684**
Blocos	5	1.362182	8.272436	1.1318
Resíduo	51	12.275192	0.240690	
N	2	0.399276	0.199638	0.8294
P	2	10.387451	5.193725	21.5784**
K	2	8.195388	4.097694	17.0247**
Ca	1	122.710189	122.710189	509.8266**
NxP	4	1.013610	0.253402	1.0528
NxK	4	0.780502	0.195125	0.8106
NxCa	2	1.449447	0.724723	3.0110
PxK	4	0.552047	0.138011	0.5734
PxCa	2	3.375946	1.687973	7.0130**
KxCa	2	0.048141	0.024070	0.1000
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	9.051193	0.348122	1.4463
TOTAL	107	171.600570		

Média geral = 16,96 cm

C.V. = 2,89%

Tabela 14. Análise dos Graus de Liberdade da Interação
P x Ca para Crescimento em DAP aos 11,5
anos de Idade

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	S.Q.	Q.M.	F
Níveis de P dentro de Ca 0	2	12.576942	6.288471	26.1268**
Níveis de P dentro de Ca 1	2	1.186523	0.593261	2.4648
Níveis de Ca dentro de P 0	1	62.225799	62.225799	258.5308**
Níveis de Ca dentro de P 1	1	33.408393	33.408393	138.8025**
Níveis de Ca dentro de P 2	1	30.452003	30.452003	126.5195**
RESÍDUO	51	12,275192	0,240690	

As médias das interações são:

Ca 0 P0	15,24	Ca 1 P0	17,87
Ca 0 P1	16,06	Ca 1 P1	17,99
Ca 0 P2	16,40	Ca 1 P2	18,23

Tabela 15. Análise de Variância para o Crescimento em
Volume Cilíndrico aos 11,5 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	1364223.220214	26749.474906	10.5727**
Blocos	5	27359.312522	5471.862504	2.1627
Resíduo	51	129031.937591	2530.037991	
N	2	263.931250	131.515625	0.0519
P	2	105213.781341	52606.890670	20.7929**
K	2	63125.281280	31562.640640	12.4751**
Ca	1	1038876.406982	1038876.406982	410.6169**
NxP	4	14685.000007	3671.250001	1.4510
NxK	4	10457.906261	2614.476565	1.0333
NxCa	2	11518.812507	5759.406253	2.2764
PxK	4	3273.031252	818.257813	0.3234
PxCa	2	10164.125011	5082.062505	2.0086
KxCa	2	873.062500	436.531250	0.1725
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	105772.781311	4068.183897	1.6079
TOTAL	107	1520614.469726		

Média geral = 673,16 m³ /ha

C.V. = 7,47%

Tabela 16. Análise de Variância para Porcentagem de Falhas aos 11,5 anos de Idade

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	1571.865051	30.820883	1.6339*
Blocos	5	190.803746	38.160749	2.0231
Resíduo	51	961.979970	18.862352	
N	2	37.512480	18.756240	0.9943
P	2	59.772930	29.886465	1.5844
K	2	95.634950	47.817475	2.5350
Ca	1	28.108422	28.108422	1.4901
NxP	4	217.203852	54.300963	2.8788*
NxK	4	46.248024	11.562006	0.6129
NxCa	2	42.782600	21.391300	1.1340
PxK	4	32.133550	8.033387	0.4258
PxCa	2	61.315992	30.657996	1.6253
KxCa	2	51.821303	25.910651	1.3736
TOTAL	107	2724.648767		

Tabela 17. Análise de Variância para Densidade
Básica da Madeira

C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratam.	51	0.100017	0.001961	3.1489**
Blocos	5	0.001364	0.000272	0.4381
Resíduo	51	0.031762	0.000622	
N	2	0.000206	0.000103	0.1654
P	2	0.000638	0.000319	0.5126
K	2	0.007773	0.003886	6.2408**
Ca	1	0.066554	0.066554	106.8642**
NxP	4	0.002501	0.000625	1.0042
NxK	4	0.001275	0.000318	0.5119
NxCa	2	0.000068	0.000034	0.0547
PxK	4	0.004641	0.001160	1.8631
PxCa	2	0.000615	0.000307	0.4940
KxCa	2	0.000029	0.000014	0.0234
CONF. 2 GL				
D. INT.	26	0.015714	0.000604	0.9704
TOTAL	107	0.133144		

