

MÁRMONN CANESTRARO NADOLNY

EFEITO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO
E NO ESTADO NUTRICIONAL DE *Pinus taeda* L., DURANTE
A FASE DE VIVEIRO

Dissertação apresentada ao Curso
de Pós-Graduação em Engenharia
Florestal do Setor de Ciências
Agrárias da Universidade Federal
do Paraná, como requisito parcial
para a obtenção do título de
Mestre em Ciências Florestais.

CURITIBA

1990

MINISTERIO DA EDUCACAO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA
SETOR DE CIENCIAS AGRARIAS
COORDENACAO DO CURSO DE POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

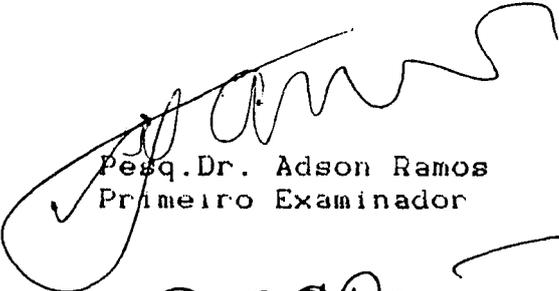
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato **MAROMN CANESTRARO NADOLNY**, sob o título "EFEITO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO E NO ESTADO NUTRICIONAL DE *Pinus taeda* L., DURANTE A FASE DE VIVEIROS." para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração em **SILVICULTURA**, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

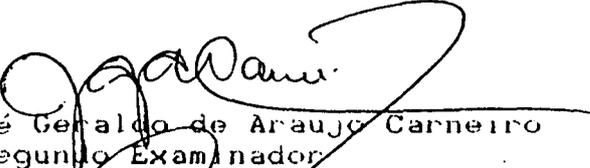
Observação:

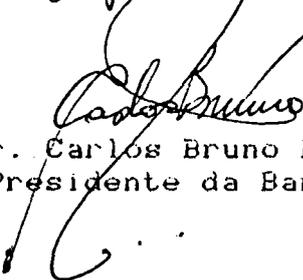
O critério de aprovação da Dissertação e Defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas, **APROVADA** ou **NÃO APROVADA**.

Curitiba, 14 de junho de 1990




Pesq. Dr. Adson Ramos
Primeiro Examinador


Prof. Dr. José Geraldo de Araujo Carneiro
Segundo Examinador


Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann
Presidente da Banca

Às minhas filhas,
JAQUELINE, REBECA e BÁRBARA,
À mãe de minhas filhas,
MÔNICA,
Com muito amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reismann pela orientação e colaboração que possibilitaram a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Geraldo de Araújo Carneiro pela orientação e cooperação.

À Prof. Dra. Beatriz Monte Serrat Prevedello pelo auxílio prestado no cálculo das adubações.

À colega e amiga Rosane Hupfeld Born pelo inestimável apoio na instalação e condução do experimento e coleta dos dados e cuja amizade possibilitou a realização deste trabalho.

À Indústria Klabin do Paraná de Celulose S/A pelo apoio logístico à implantação e condução do experimento.

Aos colegas, professores e funcionários da UFPr pelo convívio durante estes anos de curso.

Ao Instituto Agronômico do Paraná pelo auxílio na análise do material.

Ao CNPq pela concessão de bolsas de estudos.

À presidência e diretoria do ITCF pelo incentivo prestado.

Ao meu irmão Marcelo, pela valiosa contribuição na confecção dos histogramas que ilustram este trabalho.

À minha esposa Mônica pelo constante estímulo e dedicação nos momentos mais difíceis.

A Deus, fonte de força e sabedoria em todos os momentos de minha vida.

BIOGRAFIA DO AUTOR

O autor nasceu aos 4 dias do mês de maio de 1961 em Curitiba-Paraná, filho de Mármonn E. Nadolny e Lília Maria Nadolny.

Cursou o 1º grau no Colégio Santa Maria e o 2º grau na Escola Técnica Federal do Paraná, Curitiba, onde formou-se em Técnico em Eletrônica em 1979.

Neste mesmo ano ingressou na Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, onde formou-se em 1983.

Em 1984 ingressou no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, trancando matrícula em 1985.

Ainda em 1984, foi contratado, por concurso público, pelo Instituto de Terras, Cartografia e Florestas onde exerce atualmente a função de Chefe do Escritório Regional de Maringá.

Em 1987, destrancou matrícula no Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná para conclusão de créditos e obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xi
1 <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 <u>OBJETIVOS</u>	3
3 <u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	4
3.1 PARÂMETROS MORFOFISIOLÓGICOS E CLASSIFICAÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS.....	4
3.2 INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE PRODUÇÃO NO PADRÃO DE QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS.....	8
3.3 ASPECTOS DE NUTRIÇÃO DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS.....	9
3.4 NÍVEIS DE NUTRIENTES DAS ACÍCULAS EM PINUS.....	16
3.5 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM <i>Pinus sp.</i> ...	19
4 <u>MATERIAL E MÉTODO</u>	22
4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E ESPÉCIE ESTUDADA.....	22
4.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	23
4.3 MEDIÇÕES, CÁLCULOS E ANÁLISE DO MATERIAL.....	29
5 <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	33
5.1 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS.....	33
5.1.1 Altura da Parte Aérea (H).....	33

5.1.2	Diâmetro de Colo (D).....	38
5.1.3	Relação Altura da Parte Aérea e Diâmetro de Colo (H/D).....	41
5.1.4	Peso Seco Radicular (PSR).....	45
5.1.5	Peso Seco Aéreo (PSA).....	49
5.1.6	Peso Seco Total (PST).....	52
5.1.7	Percentagem de Raiz (% Raiz).....	55
5.1.8	Relação Peso Seco Radicular e Diâmetro de Colo (PSR/D).....	56
5.1.9	Relação Peso Seco Total e Diâmetro de Colo (PST/D).....	60
5.1.10	Relação Peso Seco Radicular e Altura da Parte Aérea (PSR/H).....	64
5.1.11	Relação Peso Seco Total e Altura da Parte Aérea (PST/H).....	68
5.2	ANÁLISE FOLIAR DAS MUDAS.....	71
5.3	SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL.....	78
5.3.1	Nitrogênio.....	78
5.3.2	Fósforo.....	78
5.3.3	Potássio.....	79
5.3.4	Magnésio.....	79
5.3.5	Zinco.....	79
5.3.6	Cobre.....	79
6	<u>CONCLUSÕES</u>	82
7	<u>APÊNDICES</u>	87
8	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	131

LISTA DE TABELAS

1	RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DOS SUBSTRATOS TRINITA E MANDAÇAIA.....	24
2	TRATAMENTOS EFETUADOS E NÚMERO DE MUDAS NECESSÁRIAS POR TRATAMENTO E POR SUBSTRATO.....	25
3	FONTE DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E VOLUME DE SOLO E QUANTIDADE DE ADUBO COMERCIAL NECESSÁRIOS EM CADA TRATAMENTO.....	26
4	CRONOGRAMA DE ADUBAÇÃO DURANTE A PRODUÇÃO DAS MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> L., PARA AMBOS OS SUBSTRATOS.....	28
5	CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS DAS MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.....	72
6	CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS DAS MUDAS DE <i>Pinus taeda</i> POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.....	73

LISTA DE FIGURAS

1	RESULTADOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.....	34
2	RESULTADOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.....	35
3	RESULTADOS DE DIÂMETRO DE COLO PARA O SUBSTRATO TRINITA	39
4	RESULTADOS DE DIÂMETRO DE COLO PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.....	39
5	MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RELATIVAS DE ALTURA DA PARTE AÉREA POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM AMBOS OS SUBSTRATOS.....	44
6	RESULTADOS DE PESO SECO RADICULAR PARA O SUBSTRATO TRINITA.....	47
7	RESULTADOS DE PESO SECO RADICULAR PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.....	47
8	RESULTADOS DE PESO SECO AÉREO PARA O SUBSTRATO TRINITA	50
9	RESULTADOS DE PESO SECO AÉREO PARA O SUBSTRATO MANDAÇAIA.....	50
10	RESULTADOS DE PESO SECO TOTAL PARA O SUBSTRATO TRINITA	53
11	RESULTADOS DE PESO SECO TOTAL PARA O SUBSTRATO MANDAÇAIA.....	54

12	MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RELATIVAS DE PESO SECO RADICULAR POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM AMBOS OS SUBSTRATOS.....	59
13	MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RELATIVAS DE PESO SECO TOTAL POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO. EM AMBOS OS SUBSTRATOS.....	64
14	MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RALATIVAS DE PESO SECO RADICULAR POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE ALTURA EM AMBOS OS SUBSTRATOS.....	67
15	MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RELATIVAS DE PESO SECO TOTAL POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE ALTURA EM AMBOS OS SUBSTRATOS.....	70

RESUMO

Mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em viveiro das Indústrias Klabin do Paraná de Celulose S/A, Telêmaco Borba/PR, em dois substratos distintos obtidos nas Guardas Florestais de Trinita e Mandaçaia, foram submetidas a tratamentos de adubação com omissão de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, e B, além de adubação completa sem omissão e testemunha sem adubação. Durante a fase de produção foram feitos registros acerca do desenvolvimento dos sintomas visuais de carência nutricional e oito meses após a semeadura, as mudas foram retiradas das embalagens para as medições de altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (D), peso seco aéreo (PSA) e peso seco radicular (PSR). Foram calculados os seguintes parâmetros e relações: relação H/D, peso seco total, percentagem de raiz, relação PSR/D, relação PST/D, relação PSR/H e relação PST/H. Foi feita a análise de variância para todos os parâmetros morfológicos e relações e testes de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os diâmetros de colo e alturas da parte aérea foram divididos em classes, dentro das quais foram calculados a frequência e os pesos secos radicular e total médios e respectivos desvios padrão, por tratamento e por substrato, a fim de facilitar a análise das relações estudadas. As partes aéreas das mudas medidas foram agrupadas, para cada tratamento em cada substrato, a partir das quais foi efetuada análise foliar com determinação dos seguintes nutrientes: P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B. Através da análise dos resultados concluiu-se que: os nutrientes cuja omissão mais afetou o desenvolvimento das mudas foram o fósforo e o nitrogênio, seguidos do magnésio, cobre e potássio; as omissões de magnésio e cobre influíram no desenvolvimento das mudas porém, menos acentuadamente que as omissões de nitrogênio e fósforo; a omissão de potássio não afetou significativamente o desenvolvimento das mudas mas resultou em sintomas visuais de deficiências e concentrações deficientes nas acículas das mudas, sugerindo a possibilidade deste nutriente apresentar-se insuficiente. Níveis de fósforo de 0,08 e 0,09%, obtidos por extração pelo método de Kjeldahl e níveis de potássio de 0,43%, níveis de magnésio de 0,07% e níveis de cobre de 2 ppm, obtidos por extração pelo método sem digestão, presentes nas acículas das mudas, mostraram-se deficientes; a adubação

com N, P, K, Mg e Cu é necessária em ambos os substratos para o desenvolvimento do *Pinus taeda*, atentando-se para a manutenção do equilíbrio nutricional, principalmente no substrato de Trinita. O substrato de Mandaçaia proporcionou melhor desenvolvimento das mudas e o substrato de Trinita mostrou um maior desequilíbrio nutricional; a omissão de cálcio resultou sempre num dos melhores tratamentos, reforçando a condição do *Pinus taeda* como espécie calcífuga.

1 INTRODUÇÃO

O Paraná é reconhecido a nível nacional pela sua intensa atividade florestal, onde se destacam os trabalhos de reflorestamento com espécies de rápido crescimento. Várias espécies nativas e exóticas têm sido utilizadas para este fim mas as do gênero *Pinus* destacam-se neste contexto. As espécies *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* são as mais plantadas no estado, totalizando mais de 330.000 ha de áreas reflorestadas entre 1964 e 1976, implantadas através dos incentivos fiscais (MACHADO³¹).

Estudos indicam que o Paraná possui extensas áreas ecologicamente aptas ao reflorestamento com várias espécies de *Pinus*, recomendando-se o uso destas em plantios comerciais (EMBRAPA¹⁹). Significativa parcela destas áreas aptas são atualmente passíveis de exploração agrícola, motivo pelo qual a implantação de reflorestamento de *Pinus* se concentra em áreas marginais, as quais apresentam entre outros problemas, solos de baixa fertilidade e pouco profundos.

Diante destas limitações tem aumentado o interesse pelo uso da fertilização florestal como forma de aumentar a produtividade de reflorestamentos localizados em áreas deste tipo. Na

fase de viveiro, a fertilização florestal também ganha importância na medida em que possibilita a produção de mudas de melhor qualidade e conseqüentemente, um maior desenvolvimento inicial e uma menor mortalidade nos plantios definitivos.

Apesar dos poucos estudos existentes sobre o efeito da fertilização na qualidade de mudas florestais, a importância desta prática na condução de um viveiro florestal é atualmente reconhecida. Pesquisas neste sentido fornecem informações úteis para a melhoria dos métodos de produção de mudas florestais e para o conhecimento de aspectos ligados à nutrição das mesmas, visando a melhoria de sua qualidade.

Além disso, os bio-ensaios a nível de viveiro são instrumento eficaz na pesquisa e detecção de problemas nutricionais em povoamentos florestais. Apesar das limitações desta técnica, a mesma fornece muitas informações acerca do comportamento nutricional de espécies florestais, possibilitando orientação mais precisa de programas de adubação e pesquisas de nutrientes limitantes ao crescimento no campo.

2 OBJETIVOS

- a) Avaliar o efeito da omissão de nutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de *Pinus taeda* L., durante a fase de viveiro;
- b) Obter informações quanto aos elementos mais limitantes nos substratos utilizados, possibilitando orientação de futuros trabalhos de adubação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

No presente trabalho, a literatura revisada concentrou-se em textos e publicações relacionados a parâmetros morfológicos de mudas florestais e sua classificação, métodos de produção que afetam os parâmetros morfológicos e nutrição mineral de mudas florestais. A literatura internacional serviu de complemento para a discussão deste trabalho.

Apesar dos temas revisados estarem intimamente relacionados, os mesmos foram agrupados em diferentes itens, apenas como forma de organizar as informações.