Média geral = 0,4594 g / cm³

C.V. = 5,43%

Tabela 18. Diferenças Mínimas Significativas do Teste de Tukey para os Limites de 5% e 1% de Probabilidade para H, DAP, VC e % F , aos 3,2 anos de Idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	NÍVEL DE 5%				NÍVEL DE 1%			
	H	DAP	VC	% F	H	DAP	VC	% F
N	0.2253	0.2021	3.2347	1.7872	0.2848	0.2554	4.0889	2.2591
P	0.2253	0.2021	3.2347	1.7872	0.2848	0.2554	4.0889	2.2591
K	0.2253	0.2021	3.2347	1.7872	0.2848	0.2554	4.0889	2.2591
Ca	0.1530	0.1372	2.1972	1.2139	0.2038	0.1828	2.9263	1.6167
N x P	0.5241	0.4701	7.5247	4.1574	0.6192	0.5554	8.8894	4.9114
N x K	0.5241	0.4701	7.5247	4.1574	0.6192	0.5554	8.8894	4.9114
N x Ca	0.5241	0.4701	7.5247	4.1574	0.6192	0.5554	8.8894	4.9114
P x K	0.3908	0.3505	5.6099	3.0994	0.4702	0.4218	6.7509	3.7298
P x Ca	0.3908	0.3505	5.6099	3.0994	0.4702	0.4218	6.7509	3.7298
K x Ca	0.3908	0.3305	5.6099	3.0994	0.4702	0.4218	6.7509	3.7298
O. INT	1.7015	1.5262	24.4250	13.4948	1.9233	1.7252	27.6099	15.2544
BLOCOS	0.3186	0.2858	4.5746	2.5275	0,4028	0.3613	5.7825	3.1948

H - altura VC - Volume
cilíndrico

% F - porcentagem de folhas

O. INT - outras interações

Tabela 19. Diferenças Mínimas Significativas do Teste de Tukey para os Limites de 5% e 1% de Probabilidade para H, DAP, VC e % F, aos 7,0 anos de Idade

CAUSA DE VARIAÇÃO	NÍVEL DE 5%				NÍVEL DE 1%			
	H	DAP	VC	% F	H	DAP	VC	% F
N	0.3389	0.2195	12.3128	2.3949	0.4284	0.2775	15.5640	3.0273
P	0.3389	0.2195	12.3128	2.3949	0.4284	0.2775	15.5640	3.0273
K	0.3389	0.2195	12.3128	2.3949	0.4284	0.2775	15.5640	3.0273
Ca	0.2302	0.1491	8.3636	1.6267	0.3066	0.1986	11.1387	2.1665
N x P	0.7884	0.5107	28.6423	5.5711	0.9314	0.6033	33.8367	6.5814
N x K	0.7884	0.5107	28.6423	5.5711	0.9314	0.6033	33.8367	6.5814
N x Ca	0.7884	0.5107	28.6423	5.5711	0.9314	0.6033	33.8367	6.5814
P x K	0.5878	0.3807	21.3536	4.1534	0.7073	0.4581	25.6967	4.9981
P x Ca	0.5878	0.3807	21.3536	4.1534	0.7073	0.4581	25.6967	4.9981
K x Ca	0.5878	0.3807	21.3536	4.1534	0.7073	0.4581	25.6967	4.9981
O. INT	2.5593	1.6577	92.9713	18.0835	2.8930	1.8738	105.0942	20.4415
BLOCOS	0.4793	0.3104	17.4130	3.3869	0.6059	0.3924	22.0108	4.2812

Tabela 20. Diferenças Mínimas Significativas do Teste de Tukey, para os limites de 5% e 1% de Probabilidade para H, DAP, VC e %F, aos 11,5 anos de Idade.

CAUSA DE VARIAÇÃO	NÍVEL DE 5%				NÍVEL DE 1%			
	H	DAP	VC	%F	H	DAP	VC	%F
N	0.3492	0.2794	28.6539	2.4741	0.4414	0.3532	36.2198	3.1273
P	0.3492	0.2794	28.6539	2.4741	0.4414	0.3532	36.2198	3.1273
K	0.3492	0.2794	28.6539	2.4741	0.4414	0.3532	36.2198	3.1273
Ca	0.2372	0.1898	19.4634	1.6805	0.3159	0.2528	25.9216	2.2381
N x P	0.8123	0.6501	66.6550	5.7552	0.9596	0.7680	78.7430	6.7990
N x K	0.8123	0.6501	66.6550	5.7552	0.9596	0.7680	78.7430	6.7990
N x Ca	0.8123	0.6501	66.6550	5.7552	0.9596	0.7680	78.7430	6.7990
P x K	0.6056	0.4846	49.6931	4.2907	0.7287	0.5832	59.8001	5.1634
P x Ca	0.6056	0.4846	49.6931	4.2907	0.7287	0.5832	59.8001	5.1634
K x Ca	0.6056	0.4846	49.6931	4.2907	0.7287	0.5832	59.8001	5.1634
O. INT	2.6367	2.1102	216.3582	18.6813	2.9805	2.3854	244.5700	21.1172
BLOCOS	0.4938	0.3952	40.5227	3.4989	0.6242	0.4996	51.2225	4.4227