3.1 PARÂMETROS MORFOFISIOLÓGICOS E CLASSIFICAÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS

CARNEIRO⁸ abordando o problema da qualidade das mudas florestais, diferencia os parâmetros morfológicos dos fisiológicos, onde os primeiros representam o fenótipo, ou seja, as características externas das mudas e o segundo as características internas das mesmas. Tais parâmetros tem servido como base para a classificação de mudas florestais, mas um dos principais problemas dos reflorestamentos no Brasil é a falta de informações

acerca do padrão de qualidade das mesmas. Esta desinformação prejudica o índice de pegamento e o desenvolvimento inicial das mudas em plantio definitivo por falta de subsídios para a eficiente classificação das mudas. O padrão de qualidade das mudas florestais tem sido discutido, na maioria das situações, através dos parâmetros morfológicos.

CARNEIRO¹⁰ considera como mais importantes para as condições brasileiras os seguintes parâmetros morfológicos de mudas florestais:

- a) altura da parte aérea;
- b) diâmetro de colo;
- c) relação altura da parte aérea/diâmetro de colo;
- d) peso das mudas;
- e) relação entre as partes aérea e radicular;
- f) outros parâmetros (rigidez da haste, formação de casca, comprimento de acículas e presença de micorrizas).

SCHIMIDT-VOGT⁴⁴ e BÖHM⁶, citados por CARNEIRO¹¹, definem os seguintes parâmetros fisiológicos:

- a) potencial hídrico;
- b) estado nutricional.

No presente trabalho foi abordado apenas o estado nutricional das mudas, ítem a ser aprofundado mais adiante.

Apesar do parâmetro altura da parte aérea ter sido usado com freqüência, nem sempre o mesmo representa a qualidade das mudas florestais. CARNEIRO⁸ trabalhando com mudas de *Pinus taeda*

concluiu que a altura não afetou a sobrevivência e o crescimento em altura no campo medidos aos seis e aos quinze meses de idade respectivamente. Mesmo assim, a altura é um parâmetro importante de classificação de mudas florestais, quando tomado em conjunto com outro parâmetro morfológico, usualmente o diâmetro.

Alta correlação entre diâmetro de colo e sobrevivência das mudas no campo e entre diâmetro de colo e peso das mudas tem sido registrada por diversos autores. CARNEIRO⁸, trabalhando com mudas de *Pinus taeda* concluiu que o diâmetro de colo afetou significativamente a sobrevivência das mudas no plantio definitivo, devido em grande parte ao sistema radicular mais desenvolvido nas mudas com maior diâmetro de colo. Segundo CARNEIRO¹⁰, a relação altura da parte aérea e diâmetro de colo expressa o equilíbrio do desenvolvimento da parte aérea das mudas. Este parâmetro, sozinho, não expressa a condição da muda e, portanto, deve ser analisado em conjunto com os demais.

O peso das mudas pode ser representado pelos pesos aéreo, radicular e total, para mudas verdes e secas e através da relação percentual entre os pesos seco radicular/seco total designado percentagem de raízes, segundo CARNEIRO¹⁰, o qual cita outros autores que confirmaram a relação entre peso e desenvolvimento das mudas no campo.

A relação entre as partes aérea e radicular também tem sido pesquisada por vários autores, os quais tem encontrado contradições em alguns casos (CARNEIRO¹⁰). Provavelmente, uma

elevada relação raiz/caule favorece a sobrevivência e o desenvolvimento da muda após o plantio (KRAMER & KOSLOWSKI²⁶). No presente trabalho foram estudadas as relações entre pesos seco (radicular e total) e altura da parte aérea e diâmetro de colo.

Padrões de qualidade de mudas florestais têm sido propostos por vários autores, com base nos diversos parâmetros morfológicos. DEICHMANN¹³ cita KRUG²⁷ que sugere como altura ideal de mudas florestais aquelas compreendidas entre 25-30 cm, dependendo do clima e do sítio no local de plantio e uma relação de peso da parte aérea e radicular de 70%:30% como ótima para um bom pegamento da muda no campo.

Segundo PARVIAINEN⁴⁰, a classificação de mudas de raiz nua de *Pinus silvestris* na Finlândia obedece os seguintes critérios de parâmetros morfológicos:

	Classes de tamanho			
	I	II	III	IV
Altura média do lote (cm)	-12	13-18	19-25	26 ou +
Altura mínima (cm)	6	10	15	21
Diâmetro mínimo (mm)	2,5	3,0	3,5	4,0

O diâmetro de colo é tomado 1 a 2 cm acima do colo e mudas abaixo dos padrões mínimos são descartadas.

As normas de produção de mudas florestais em vigor no Paraná e elaboradas pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (PARANÁ³⁹) preconizam o seguinte padrão para

mudas de *Pinus* spp:

- recipiente: 5 x 15 cm
- densidade máxima: 400 mudas/m²
- altura aérea: 15 a 25 cm
- diâmetro de colo mínimo: 3,5 mm

Obs: admite-se até 15% de mudas refugo.

3.2 INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE PRODUÇÃO NO PADRÃO DE QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS

Segundo STURION⁴⁸ e CARNEIRO¹⁰, os métodos de produção e técnicas de manejo no viveiro que afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam a qualidade das mudas florestais são:

- a) quebra de dormência;
- b) substrato (desinfestação, fertilidade, pH e umidade);
- c) micorriza;
- d) adubação;
- e) semeadura (profundidade, época, cobertura do leito, abrigo dos canteiros);
- f) recipientes (tipo e dimensões);
- g) densidade;
- h) repicagem.

MARX & BRIAN³⁷, trabalhando com mudas de *Pinus taeda* em solo fumigado e, posteriormente, inoculado com fungo ectomicorrízico, constataram a superioridade de crescimento em altura, diâmetro de colo, peso seco aéreo e peso seco radicular das mu-

das submetidas à inoculação com relação às não inoculadas.

CARNEIRO¹¹, estudando várias densidades de semeadura para produção de mudas de *Pinus taeda*, com espaçamentos lineares de 2 x 2, 4 x 4, 6 x 6, 8 x 8 e 10 x 10 cm, concluiu que os três maiores espaçamentos produziram mudas de melhor qualidade, com vantagem prática para o tratamento 6 x 6, devido ao menor espaço necessário para a produção das mudas.

DEICHMANN¹³ cita as seguintes características de substrato como ótimas para a produção de mudas de espécies coníferas:

pH - - 5,5

N - 31 Kg/ha

P₂O - 31 Kg/ha

K₂O - 150-175 Kg/ha

Os vários métodos de produção que afetam os parâmetros morfofisiológicos das mudas florestais são muitos e deste modo, para o objetivo do trabalho, aprofundou-se a revisão no tema fertilidade do substrato e adubação em viveiro.

3.3 ASPECTOS DE NUTRIÇÃO DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS

As funções dos macro e micronutrientes nas plantas, árvores e mudas florestais são citados por vários autores, para os seguintes nutrientes:

Nitrogênio - faz parte integrante das proteínas, da clorofila e das enzimas nos vegetais (KRAMER & KOZLOWSKI²⁶), tendo

importância fundamental em todos os processos metabólicos da planta e na produção de madeira, no caso de espécies florestais (BAULE & FRICKER⁵). Possui notável influência sobre o crescimento vegetal (ZÖTTL & TSCHINKEL⁵²) e em mudas florestais, estimula o crescimento da parte aérea (DEICHMANN¹³).

Fósforo - participa na formação dos ácidos nucleicos, fitina, fosfolípidios e está associado à maturação das plantas, sendo elemento de formação do ATP (KRAMER & KOZLOWSKI²⁶). Possui funções estruturais e de armazenamento/fornecimento de energia para as plantas (MALAVOLTA³³), sendo indispensável para uma completa lignificação da madeira e aumento da resistência a pragas e doenças em espécies florestais (BAULE & FRICKER⁵). Aumenta o desenvolvimento da raiz em mudas florestais (DEICHMANN¹³).

Potássio - catalizador e controlador de vários processos, ativação de enzimas, promoção do crescimento dos tecidos meristemáticos e controle dos movimentos estomáticos e relações hídricas das plantas (KRAMER & KOZLOWSKI²⁶), resistência a doenças, transporte de carboidratos, regulação da turgidez do tecido, entre outras (MALAVOLTA³³); formação de carboidratos e aumento da resistência das mudas (DEICHMANN¹³) e plantas (BAULE & FRICKER⁵).

Cálcio - integrante da parede celular (lamela média) atua na absorção e controle do pH na parede celular (MALAVOLTA³³), atuando no funcionamento e desenvolvimento da raiz e

pelos radiculares (KRAMER & KOZLOWSKI²⁶). Retarda a absorção de água, aumenta a transpiração (ao contrário do K) e em quantidade insuficiente, diminui o crescimento radicular em espécies florestais (BAULE & FRICKER⁵).

Magnésio - único componente mineral da clorofila e ativador do maior número de enzimas com relação a outros elementos (MALAVOLTA³³), atuando no metabolismo e utilização do fósforo pelas árvores (BAULE & FRICKER⁵).

Ferro - componente estrutural dos citocromos (fotossíntese), ativador de determinadas enzimas, componente de co-enzimas participantes na formação da clorofila, transporte eletrônico, fixação do N e síntese de proteínas (MALAVOLTA³³ e KRAMER & KOZLOWSKI²⁶).

Manganês - ativador de diversas enzimas relacionadas ao metabolismo de carboidratos e reações de fosforilação, além de ser essencial à formação e funcionamento dos cloroplastos (MALAVOLTA³³ e KRAMER & KOZLOWSKI²⁶).

Zinco - necessário para a síntese da triptofana que produz o ácido indolacético, que contribui no desenvolvimento das células, componente e ativador de certas enzimas (MALAVOLTA³³).

Cobre - ativador de enzimas de óxi-redução (transporte eletrônico) e participação indireta na fixação do N (MALAVOLTA³³).

Boro - participa na formação da parede celular, divisão e aumento das células, funcionamento da membrana citoplasmática

e aumento da capacidade da raiz para absorver P, Cl e K (MALVOLTA³³).

Segundo HAAG²³ as necessidades de adubação de essências florestais podem ser determinadas através de análise do solo, análise das folhas ou acículas, avaliação do sítio e ensaios de adubação. SIMÕES & COUTO⁴⁶ cita ainda o estudo dos sintomas visuais e os bio-ensaios como formas de se determinar as necessidades nutricionais de essenciais florestais.

BARROS et alli⁴ citam os seguintes níveis críticos de nutrientes no solo para mudas de eucalipto:

	solo argiloso	solo arenoso
P (ppm)	60-5	80-20
K (ppm)	15	15
S (meq/100 cm ³)	2	11
Ca (meq/100 cm ³)	0,2	0,2
Mg (meq/100 cm ³)	0,1	0,1
Zn (ppm)	0,4	0,4

Obs: - para P, o primeiro nível é para produção de mudas em 70 dias e o segundo, para 130 dias.

- se Mg + Ca > 0,80 meq/100 cm³, o nível crítico de K sobe para 30 ppm.

Recomendam ainda a seguinte adubação:

N - 0,04 g/recipiente ou 160 g/m³ de solo

P₂O₅ - 0,16 g/recipiente ou 640 g/m³ de solo

K_2O - 0,04 g/recipiente ou 160 g/m³ de solo

S - 0,02 g/recipiente ou 080 g/m³ de solo.

MALAVOLTA³³ cita a menor exigência mineral dos Pinus com relação aos eucaliptos, recomendando que a adubação daqueles seja de 1/2 a 2/3 da adubação recomendada para os eucaliptos.

Estudando o comportamento de mudas de araucária a tratamentos de omissão de nutrientes em vaso contendo sílica SIMÕES & COUTO⁴⁶ concluíram, entre outros fatos, que as omissões de N e P causaram os mais sérios prejuízos ao desenvolvimento de mudas de pinheiro, comparando-se à testemunha (s/ adubação). Além disso, constatou que o desenvolvimento das plantas foi menos afetado pela omissão de K, Ca, Mg, S e micronutrientes, e o crescimento em peso e diâmetro de colo foi reduzido pela omissão do N ou P. A omissão de N, P e Mg prejudicou o desenvolvimento radicular.

Segundo DEICHMANN¹³, a necessidade estimada de nutrientes para mudas de coníferas é de 90 KgN/ha ou 15 mgN/muda, 30 Kg de P/ha ou 5 mgP/muda e 40 Kg de K/ha ou 6,7 mgK/muda, considerando o prazo de dois anos para a produção e uma densidade de 600 mudas/m².

Em experimento com mudas de *Pinus radiata*, McGRATH & ROBSON²⁹ testaram vários níveis de P e N, com e sem oferta de Zn às mudas. Concluíram que com suprimento de N adequado (400 a

800 mg/vaso), as mudas responderam à aplicação de Zn somente quando aplicou-se mais de 520 mg de P/vaso (tomando por base o peso verde aéreo). O máximo peso seco foi atingido com 520 mg de P, 400 mg de N e 10,7 mg de Zn/vaso. Além disso, a concentração de Zn nas acículas diminuiu na medida em que aumentou-se a oferta de P e N.

DONALD¹⁴, cita que para as condições da África do Sul, o nível ótimo de N, P e K no solo do viveiro para várias espécies de Pinus, inclusive para *Pinus taeda*, é de aproximadamente: 0,05 g de N, 0,067 g de P e 0,077 g de K por muda. Recomenda ainda o uso de adubos com a relação básica $N:P_{2O_5}:K_2O$ na proporção de 2:3:4 e na razão de 1 g por planta para suprir as necessidades das mesmas.

DANIELS¹², com experimento fatorial com mudas de *Pinus taeda*, utilizando tubetes de polietileno de 6 cm (diâmetro) por 10 cm (altura) e submetidos a vários níveis de N, P e K, constatou a influência do N, P e NP no crescimento em altura após 3 meses de idade. O K não mostrou efeito significativo. Recomenda 0,5 g de adubo com a relação básica $N:P_{2O_5}:K_2O$ na proporção 2:3:2 por muda após 1 mês de germinação (repicagem).

GOOR²², concluiu que o teor de Ca + Mg é o principal fator limitante para os Pinus no estado de São Paulo. MALAVOLTA³⁴ cita que de modo geral, um nível de P de 10 ppm ou menos é característico de solos pobres neste elemento.

KNIGHT²⁵, apresenta uma classificação de solo de viveiro

usada na produção de mudas de *Pinus radiata* na Nova Zelândia, onde níveis de 375 ppm e 250 ppm de Ca, 1400 ppm e 800-1200 ppm de K e 30 ppm e 20-25 ppm de Mg são considerados, respectivamente, satisfatórios e marginais, para cada nutriente.

PHARIS & KRAMER⁴¹ cultivando mudas de *Pinus taeda* em vaso com doses crescentes de N encontraram um nível ótimo de N na solução entre 50 e 125 ppm, sendo que acima deste nível houve diminuição do crescimento e da resistência à seca e abaixo, apenas diminuição do crescimento.

BAULE & FRICKER⁵, citam conteúdos superiores a 10 mg de K_2O trocável e 20 mg de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2% em 100 g de solo como suficientes para um bom crescimento de mudas florestais.

Estudando o efeito da deficiência de macronutrientes nos pesos seco e verde, na absorção mineral e na quantidade de holocelulose em mudas de *Pinus caribaea*, TALWAR & BHATNAGAR⁴⁹ concluíram que o teor de holocelulose está intimamente relacionado ao peso seco das mudas. Constataram ainda que o tratamento que produziu menor quantidade de matéria, seca e verde, foi o de omissão de K, seguido dos de omissão de S e P.

REISSMAN & ZÖTTL⁴², analisando problemas nutricionais em povoamentos de *Pinus taeda* estabeleceram preliminarmente para as condições do trabalho, os seguintes níveis críticos de elementos no solo: K - 10 ppm, Ca - 30 ppm e Mg - 10 ppm. Citam a baixa exigência desta espécie em relação ao cálcio (calcífuga) e

os seguintes níveis de P, K, Ca, Mg e B no solo para três diferentes condições de povoamento:

	P	K	Ca	Mg	B
	(ppm)				
Sem sintomas visíveis de deficiência	3	4	31	18	0,19
Medianamente afetados pela deficiência	4	4	40	21	0,19
Fortemente afetados pela deficiência	2	4	39	21	0,02

Obs: P, K, Ca e Mg extraídos com ácido cítrico a 1% e B com água quente de amostras do horizonte A.

3.4 NÍVEIS DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS EM PINUS

BAULE E FRICKER⁵ acentuam a importância da análise foliar como método de diagnose de carências nutricionais em planta.

SCHIMIDT-VOGT⁴⁴, citado por CARNEIRO¹⁰, atribui importância ao estado nutricional como parâmetro fisiológico de avaliação da qualidade de mudas florestais.

SNOWDON⁴⁷, trabalhando com mudas de *Pinus radiata* em vaso contendo solo deficiente em boro, concluiu que mudas com níveis foliares acima de 6 ppm do elemento nas acículas não apresentavam sintomas de deficiência.

McGRATH & ROBSON³⁰, testaram crescentes doses de Zn em mudas de *Pinus radiata* e concluíram que este elemento é praticamente imóvel em mudas desta espécie e sua concentração mínima

nas acículas é de 11 a 12 ppm.

CAMERON et alli⁷ em experimento de fertilização com mudas de *Pinus caribaea* variedade hondurensis avaliando a altura e os níveis foliares após 41 meses de plantio concluiu que: níveis de N de 0,8 a 1% corresponderam a um bom crescimento; o nível crítico de P deve se situar entre 0,05 e 0,10%; aparentemente, níveis de Zn no solo de 3,5 a 5,5 ppm são deficientes.

DRIESSCHE¹⁶ amostrando alguns viveiros em observações plurianuais obteve os seguintes valores de peso seco total, altura da parte aérea e concentração foliar de macronutrientes em mudas sadias de *Pinus contorta*: 0,58 g de peso seco total; 6,55 cm de altura da parte aérea; 1,99% de N; 0,25% de P; 0,95% de K; 0,32% de Ca e 0,13% de Mg.

MALAVOLTA³², cita como limites de bom suprimento, os seguintes níveis de macro e micronutrientes nas acículas de mudas de *Pinus elliottii*: 1,06 a 1,79% de N; 0,07 a 0,14% de P; 0,22 a 1,15% de K; 0,13 a 0,50% de Ca; 0,05 a 0,17% de Mg; 3 a 7 ppm de Cu; 15 a 75 ppm de Zn e 4 a 28 ppm de B.

MARTINEZ et alli³⁶, cita como níveis bons nas acículas de mudas de *Pinus caribaea*, os seguintes valores, para macronutrientes: 1,18 a 1,33% de N; 0,01 a 0,03% de P; 1,51 a 1,76% de K; 0,14 a 0,23% de Ca; 0,13 a 0,22% de Mg.

DONALD & YOUNG¹⁵, trabalhando com mudas de *Pinus taeda*, definem como satisfatório os seguintes níveis de macro e micronutrientes nas acículas: 2,62% de N; 0,44% de P; 2,28% de K;

0,54% de Ca; 0,31% de Mg; 8,0 ppm de Cu e 46,65 ppm de Zn.

MARZO & MARCOS³⁸, cultivando mudas de *Pinus radiata* em cultura hidropônica citam como suficientes, os seguintes níveis mínimos de macro e micronutrientes nas acículas: 1,6% de N; 0,1% de P; 1,0% de K; 0,04% de Ca; 0,09% de Mg; 10 a 200 ppm de Zn e 30 a 50 ppm de B.

BAULE & FRICKER⁵, definem como níveis ótimos de macronutrientes em acículas de mudas de *Pinus* sp os seguintes: 2,4 a 3,0% de N; 0,34-0,90% de P; 1,10 a 1,9% de K; 0,04 a 0,30% de Ca e 0,12 a 0,18% de Mg. Como níveis de deficiência leve, definem os seguintes: 1,1 a 2,4% de N; 0,18 a 0,34% de P 0,53 a 1,1% de K; 0,03 a 0,04% de Ca; 0,05 a 0,12% de Mg.

ARMSON & SADREIKA², citam como limite mínimo de suficiência, os seguintes níveis de macronutrientes em acículas de mudas de *Pinus* sp: 1,6 a 3,16% de N; 0,14 a 0,30 de P; 0,45 a 1,8% de K; 0,10 a 0,48% de Ca e 0,06 a 0,18% de Mg.

REISSMANN & ZÖTTL⁴², estudando problemas nutricionais em povoamentos jovens de *Pinus taeda*, estabeleceram os seguintes níveis de macro e micronutrientes nas acículas, tidos como suficientes para um bom desenvolvimento: 1,80 a 2,30 de N; 0,13 a 0,14% de P; 0,70 a 1,1% de K; 0,08 a 0,03% de Ca; 0,08 a 0,15% de Mg; 5 a 7 ppm de Cu; 20 a 80 ppm de Zn e 15 a 29 ppm de B.

3.5 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM PINUS sp

O efeito geral mais importante das deficiências minerais é a redução do ritmo de crescimento das plantas, mas o efeito mais visível, geralmente, é o amarelecimento ou clorose das folhas causadas pelo decréscimo da síntese da clorofila (SIMÕES & COUTO⁴⁶).

Deficiências minerais em mudas de espécies florestais foram caracterizadas através da descrição dos sintomas visuais por vários autores, os quais são citados adiante, para os seguintes nutrientes deficientes:

Nitrogênio - restrição do crescimento, clorose, acículas menores, acículas velhas completamente cloróticas, clorose iniciando nas pontas e seguindo em direção à base das acículas em mudas de *Pinus patula* (KAUL et alli²⁴); redução no crescimento, clorose nas acículas mais velhas que se alastra para as mais novas quando permanece a deficiência, aparecimento de coloração parda nas pontas das acículas e posterior cor avermelhada com murcha da acícula, que se destaca com facilidade em mudas de *Pinus elliottii* (MALAVOLTA³²); clorose, menor crescimento em altura, ramos mais finos, acículas mais curtas e em menor número, sintomas estes que progridem da base para o ápice da planta, com posterior coloração alaranjada, seguida de bronzeamento, secamento e morte em mudas de *Pinus caribaea* (MARTINEZ et alli³⁵); progressiva clorose e diminuição de crescimento nas acículas inferiores, com coloração púrpura nas pontas das acículas em

mudas de espécies coníferas (ARMSON & SADREIKA²).

Fósforo - sintomas semelhantes ao nitrogênio, com clorose nas acículas mais velhas seguida por necrose iniciando na ponta e progredindo para a base das mesmas, acículas novas longas e de coloração verde clara em mudas de *Pinus patula* (KAUL et alli²⁴); amarelecimento das acículas primárias e após, das acículas secundárias, com posterior coloração marrom e finalmente parda de toda a acícula em mudas de *Pinus elliotti* (MALAVOLTA³²); secamento e queda das acículas as quais se tornam bronzeadas, marrons e depois caem, com os sintomas acentuando-se em direção ao ápice das mudas de *Pinus caribaea* (MARTINEZ et alli³⁵); coloração púrpura, marrom e posterior morte das acículas primárias em mudas de espécies coníferas (ARMSON & SADREIKA²).

Potássio - clorose das acículas mais velhas seguida de necrose da ponta para a base das mesmas, acículas longas e apresentando clorose nas pontas em mudas de *Pinus patula* (KAUL et alli²⁴); acículas mais velhas apresentam amarelecimento nas pontas, que se tornam pardacentas e finalmente necrosadas em mudas de *Pinus elliotti* (MALAVOLTA³²); amarelecimento, bronzeamento, secamento e morte das acículas da região inferior do ramo guia, com os sintomas progredindo da ponta para a base das acículas e em direção ao ápice das plantas em mudas de *Pinus caribaea* (MARTINEZ et alli³⁵).

Magnésio - clorose nas acículas mais velhas com defolia-

ção prematura em mudas de *Pinus patula* (KAUL et alli²⁴); descoloração das acículas mais intensamente na parte superior da planta, cor parda avermelhada da ponta para o meio da acícula em mudas de *Pinus elliottii* (MALAVOLTA³²); secamento das acículas da base do ramo guia, estendendo-se para as acículas dos ramos secundários, amarelecimento, murchamento e seca dos pontos de crescimento em mudas de *Pinus caribaea* (MARTINEZ et alli³⁵).

Ferro - amarelecimento e descoloração, mais intensos na base das acículas em mudas de espécies coníferas (ARMSON & SARDREIKA²).

Zinco - diminuição do crescimento, tendência das acículas primárias apicais em enrolar para o centro, clorose e bronzeamento das acículas em mudas de *Pinus radiata* (MACGRATH & ROBSON³⁰).

Manganês - manchas cloróticas nas acículas primárias superiores, exudação de resina e murchamento, possível morte do meristema apical em mudas de *Pinus elliottii* (MALAVOLTA³²).

Boro - diminuição no crescimento, acículas primárias mais curtas e mais próximas uma das outras podendo encurvar-se e morte do meristema apical em mudas de *Pinus radiata* (MALAVOLTA³²); morte do ponteiro, exudação de resina, ausência ou anormalidade de brotação das gemas e deformação do caule em mudas de *Pinus elliottii* e crescimento tortuoso do ponteiro em mudas de *Pinus caribaea* (GOOR²²).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E ESPÉCIE ESTUDADA

O experimento foi instalado em viveiro da fazenda Monte Alegre, de propriedade das Indústrias Klabin do Paraná Celulose S.A., município de Telêmaco Borba/PR, situado entre os paralelos de 24°02'02" e 24°27'40" de latitude sul, com altitude aproximada de 850m s.n.m., localidade de Trinita.

Segundo o ATLAS do Estado do Paraná³ o clima local é do tipo Cfa (classificação de Köppen), subtropical úmido sem estação seca, com verão quente, sujeito a geadas e a geologia da região faz parte do Grupo Guatá, com rochas de argilito folhetos, siltitos, calcáreos e conglomerados.

Os solos utilizados como substrato são do tipo Podzólico Vermelho Amarelo na localidade de Trinita e Latossolo Vermelho Escuro em Mandaçaia, segundo SANTOS FILHO & ROCHA⁴³.

A espécie utilizada no presente trabalho foi *Pinus taeda* L., sendo as mudas obtidas a partir de sementes certificadas produzidas pela própria empresa em Telêmaco Borba/PR, cuja origem é Carolina do Sul, EUA.

4.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado utilizando-se dois substratos e obedecendo um delineamento estatístico de blocos ao acaso, devido diferentes níveis de sombreamento dos canteiros, com 10 tratamentos e três repetições, com 20 mudas por parcela. As parcelas foram instaladas para ambos os substratos, em canteiros próprios para a produção de mudas de *Pinus*, totalizando 60 parcelas.

Os recipientes utilizados foram do tipo saco plástico com dimensões de 18 cm de altura e 7 cm de diâmetro, densidade aproximada de 200 mudas por m², com volume de 693 cm³ por recipiente.

Para evitar a penetração de raízes para o solo ou para parcelas adjacentes, com o conseqüente descontrole da oferta de nutrientes, os canteiros receberam uma camada de 5 cm de pedra brita, coberta por plástico, o qual também envolveu lateralmente toda a parcela, a fim de não permitir interferência entre os diferentes tratamentos ou entre estes e o solo dos canteiros.

Os substratos para a produção das mudas foram obtidos em local próximo aos perfis de código PT 29 e PT 30 em Trinita (solo tipo PVA) e PT 31 em Mandaçaia* (solo tipo LVe), solos estes reconhecidamente deficientes em vários elementos, cujas características físico-químicas são as seguintes: (*vide* Tabela 1)

* O código PT nos perfis indica que se encontram sob talhão de *Pinus taeda*.

TABELA 1 - RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DOS SUBSTRATOS TRINITA E MANDAÇAIA.

	pH	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	K	P	C	M.O.
	----- (meq/100cm ³) -----						(ppm)		%	%
Trinita	4,0	1,7	5,7	2,0	1,5	0,5	0,01	3	1,3	2,2
Mandaçaia	3,9	2,6	10,0	1,5	0,9	0,6	0,03	2	2,5	4,3
	% AREIA			% SILTE			% ARGILA			
Trinita	86,0			4,0			10,0			
Mandaçaia	54,0			6,0			40,0			

Os substratos utilizados para o enchimento das embalagens não foram expurgados visando manter inóculos de fungos micorrízicos neles existentes e garantir as condições indispensáveis ao desenvolvimento das mudas.

As determinações de pH, teores de Ca, Mg, H+Al, Al e K trocáveis, P e carbono por via úmida foram efetuados de acordo com as recomendação da EMBRAPA¹⁷ para ambos os substratos.

A análise granulométrica seguiu método recomendado por VETORI & PIERANTONI⁵⁰, utilizando NaOH como dispersante e considerando a areia total.

Os tratamentos a que foram submetidas as mudas constaram da omissão de um elemento essencial, adubação sem omissão, denominada adubação completa para os fins do trabalho, e testemunha sem adubação, conforme demonstrado na Tabela 2.

TABELA 2 - TRATAMENTOS EFETUADOS E NÚMERO DE MUDAS NECESSÁRIAS POR TRATAMENTO E POR SUBSTRATO.

TRATAMENTO EFETUADO	Nº BLOCOS (PARCELAS)	Nº MUDAS/ REPETIÇÃO	Nº MUDAS/ TRATAMENTO
T 1 sem adubação(testemunha)	3	20	60
T 2 omissão de N (-N)	3	20	60
T 3 omissão de P (-P)	3	20	60
T 4 omissão de K (-K)	3	20	60
T 5 omissão de Ca (-Ca)	3	20	60
T 6 omissão de Mg (-Mg)	3	20	60
T 7 omissão de Cu (-Cu)	3	20	60
T 8 omissão de Zn (-Zn)	3	20	60
T 9 omissão de B (-B)	3	20	60
T10 adubação completa(compl)	3	20	60
TOTAL POR SUBSTRATO:			600 MUDAS

A posição das parcelas foi definida aleatoriamente para cada substrato e bloco.

As dosagens de cada elemento e a quantidade do respectivo produto comercial incorporada ao substrato das mudas são apresentados na Tabela 3, juntamente com a fonte da recomendação. Com exceção da testemunha, todos os demais tratamentos receberam adubação com enxôfre, o qual não foi omitido nos mesmos.

Os produtos comerciais utilizados para suprir a necessidade de nutrientes nos substratos pesquisados foram os seguintes para cada nutriente:

- nitrogênio - nitrato de amônia (NH_4NO_3)
- fósforo - fosfato de sódio monobásico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$)

- potássio - cloreto de potássio (KCl)
- enxôfre - sulfato de sódio (Na_2SO_4)
- cálcio - cloreto de cálcio ($CaCl_2$)
- magnésio - cloreto de magnésio ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)
- boro - ácido bórico (H_3BO_3)
- cobre - sulfato de cobre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)
- zinco - sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)

TABELA 3 - FONTE DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO E VOLUME DE SOLO E QUANTIDADE DE ADUBO COMERCIAL NECESSÁRIOS EM CADA TRATAMENTO.

NUTRIENTES	RECOMENDAÇÃO (por m ³ de solo) = FONTE(1)	NÚMERO DE RECIPIENTES	DE	VOL. SOLO NECESSÁRIO (m ³)	QUANT. NECES- SÁRIA PRODUTO COMERCIAL (g)
Nitrogênio	110gN (2)	960		0,672	212,0
Fósforo	430gP ₂ O ₅ (2)	960		0,672	563,0
Potássio	110gK ₂ O (2)	960		0,672	118,0
Enxofre (s/omissão)	55gS (2)	1080		0,756	185
Cálcio	50gCa (3)	960		0,672	95,0
Magnésio	30gMg (3)	960		0,672	169,0
Boro	0,5gB (4)	960		0,672	2,0
Cobre	0,8gCu (5)	960		0,672	3,2
Zinco	0,8gZn (5)	960		0,672	3,5

(1) Para N, P, K e S, considerou-se a dosagem para Pinus igual a 2/3 da recomendação para Eucalipto (MALAVOLTA³²).

(2) Segundo BARROS et alli⁴ e MALAVOLTA³².

(3) Recomendação equivalente a 500 Kg de calcário/ha segundo o professor Carlos B. REISSMANN (informação pessoal).

(4) Com base em AMBERGER¹, modificado.

(5) Com base em FINCK²⁰, modificado.

A quantidade de adubo, considerando ambos os substratos, baseou-se na recomendação (adaptada ao volume de solo a ser adubado) e na porcentagem do elemento mineral no produto comercial. O número de recipientes foi calculado com base nos tratamentos que receberiam adubação do nutriente.

A incorporação dos adubos foi feita em 1 a 3 etapas, conforme o nutriente em questão, sendo a primeira através da solução com a qual o volume de solo necessário em cada tratamento foi regado, após ter sido peneirado. Teve-se o cuidado de homogeneizar bastante a mistura solo/solução de adubo para posterior enchimento das embalagens. Nas duas etapas subseqüentes, também utilizou-se adubação através de solução, porém, ministrada superficialmente com o auxílio de seringa, regando-se em seguida com água para uniformizar a incorporação, de acordo com o cronograma apresentado na Tabela 4. Os nutrientes nitrogênio e potássio e os nutrientes cálcio, magnésio e enxôfre, foram incorporados em três e duas etapas, respectivamente, a fim de evitar lixiviação acentuada dos mesmos.

Após os recipientes terem sido preenchidos com substrato (solo) adubado na 1ª etapa, cada um recebeu três sementes em 20/04/88. Após 60 dias da semeadura, procedeu-se o raleio das mudas, mantendo-se apenas uma muda por recipiente. A porcentagem de emergência das sementes foi de 90%.

Foram efetuados tratamentos preventivos contra tombamento na fase inicial de crescimento das mudas, através da apli-

cação de fungicida BENLATE-500, aplicado em intervalos de duas semanas, na dosagem de 35 g de p.a. em 100 l de água.

TABELA 4 - CRONOGRAMA DE ADUBAÇÃO DURANTE A PRODUÇÃO DAS MUDAS DE *Pinus taeda* L., PARA AMBOS OS SUBSTRATOS.

NUTRIENTE	QUANT. TOTAL DO ADUBO COMERCIAL (Em g)	ETAPAS DE ADUBAÇÃO (QUANT. em g)		
		13/04/88 INCORP.AO SUBSTRATO	10/06/88 MINISTRADO C/ SERINGA	25/07/88 MINISTRADO C/ SERINGA
N	212,0	66,0	73,0	73,0
P	563,0	563,0	-	-
K	118,0	40,0	39,0	39,0
Ca	95,0	50,0	45,0	-
Mg	169,0	90,0	79,0	-
S	185,0	93,0	92,0	-
B	2,0	2,0	-	-
Cu	3,2	3,2	-	-
Zn	3,5	3,5	-	-

Durante a fase de desenvolvimento das mudas, foi efetuado acompanhamento dos sintomas visuais de carência nutricional, objetivando registrar os sintomas de deficiência, ocorridos desde a semeadura até a retirada das mudas para medições e análise.

Os dados climatológicos e pluviométricos relativos ao período de formação das mudas são apresentados nas tabelas 1 e 2 do apêndice 3, respectivamente, entre os meses de abril/88 (semeadura) e dezembro/88 (final da produção das mudas).

As mudas das diversas parcelas foram retiradas todas ao mesmo tempo em 03/01/89, com a idade de aproximadamente 8 meses

e meio ou 258 dias, a fim de se procederem as medições e a análise foliar de todas as mudas produzidas no experimento.

4.3 MEDIÇÕES, CÁLCULOS E ANÁLISES DO MATERIAL

Após a retirada das mudas do viveiro, procedeu-se a separação das mesmas da embalagem, através de lavagem em água deionizada, objetivando retirar todos os resíduos de solo das raízes e eventuais materiais alheios à parte aérea das mudas. Feita a lavagem, as mudas foram secas ao ar e efetuaram-se as medições de altura da parte aérea (H) e diâmetro de colo (D), utilizando-se régua e paquímetro, com posterior separação entre haste e raízes das mudas. Os dados foram registrados separadamente para cada muda.

A secagem foi realizada segundo rotina proposta por SCHUURMAN⁴⁵, citado por BÖHM⁶, a fim de prevenir a pulverização das raízes menores por temperaturas altas. Utilizou-se estufas com temperatura de 60°C \pm 5°C até peso constante do material, quando então foram efetuadas as medições dos pesos seco aéreo (PSA) e radicular (PSR) registrados para cada muda separadamente, utilizando-se balança digital com precisão de 0,01 g.

As partes aéreas das mudas foram agrupadas num só volume para cada tratamento e para cada substrato, a fim de se proceder a análise foliar deste material, a qual foi efetuada pelo Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). Os elementos analisados e os métodos de extração (digestão) e determinação da concen-

tração utilizados foram os seguintes, respectivamente:

- nitrogênio	KJELDAHL	Colorimetria com azul de indofenol.
- fósforo	KJELDAHL	Colorimetria com ácido ascórbico
- potássio	S/ digestão, c/ HCl 1N	Fotometria de chama
- cálcio	S/ digestão, c/ HCl 1N	Espectrofotometria de absorção atômica
- magnésio	S/ digestão, c/ HCl 1N	Espectrofotometria de absorção atômica
- zinco	S/ digestão, c/ HCl 1N	Espectrofotometria de absorção atômica
- cobre	S/ digestão, c/ HCl 1N	Espectrofotometria de absorção atômica
- boro	Incineração a 500°C em mufla e posterior solubilização em HCl 6N	Colorimetria com azo-methina - H

O método sem digestão para K, Ca, Mg, Zn e Cu e de Kjeldahl para o P foi proposto por MIYAZAWA et alli (1984)* e PAVAN et alli (1984)**.

A partir dos dados de altura da parte aérea, diâmetro de colo, peso seco radicular e peso seco aéreo obtidos para ambos os substratos, foram calculados os seguintes parâmetros morfológicos e relações:

* MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCK, M. F. M. Determination of Ca, Mg, K, Mn, Cu, Zn, Fe e P in coffee, soybean, corn, sunflower and pasture grass leaf tissues by HCl extraction methods. Comm. Soil Sci. Plant Anal, 15 (2): 141-8, 1984.

** PAVAN, M. A. et alli. Extração de nutrientes em folhas de frutíferas de clima tropical, subtropical e temperado pelo método sem digestão. Rev. Bras. Frut., 6: 17-22, 1984.

- relação altura da parte aérea e diâmetro de colo (H/D)
- peso seco total (PST)
- percentagem de raízes (% raiz) calculada pela fórmula:

$$\% \text{ Raiz} = \frac{\text{PSR}}{\text{PST}} \times 100$$

- relação peso seco radicular e diâmetro de colo (PSR/D)
- relação peso seco total e diâmetro de colo (PST/D)
- relação peso seco radicular e altura da parte aérea (PSR/H)
- relação peso seco total e altura da parte aérea (PST/H)

Os parâmetros morfológicos e as relações, foram analisados estatisticamente segundo os métodos convencionais de análise de variância para delineamento estatístico de "blocos ao acaso", com base nos procedimentos sugeridos por GOMES²¹. Os testes de Tukey foram efetuados considerando o nível de 5% de probabilidade, mesmo nos casos de não significância do teste de F (análise de variância).

Foram determinadas classes de diâmetro de colo e de altura da parte aérea, para as quais foram calculados os valores médios de PSR, PST e respectivos desvios padrão, bem como as frequências absoluta e relativa das mudas, para ambos os substratos.

Os limites das classes foram determinados com base no desvio padrão da distribuição dos parâmetros classificados (D e H), de maneira a abranger todos os valores obtidos para cada muda, em todos os tratamentos, a fim de possibilitar a análise

das relações. A partir dos dados obtidos por classe, elaborou-se histograma dos tratamentos com efeitos mais representativos em cada relação, para ambos os substratos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho são apresentados e discutidos adiante, com base nos parâmetros morfológicos e fisiológicos abordados e nos sintomas visuais de deficiência constatados, para ambos os substratos.

5.1 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS

5.1.1 Altura da Parte Aérea (H)

Nas tabelas 1 e 3 do apêndice 1 são apresentadas as médias por bloco e por tratamento, e nas tabelas 2 e 4 do mesmo apêndice, a análise de variância das alturas da parte aérea das mudas, para os substratos de Trinita e Mandaçaia respectivamente. Após a ordenação das médias, as mesmas foram comparadas pelo teste de Tukey para ambos os substratos, conforme apresentado a seguir e nas figuras 1 e 2.

TRINITA - H (cm)		MANDAÇAIA - H (cm)	
-B	= 19,62 a	Completo	= 25,63 a
-Ca	= 19,08 a	-Zn	= 23,73 a b
Completo	= 18,68 a b	-Ca	= 23,05 a b
-Cu	= 18,41 a b	-K	= 23,03 a b
-Zn	= 17,82 a b	-B	= 22,93 a b
-K	= 15,92 a b c	-Cu	= 21,31 b c
-Mg	= 14,46 b c d	-Mg	= 20,94 b c
-N	= 12,87 c d	-N	= 17,97 c d
-P	= 12,08 c d	-P	= 16,05 d
Test.	= 10,57 d	Test.	= 15,75 d
(Tukey	= 4,42)	(Tukey	= 3,68)

FIGURA 1 - RESULTADOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA PARA O SUBSTRATO TRINITA.

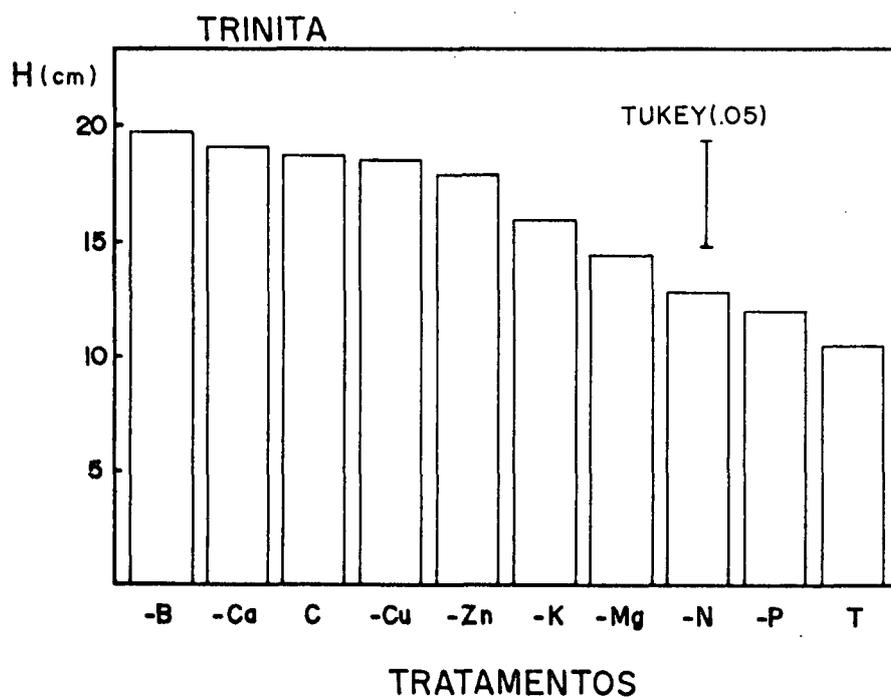
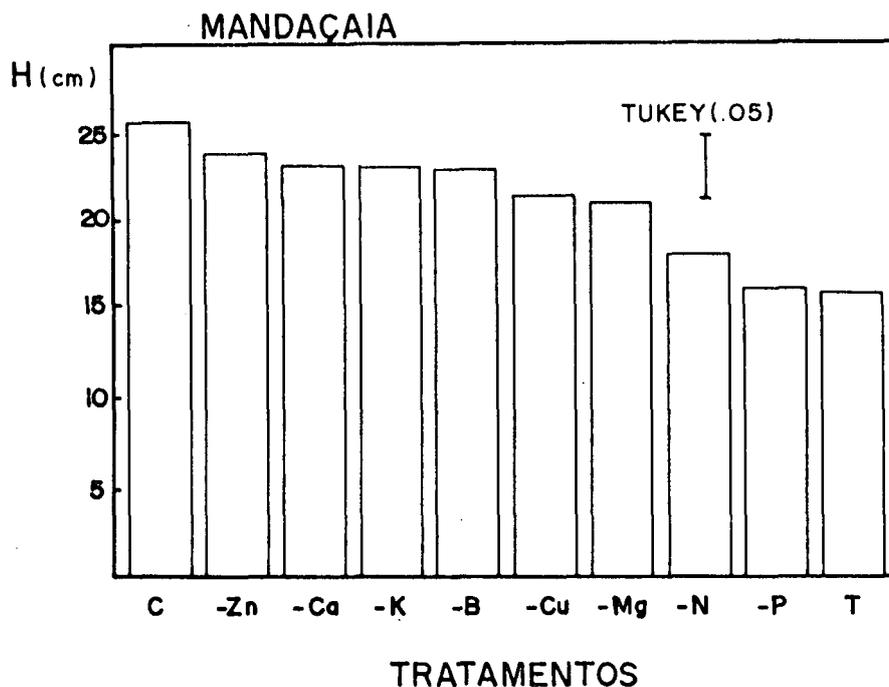


FIGURA 2 - RESULTADOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.



Pela análise dos resultados constatou-se que dos elementos omitidos, o P e o N foram os que resultaram em menor crescimento em altura das mudas, não diferindo significativamente da testemunha (sem adubação) em ambos os substratos. No caso de Trinita, o tratamento de omissão de Mg não diferiu significativamente com relação à testemunha e o de omissão de K diferiu apenas da testemunha. No substrato de Mandaçaia os tratamentos de omissão de Mg e Cu não diferiram do tratamento de omissão de N, diferindo porém dos tratamentos completo, de omissão de P e testemunha. O substrato de Mandaçaia apresentou maiores valores de altura média dos tratamentos, devido às diferenças do material de origem que influíram na quantidade de nutrientes, além dos constantes na análise de rotina, disponíveis no substrato.

Também a maior quantidade de matéria orgânica no substrato de Mandaçaia bem como sua textura argilosa (Tabela 1), são fatores que favoreceram um maior desenvolvimento das mudas neste substrato.

O fato de ocorrer uma sobreposição das omissões de B e Ca sobre o tratamento completo no substrato de Trinita, justifica-se pelo fato deste substrato ser mais desequilibrado em termos nutricionais.

DANIELS¹² constatou efeito significativo do N e P no crescimento em altura de mudas de *Pinus taeda* aos 3 meses de idade. O potássio não apresentou influência significativa no experimento, não coincidindo com os resultados obtidos no presente trabalho para o substrato Trinita, onde a omissão de K apresentou resultados semelhantes aos tratamentos de omissão de P, N e Mg.

SIMÕES & COUTO⁴⁶ estudando os efeitos da omissão de macronutrientes e solução de micronutrientes em mudas de pinheiro-do-paraná, concluiu que nos tratamentos com omissão de N ou P a altura das plantas era praticamente igual à testemunha (sem adubação), obtendo resultados semelhantes aos do presente trabalho.

KAUL et alli²⁴ estudando os sintomas causados pela deficiência de macronutrientes em mudas de *Pinus patula*, constataram que apenas a omissão de N e S causaram redução no crescimento aéreo das plantas, não surgindo sintomas semelhantes

quando houve deficiência dos demais macronutrientes. O P não apresentou efeito significativo quando omitido, ao contrário do constatado neste trabalho.

Os resultados da omissão de P no crescimento em altura de mudas florestais obtidas pelos autores pesquisados coincidem, com parcial exceção dos de KAUL et alli²⁴, com os resultados obtidos no presente trabalho, os quais reforçam a condição do P como elemento limitante nos solos investigados. Além disso, comprovam a ação do mesmo no desenvolvimento aéreo de mudas da espécie pesquisada. O N é reconhecidamente fundamental ao crescimento aéreo das plantas e portanto, o efeito de sua omissão era esperado, principalmente considerando-se o baixo teor de matéria orgânica nos substratos (Tabela 1). O valor ideal para solos de viveiros florestais seria de 5%, segundo BAULE & FRICKER⁵. Apesar de ambos os substratos apresentarem baixos teores de matéria orgânica, tal fato é mais acentuado no substrato Trinita, por ser naturalmente, um substrato mais pobre.

Segundo o padrão de mudas de Pinus estabelecido para o Estado do Paraná (PARANÁ³⁹), a altura das mudas deve situar-se entre 15 e 25 cm. Comparando-se os resultados obtidos, constatou-se que para o substrato Trinita os tratamentos de omissão de N, P e Mg, além da testemunha resultaram em mudas fora do padrão recomendado. No caso de Mandaçaia, todas as médias de altura estavam dentro do referido padrão.

5.1.2 Diâmetro de Colo (D)

Nas tabelas 5 e 7 do apêndice 1 são apresentadas médias por blocos e por tratamento e nas tabelas 6 e 8 do mesmo apêndice, a análise de variância dos diâmetros de colo das mudas para os substratos Trinita e Mandaçaia respectivamente. Após ordenação das médias, as mesmas foram comparadas pelo teste de Tukey para ambos os substratos, conforme apresentado a seguir e nas figuras 3 e 4.

TRINITA - D (mm)	MANDAÇAIA - D (mm)
-Ca = 4,16 a	-Zn = 4,33 a
Completo = 3,87 a b	Completo = 4,14 a b
-B = 3,85 a b	-Ca = 4,04 a b
-Mg = 3,82 a b	-K = 4,02 a b
-Zn = 3,79 a b	-B = 4,01 a b
-K = 3,60 a b	-Mg = 3,80 a b
-Cu = 3,51 b	-Cu = 3,77 b
-N = 2,80 c	-N = 3,07 c
-P = 2,59 c d	-P = 2,73 c
Test. = 2,02 d	Test. = 2,65 c
(Tukey = 0,63)	(Tukey = 0,54)

Analisando-se os resultados, constatou-se que de maneira semelhante aos resultados de altura da parte aérea, os tratamentos de maior efeito no desenvolvimento do diâmetro de colo foram os de omissão de N e P e a testemunha, os quais não diferiram entre si no substrato de Mandaçaia. No substrato de

FIGURA 3 - RESULTADOS DE DIÂMETRO DE COLO PARA O SUBSTRATO TRINITA.

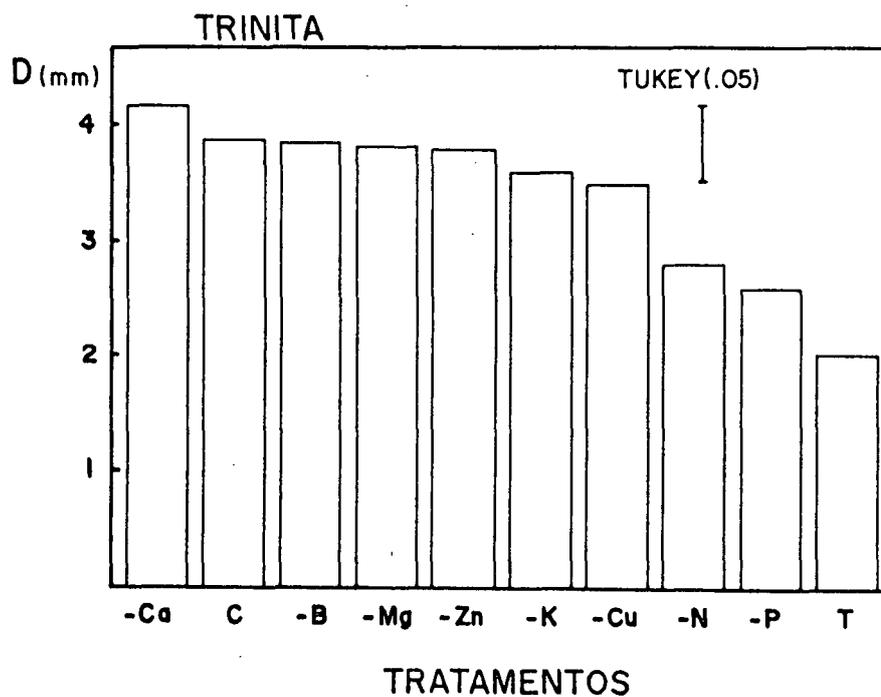
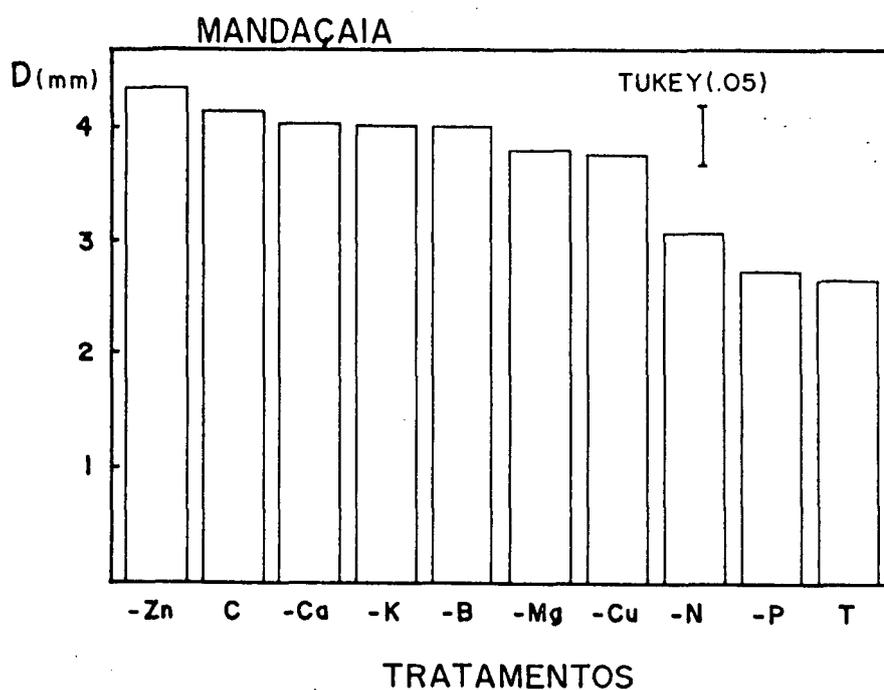


FIGURA 4 - RESULTADOS DE DIÂMETRO DE COLO PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.



Trinita somente a omissão de P teve efeito estatisticamente equivalente ao da testemunha, não havendo porém diferença estatística entre os tratamentos de omissão de P e N.

Em ambos os substratos, a omissão de cobre teve efeito intermediário no desenvolvimento do diâmetro de colo das mudas, diferindo significativamente dos piores e do melhor tratamento.

A superioridade dos valores de diâmetro de colo do substrato de Mandaçaia pode ser explicada, como no caso da altura da parte aérea, pela diferença dos materiais de origem e pela maior quantidade de matéria orgânica e fração argila no substrato de Mandaçaia.

WILL⁵¹, PHARIS E KRAMER⁴¹ e SIMÕES E COUTO⁴⁶ trabalhando mudas de *Pinus radiata*, *Pinus taeda* e *Anaucaria angustifolia* respectivamente, constataram o efeito positivo da disponibilidade de N e P no crescimento do diâmetro do colo das plantas bem como o efeito contrário quando da omissão ou redução da disponibilidade destes elementos.

Comparando-se os resultados de diâmetro de colo obtidos com o padrão estabelecido para o Estado do Paraná (PARANÁ³⁹) para mudas de *Pinus*, que é de 3,5 mm no mínimo, constatou-se que, em ambos os substratos, os tratamentos de omissão de P e N, além da testemunha, resultaram em valores médios abaixo do padrão recomendado.

5.1.3 Relação Altura da Parte Aérea e Diâmetro de Colo (H/D)

Nas tabelas 9 e 11 do apêndice 1 são mostradas as médias por blocos e por tratamento e nas tabelas 10 e 12 do mesmo apêndice, a análise de variância dos valores da relação H/D das mudas, para os substratos Trinita e Mandaçaia respectivamente. Após ordenação das médias, as mesmas foram comparadas pelo teste de Tukey para o substrato de Trinita. Para Mandaçaia a análise de variância indicou semelhança estatística entre os tratamentos, conforme apresentado a seguir, não ocorrendo também, diferença entre as médias pelo teste de Tukey.

TRINITA - H/D		MANDAÇAIA - H/D	
Test-	= 5,23 a	Completo	= 6,21
-Cu	= 5,22 a	Test.	= 5,95
-B	= 5,09 a	-P	= 5,90
Completo	= 4,83 a	-N	= 5,85
-Zn	= 4,73 a	-K	= 5,75
-N	= 4,60 a b	-B	= 5,73
-Ca	= 4,58 a b	-Ca	= 5,71
-K	= 4,42 a b	-Cu	= 5,64
-P	= 4,35 a b	-Mg	= 5,52
-Mg	= 3,78 b	-Zn	= 5,49
(Tukey	= 0,93)	(F não significativo)	

Pela análise dos dados de ambos os substratos constatou-se que os tratamentos afetaram pouco a relação H/D, apesar da diferença significativa entre as médias no substrato Trinita.

Uma vez que a relação H/D é o quociente de dois parâmetros morfológicos, a tendência da mesma é assumir valores elevados no caso de tratamentos que beneficiem o crescimento em

altura ou reduzam o crescimento em diâmetro e valores baixos em situação inversa.

No substrato de Trinita os tratamentos de omissão de Cu e B elevaram a relação H/D devido ao efeito proporcionalmente maior dos mesmos sobre o desenvolvimento em diâmetro em comparação com o desenvolvimento em altura. De forma contrária, o tratamento de omissão de Mg proporcionou o menor valor da relação, uma vez que o mesmo teve efeito maior sobre o crescimento em altura em comparação com o crescimento em diâmetro do colo.

No caso do substrato de Mandaçaia, a diferença não significativa deu-se em função da semelhança do comportamento da altura da parte aérea e do diâmetro do colo das mudas. A ordem dos tratamentos para ambos os parâmetros foi quase a mesma, apenas com alternância dos tratamentos de omissão de Mg e Cu e de omissão de Zn e completo. Deste modo, a grandeza dos valores de H e D se equivaleram, determinando uma relação bastante uniforme.

CARNEIRO¹¹ testando o efeito de várias densidades na produção de mudas de *Pinus taeda* de raiz nua, constatou que a maior frequência de valores da relação H/D nos tratamentos de menor densidade aos 7 meses após a semeadura ocorreu na classe II, ou seja, valores de H/D entre 3,0 e 4,9. Mudas com estes valores, para as condições do experimento, apresentaram-se mais equilibradas em sua relação partes aérea/radicular. Comparando-

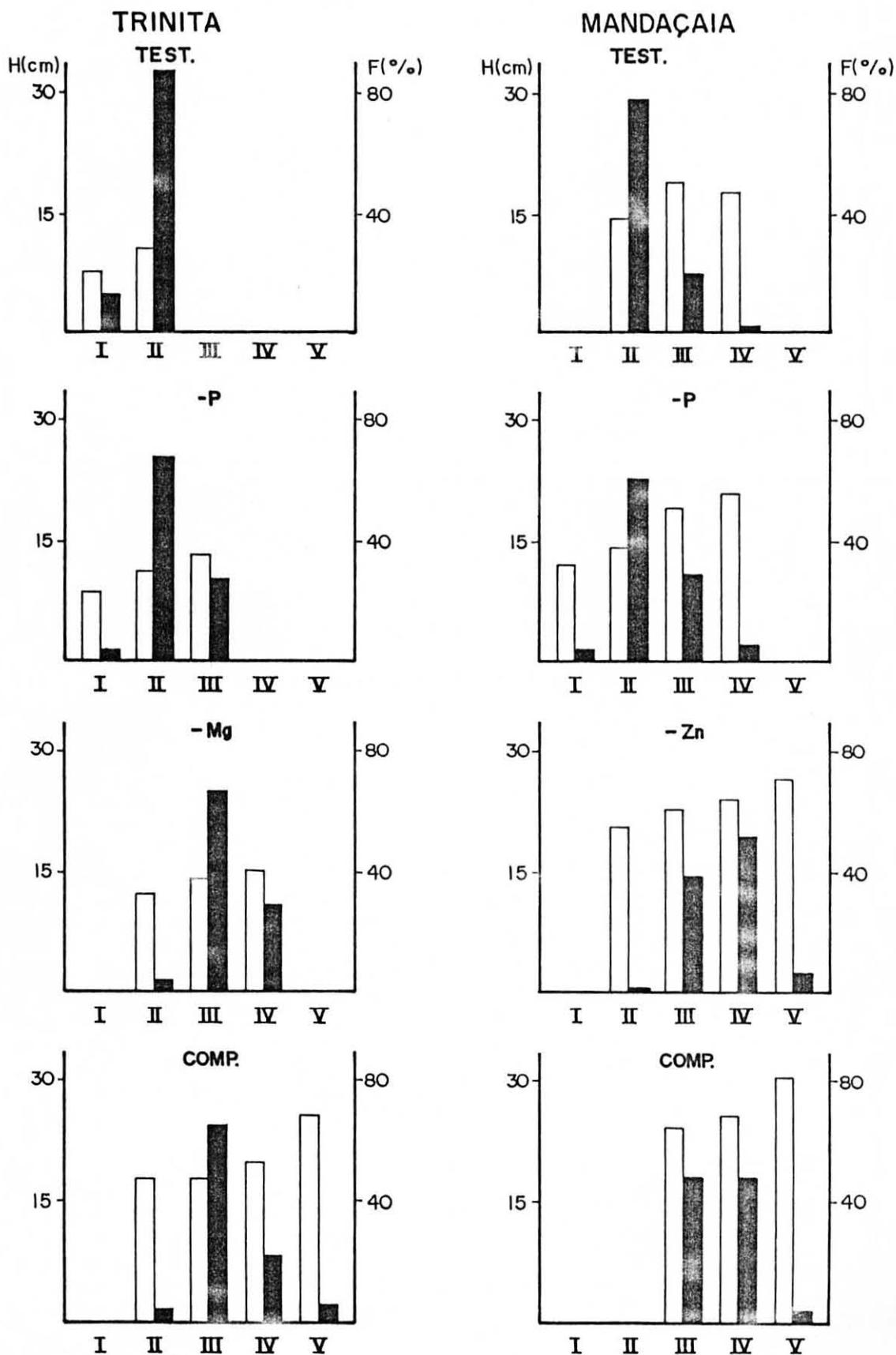
se com os valores aqui obtidos, verifica-se que as mudas do substrato Trinita apresentaram valores da relação H/D mais próximos aos valores citados pelo referido autor. Porém, este fato não indica que as mudas do substrato de Trinita sejam mais equilibradas que as do substrato de Mandaçaia pois, submetidas à omissão de nutrientes, as mudas alteram seu comportamento e a relação entre seus parâmetros. Além disso, as relações entre partes aérea e radicular não podem ser analisadas isoladamente, desconsiderando outros parâmetros, segundo CARNEIRO¹⁰.

As tabelas 1, 2, 3 e 4 do apêndice 2 apresentam os valores de frequência absoluta e relativa e os valores médios da altura da parte aérea e respectivos desvios padrão por classe de diâmetro de colo em cada tratamento, em ambos os substratos, respectivamente. No apêndice 3, são apresentados os limites das classes de diâmetro de colo.

A figura 5 apresenta em histogramas os resultados dos tratamentos mais representativos da relação H/D para ambos os substratos, ordenados em classe de diâmetro de colo.

No caso de Trinita, o elevado valor da relação H/D para a testemunha, foi devido aos valores de diâmetro de colo na classe II, os quais se concentraram no limite inferior da classe, resultando assim no maior valor da relação. No tratamento de omissão de P, ocorreram médias de H bastante baixas, resultando num valor baixo da relação. O tratamento de omissão de Mg teve a menor média de altura na classe IV, resultando no menor

FIGURA 5 - MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RELATIVAS DE H POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM AMBOS OS SUBSTRATOS (MÉDIAS - COLUNAS BRANCAS).



valor da relação H/D. Na figura 5, nota-se que o tratamento completo apresenta valores médios de altura da parte aérea superiores aos tratamentos de omissão de P e Mg, nas classes II, III e IV, conferindo maior valor da relação H/D àquele tratamento.

Para o substrato de Mandaçaia, o tratamento completo teve as maiores médias de H nas classes III, IV e V, o que determinou maior valor médio da relação H/D. A testemunha e os tratamentos de omissão de P e N tiveram os menores valores médios de H nas classes I, II e III, porém, valores de H/D mais altos que os demais tratamentos, com exceção do completo. Tal fato ocorreu devido os valores de diâmetro de colo estarem concentrados nos limites inferiores das classes com maiores frequências. O tratamento de omissão de Zn, ao contrário, favoreceu mais os valores de diâmetro de colo, resultando no valor mais baixo da relação (diâmetros de colo concentrados nos limites superiores das classes).

Comparando-se os substratos na figura 5, constata-se a superioridade das médias de altura da parte aérea por classe de diâmetro de colo no substrato de Mandaçaia, resultando em valores mais elevados de altura da parte aérea (item 5.1.1) e da relação H/D.

5.1.4. Peso Seco Radicular (PSR)

Nas tabelas 13 e 15 do apêndice 1 são mostradas as mé-

dias por blocos e por tratamento e nas tabelas 14 e 16 do mesmo apêndice, a análise de variância dos valores de peso seco radicular das mudas, para os substratos Trinita e Mandaçaia respectivamente. Após ordenação das médias, as mesmas foram comparadas pelo teste de Tukey e são apresentadas a seguir e nas figuras 6 e 7, para ambos os substratos.

TRINITA - PSR (g)	MANDAÇAIA - PSR (g)
-Ca = 0,99 a	-Zn = 1,37 a
- B = 0,97 a	Completo = 1,34 a b
-K = 0,96 a	-Ca = 1,21 a b c
-Zn = 0,88 a b	-B = 1,13 a b c
Completo = 0,87 a b	-K = 1,09 a b c
-Mg = 0,76 a b	-Mg = 0,98 b c d
-Cu = 0,69 a b	-Cu = 0,95 c d
-P = 0,62 a b	-N = 0,66 d e
-N = 0,35 a b	Test. = 0,50 e
Test. = 0,23 b	-P = 0,46 e
(Tukey = 0,71)	(Tukey) = 0,36)

Os dados de PSR obtidos no substrato Trinita, apresentaram grande variação residual (dentro das parcelas), fato este que contribuiu para a pequena diferença entre as médias detectadas pelo teste de Tukey. A testemunha foi o pior tratamento, diferenciando-se significativamente apenas dos tratamentos de omissão de K, B e Ca. Por outro lado, todos os tratamentos de omissão não diferiram do tratamento completo.

Para o substrato de Mandaçaia, o comportamento do PSR mostrou diferenças mais significativas entre os tratamentos. As

FIGURA 6 - RESULTADOS DE PESO SECO RADICULAR PARA O SUBSTRATO TRINITA.

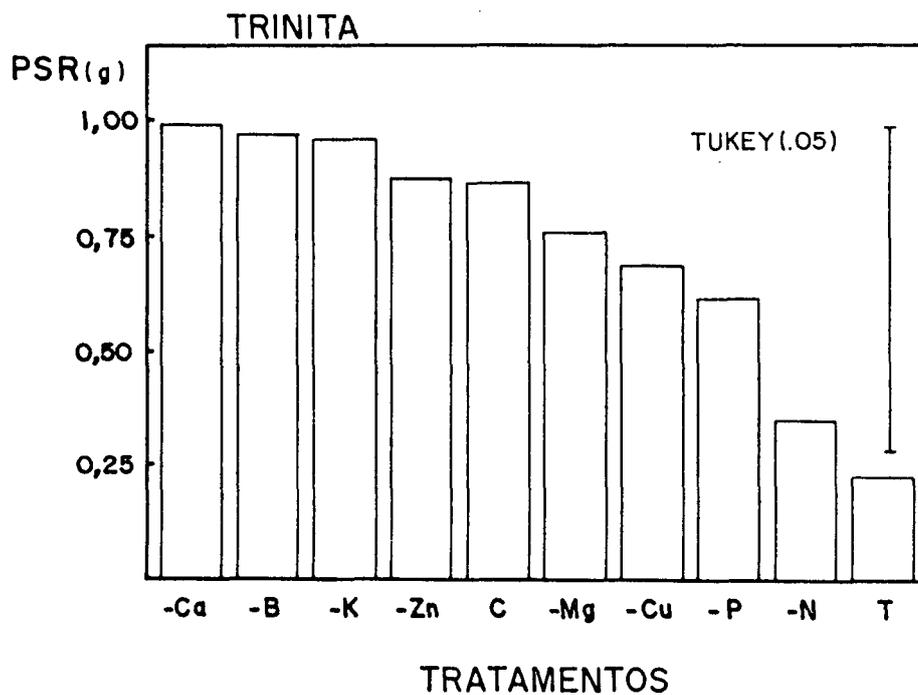
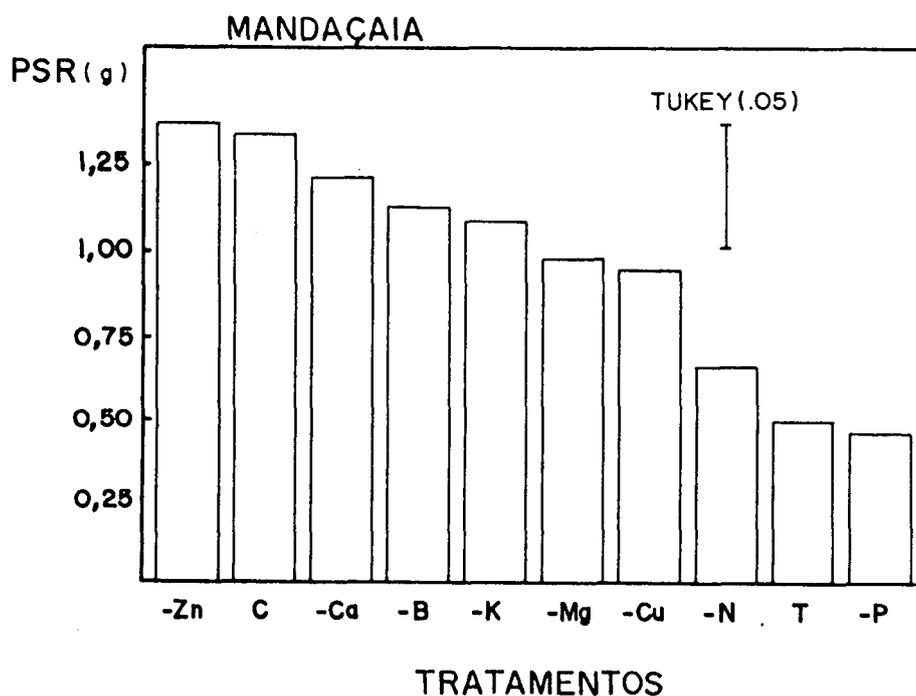


FIGURA 7 - RESULTADOS DE PESO SECO RADICULAR PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.



omissões de N e P não diferiram da testemunha, sendo o pior tratamento a omissão de P. Os tratamentos de omissão de Cu e Mg tiveram efeito intermediário, sendo semelhantes ao de omissão de N e diferindo do tratamento de omissão de Zn. O tratamento de Cu diferiu também do completo.

KAUL et alli²⁴, pesquisando deficiências minerais em mudas de *Pinus patula* constataram o efeito negativo da omissão de N e P no desenvolvimento radicular das mesmas. As omissões de K, Ca e Mg não afetaram o crescimento das raízes. SIMÕES & COUTO⁴⁶ concluíram que a omissão de N, P e Mg prejudicou o desenvolvimento radicular de mudas de araucária. MARTINEZ et alli³⁵, pesquisando os efeitos da omissão de macronutrientes em mudas de 3 variedades de *Pinus caribaea* concluíram que somente a omissão de N afetou significativamente o peso seco radicular das mudas em relação ao tratamento completo. A omissão de P, Ca e Mg produziram mudas com valores de matéria seca radicular acima do tratamento completo. TALWAR & BHATNAGAR⁴⁹ não encontraram diferença significativa entre os pesos seco radiculares de mudas de *Pinus caribaea* submetidas a tratamentos de omissão de macronutrientes, com relação ao tratamento completo. Porém, os menores valores de PSR foram constatados nos tratamentos de omissão de K, P e S.

No presente trabalho ficou evidenciado o efeito negativo da deficiência de P e N na produção de matéria seca radicular. A omissão de P foi o pior tratamento neste parâmetro morfológi-

co, o que indica a influência benéfica deste nutriente no desenvolvimento da raiz em mudas florestais, conforme citado por DEICHMANN¹². Por outro lado, as omissões de Ca e K não influenciaram significativamente no PSR o que coincide em parte com as conclusões de KAUL et alli²⁴, SIMÕES & COUTO⁴⁶ e MARTINEZ et alli³⁵.

A sobreposição de tratamentos de omissão com relação ao tratamento completo, em ambos os substratos, mas de forma mais aguda no de Trinita, evidencia o maior desequilíbrio nutricional deste.

5.1.5. Peso Seco Aéreo (PSA)

Nas tabelas 17 e 19 do apêndice 1 são mostradas as médias por blocos e por tratamento e nas tabelas 18 e 20 do mesmo apêndice, a análise de variância dos valores de peso seco aéreo das mudas para os substratos Trinita e Mandaçaia respectivamente. Após ordenação das médias, as mesmas foram comparadas pelo teste de Tukey e são apresentadas a seguir e nas figuras 8 e 9, para ambos os substratos.

TRINITA - PSA (g)		MANDAÇAIA - PSA (g)	
Ca	= 2,46 a	Completo	= 3,15 a
-B	= 2,36 a	-Zn	= 3,25 a
-Zn	= 2,18 a	-Ca	= 2,94 a b
-Cu	= 2,18 a	-K	= 2,87 a b
Completo	= 2,12 a	-B	= 2,72 a b
-K	= 1,92 a	-Cu	= 2,41 b

FIGURA 8 - RESULTADOS DE PESO SECO AÉREO PARA O SUBSTRATO TRINITA.

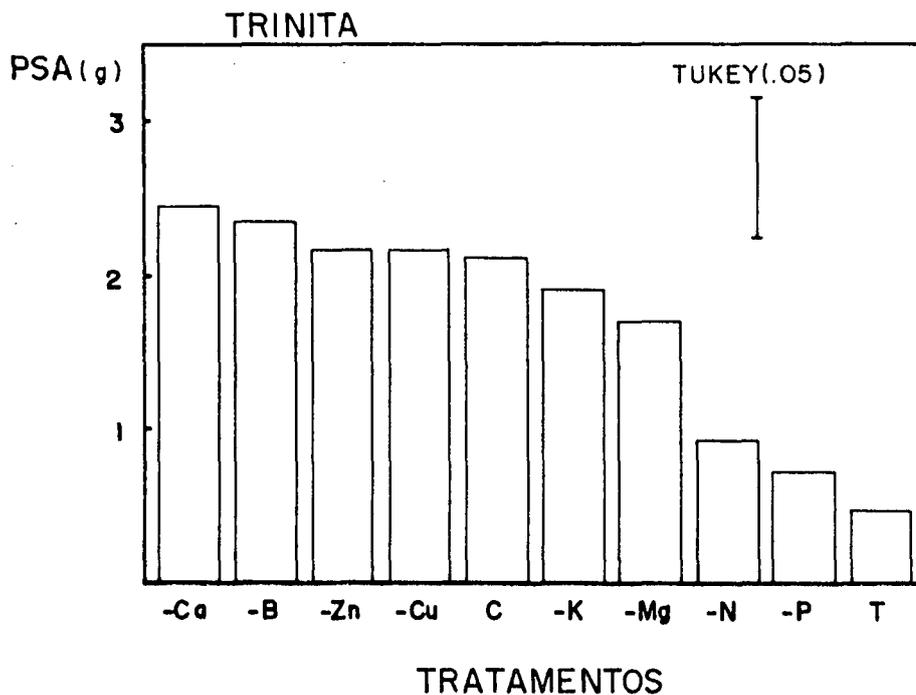
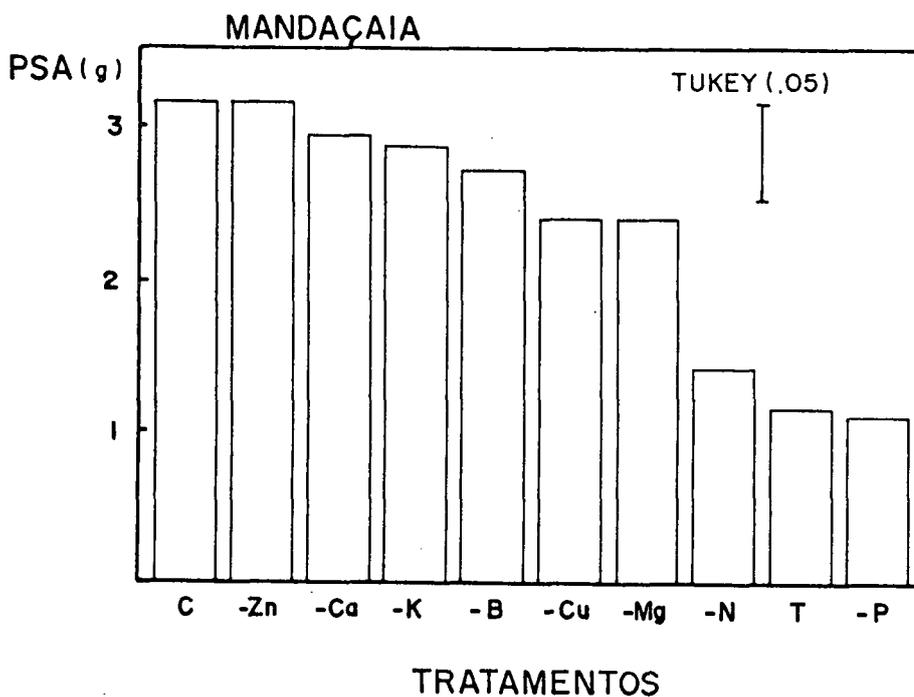


FIGURA 9 -RESULTADOS DE PESO SECO AÉREO PARA O SUBSTRATO MANDAÇAIA.



-Mg	= 1,71	a b	-Mg	= 2,41	b
-N	= 0,93	b c	-N	= 1,43	c
-P	= 0,72	c	Test.	= 1,16	c
Test.	= 0,47	c	-P	= 1,11	c
(Tukey	= 0,91)		(Tukey	= 0,63)	

Analisando-se os valores médios dos tratamentos e o teste de Tukey para o parâmetro peso seco aéreo e comparando-os com os resultados obtidos para a altura da parte aérea, nota-se a íntima correlação entre estes dois parâmetros. Para o substrato de Mandaçaia a ordem decrescente dos tratamentos é quase idêntica. No substrato de Trinita, embora a ordem dos tratamentos tenha sofrido várias alterações, a comparação das médias é bastante semelhante para os dois parâmetros.

Os tratamentos que mais afetaram o peso seco aéreo foram as omissões de N e P, os quais não diferiram estatisticamente da testemunha (s/ adubação) em ambos os substratos. No caso de Trinita, o tratamento de omissão de Mg diferiu apenas do tratamento de omissão de P e da testemunha.

No substrato de Mandaçaia os tratamentos de omissão de Mg e Cu diferiram dos piores e dos melhores tratamentos, determinando efeitos intermediários no desenvolvimento do peso seco aéreo.

TALWAR & BHATNAGAR⁴⁹ não encontraram diferenças significativas entre tratamentos de omissão de macronutrientes em mudas de *Pinus caribaea* com relação ao peso seco aéreo em comparação com o tratamento completo. Os menores valores de PSA en-

contrados foram nos tratamentos de omissão de K, N e P. MARTINEZ et alli³⁵ constataram o efeito negativo de omissão de N, P e S no peso seco aéreo de mudas de *Pinus caribaea* variedade hondurensis. SIMÕES E COUTO⁴⁶ concluíram que as omissões de N ou P prejudicaram o crescimento aéreo de mudas de araucária. KAUL et alli²⁴ registraram o efeito negativo de deficiências de N e K no crescimento da parte aérea de mudas de *Pinus patula*.

No presente trabalho, os resultados da omissão de N coincidiram com os obtidos pelos autores citados. A omissão de P teve resultados semelhantes aos obtidos por TALWAR & BHATNAGAR⁴⁹, MARTINEZ et alli³⁵ e SIMÕES & COUTO⁴⁶. A omissão de Mg no substrato de Trinita e a omissão de Mg e Cu no de Mandaçaia produziram efeitos intermediários, os quais indicam um possível limite crítico destes nutrientes nos solos estudados. Conforme já discutido com relação ao peso seco radicular, a sobreposição de tratamentos de omissão ao tratamento completo, principalmente no substrato de Trinita, evidencia o desequilíbrio nutricional do mesmo.

5.1.6. Peso Seco Total (PST)

Nas tabelas 21 e 23 do apêndice 1 são apresentadas as médias por blocos e por tratamento e nas tabelas 22 e 24 do mesmo apêndice, a análise de variância dos valores de peso seco total das mudas, para os substratos Trinita e Mandaçaia respectivamente. As médias foram ordenadas e comparadas pelo teste de Tukey e são apresentadas nas figuras 10 e 11.

TRINITA - PST (g)	MANDAÇAIA - PST (g)
-Ca = 3,45 a	-Zn = 4,52 a
-B = 3,33 a	Completo = 4,49 a
-Zn = 3,06 a	-Ca = 4,16 a b
Completo = 3,00 a	-K = 3,96 a b
-K = 2,88 a	-B = 3,85 a b
-Cu = 2,87 a	-Mg = 3,39 b
-Mg = 2,46 a b	-Cu = 3,36 b
-P = 1,34 b c	-N = 2,09 c
-N = 1,28 b c	Test. = 1,66 c
Test. = 0,70 c	-P = 1,57 c
(Tukey = 1,24)	(Tukey = 0,93)

FIGURA 10 - RESULTADOS DE PESO SECO TOTAL PARA O SUBSTRATO TRINITA.

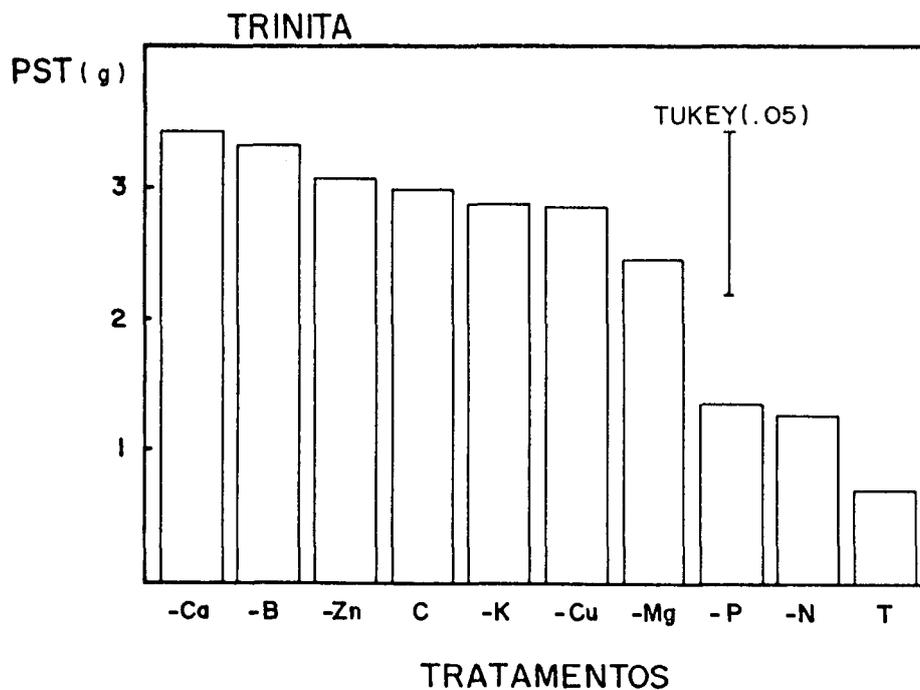
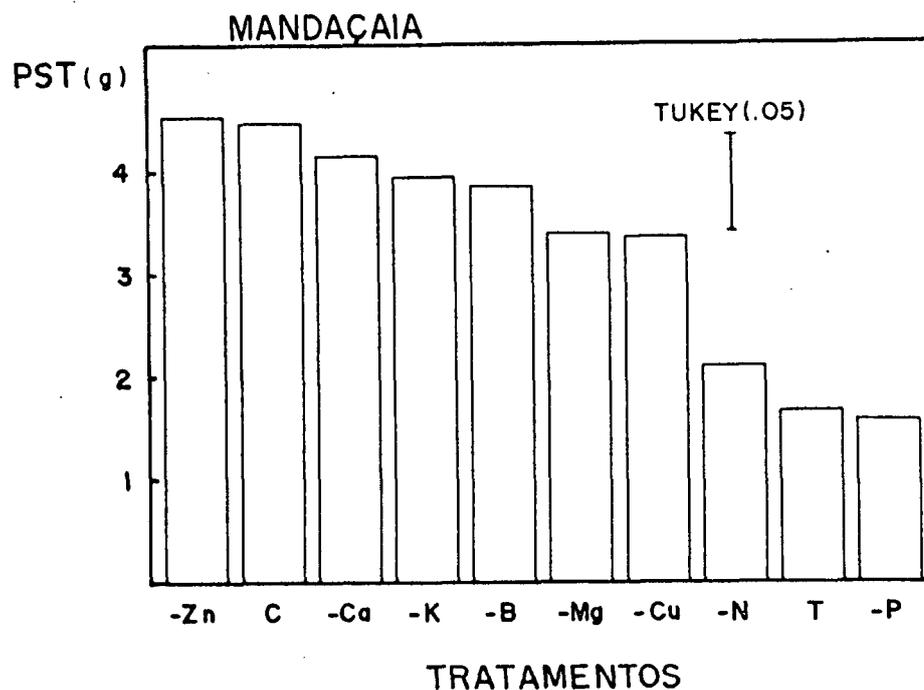


FIGURA 11 - RESULTADOS DE PESO SECO TOTAL PARA O SUBSTRATO MANDAÇAIA.



Comparando-se os resultados de peso seco total com os de peso seco radicular, nota-se a semelhança dos piores tratamentos entre estes dois parâmetros. Os tratamentos cujos efeitos foram mais drásticos foram as omissões de N e P, além da testemunha, os quais não diferiram entre si. Notou-se o efeito mais acentuado da omissão de N no substrato de Trinita, ao contrário de Mandaçaia onde a omissão de P foi o pior tratamento. Este fato é explicado em parte pela menor quantidade de matéria orgânica no substrato de Trinita, o que realça a deficiência do nitrogênio. Esta condição, aliada às diferenças de material de origem e de textura dos substratos são as prováveis causas dos maiores valores de PSR, PSA e PST obtidos no substrato de Mandaçaia.

Os resultados obtidos no presente trabalho coincidem em parte com os obtidos por TALWAR & BHATNAGAR⁴⁹, MARTINEZ et alli³⁵, SIMÕES & COUTO⁴⁶ e KAUL et alli²⁴, em mudas de *Pinus caribaea* (os dois primeiros), *Araucaria angustifolia* e *Pinus patula*, respectivamente.

5.1.7 Percentagem de Raiz (% Raiz)

Nas tabelas 25 e 27 do apêndice 1 são apresentadas as médias por bloco e por tratamento e nas tabelas 26 e 28 do mesmo apêndice, a análise de variância dos valores de percentagem de raiz das mudas para os substratos de Trinita e Mandaçaia respectivamente.

As médias de cada tratamento, não diferiram entre si pelo teste de F, em ambos os substratos, e o teste de Tukey não acusou diferença entre médias, as quais são apresentadas de forma ordenada, a seguir.

TRINITA - % RAIZ	MANDAÇAIA - % RAIZ
-P = 41,28	-N = 31,63
-K = 33,38	-Zn = 30,30
Test. = 32,89	Test. = 29,99
-Mg = 30,68	Completo = 29,85
-B = 29,15	-B = 29,29
Completo = 29,12	-Ca = 29,18
-Ca = 28,58	-Mg = 28,90
-Zn = 28,31	-P = 28,72
-N = 27,80	-Cu = 28,29
-Cu = 24,73	-K = 27,42
(F não significativo)	(F não significativo)

Os valores encontrados no presente trabalho foram de aproximadamente 30%; coincidindo com a relação recomendada por DEICHMANN¹³ de 70%:30% de parte aérea e raiz como sendo ótima. CARNEIRO¹⁰ pesquisando o efeito da densidade no desenvolvimento de mudas de *Pinus taeda* encontrou valores de percentagem de raiz aos 7 meses após a sementeira, próximos a 30%, valores estes, semelhantes aos citados anteriormente e aos obtidos neste trabalho.

O fato dos tratamentos não terem influenciado significativamente a percentagem de raízes deve-se, em parte, ao comportamento semelhante dos parâmetros PSR e PST com relação aos tratamentos, o que determinou uma relação uniforme entre ambos, resultando em valores pouco variáveis. No substrato Trinita a grande variação dos valores entre os blocos (erro) aumentou a variância dentro dos tratamentos, mascarando o efeito dos mesmos. O tratamento de omissão de fósforo de Trinita teve maior percentagem de raiz pelo fato deste tratamento ter prejudicado proporcionalmente mais o peso seco aéreo que o radicular, resultando em maior peso das raízes na percentagem.

5.1.8 Relação Peso Seco Radicular e Diâmetro de Colo (PSR/D)

Nas tabelas 29 e 31 do apêndice 1 são apresentadas as médias por blocos e por tratamento e nas tabelas 30 e 32 do mesmo apêndice, a análise de variância dos valores de relação peso seco radicular/diâmetro de colo para os substratos de

Trinita e Mandaçaia respectivamente.

No substrato de Trinita, o teste de F e de Tukey não acusaram diferenças. No substrato de Mandaçaia o teste de F acusou diferença entre os tratamentos, cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey e são apresentadas a seguir, juntamente com as de Trinita.

TRINITA - PSR/D	MANDAÇAIA - PSR/D
-K = 0,27	Completo = 0,32 a
-B = 0,25	-Zn = 0,32 a
-P = 0,24	-Ca = 0,30 a b
-Ca = 0,24	-B = 0,28 a b
-Zn = 0,23	-K = 0,27 a b c
Completo = 0,23	-Mg = 0,26 a b c
-Cu = 0,20	-Cu = 0,25 a b c
-Mg = 0,20	-N = 0,22 b c d
-N = 0,13	Test. = 0,19 c d
Test. = 0,11	-P = 0,16 d
(F não significativo)	(Tukey = 0,087)

As tabelas 1, 2, 5 e 6 do apêndice 2, apresentam os valores de frequência absoluta e relativa e os valores médios do peso seco radicular e respectivos desvios padrão, por classe de diâmetro de colo, em cada tratamento e em ambos os substratos, respectivamente.

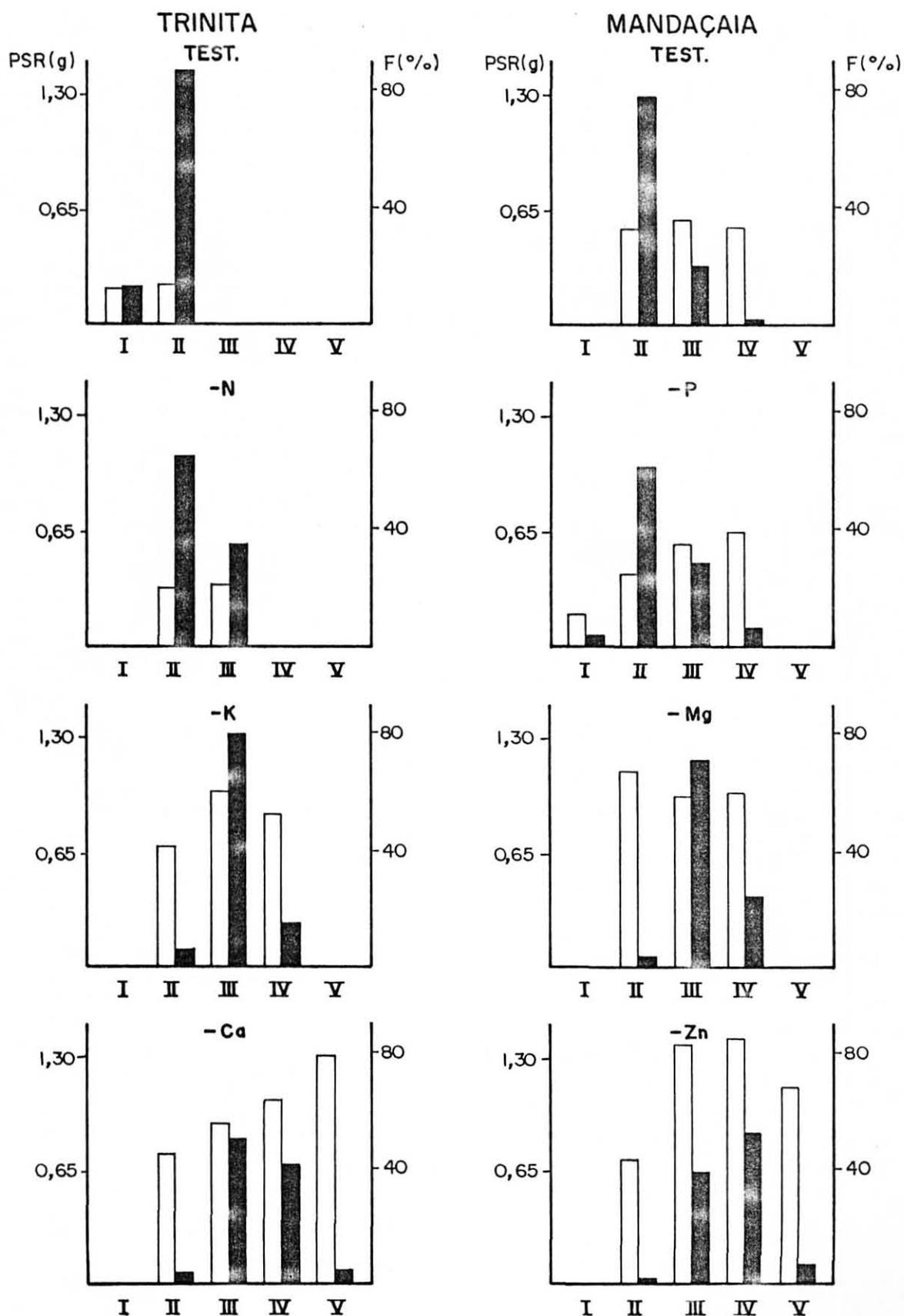
A figura 12 apresenta, em histograma, os resultados dos tratamentos mais representativos da relação PSR/D para ambos os substratos, ordenados em classe de diâmetro de colo.

No substrato de Trinita, a testemunha e o tratamento de

omissão de N apresentaram as médias de peso seco radicular mais baixas nas classes I, II e III, resultando nos menores valores da relação PSR/D. Os tratamentos de omissão de K e B apresentaram as maiores médias de peso seco radicular na classe III (maior frequência) e médias altas na classe IV, resultando nos maiores valores da relação PSR/D no substrato de Trinita. Conforme observa-se na figura 12, o tratamento de omissão de Ca, apesar de ter valor intermediário, apresentou altas médias de peso seco radicular. O tratamento de omissão de P apresentou uma alta média de peso seco radicular na classe III, na qual ocorreu também, a maior frequência do tratamento, resultando um valor alto da relação PSR/D neste tratamento.

No substrato de Mandaçaia, o tratamento de omissão de P teve as menores médias de peso seco radicular nas classes II e III, resultando no menor valor da relação PSR/D. Além disso, foi o único tratamento neste substrato a apresentar mudas na classe I de diâmetro de colo. A testemunha e o tratamento de omissão de N apresentaram médias baixas de peso seco radicular nas classes II, III e IV, resultando em valores também baixos na relação. Os tratamentos completos e de omissão de Zn apresentaram as maiores médias de peso seco radicular nas classes III e IV e os tratamentos de omissão de Ca e B, médias elevadas nestas classes, resultando nos maiores valores da relação PSR/D neste substrato. O valor intermediário do tratamento de omissão de Mg, está representado na figura 12 pelos valores também in-

FIGURA 12 - MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RELATIVAS DE PSR POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM AMBOS OS SUBSTRATOS (MÉDIAS - COLUNAS BRANCAS)



intermediários das médias de peso seco radicular nas classes III e IV. Os valores da relação PSR/D obtidos nos tratamentos não indicam sozinhos a condição das mudas, havendo necessidade de se avaliar outros parâmetros bem como a idade das mudas.

Os resultados obtidos no substrato de Trinita apresentaram grande variação dentro dos tratamentos, principalmente no parâmetro PSR, dificultando a interpretação dos dados obtidos e mascarando os testes de F e de Tukey.

Uma das possíveis explicações para esta variação seria o efeito relativamente maior do mecanismo genético sobre a eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas testadas, cultivadas num substrato nutricionalmente desequilibrado como o de Trinita, resultando num crescimento relativamente mais diferenciado.

O substrato de Mandaçaia apresentou-se mais equilibrado, com diferenças significativas entre os tratamentos e valores de PSR maiores que os obtidos em Trinita, conforme observa-se na figura 12. Além disso, os valores de diâmetro de colo em Mandaçaia mostraram tendência a se concentrar nas classes mais altas. A grande variação da relação no substrato de Trinita está representada, na Tabela 5, do anexo 2, em determinados tratamentos, onde maiores médias de peso seco radicular não correspondem às maiores classes de diâmetro num mesmo tratamento.

5.1.9. Relação Peso Seco Total e Diâmetro de Colo (PST/D)

Nas tabelas 33 e 35 do apêndice 1 são apresentadas as

médias por bloco e por tratamento e nas tabelas 34 e 36 do mesmo apêndice, a análise de variância dos valores da relação peso seco total/diâmetro de colo para os substratos de Trinita e Mandaçaia respectivamente.

O teste de F revelou diferença significativa entre as médias, as quais foram comparadas pelo teste de Tukey e são apresentadas a seguir.

TRINITA - PST/D	MANDAÇAIA - PST/D
- B = 0,87 a	Completo = 1,09 a
-Ca = 0,82 a b	-Zn = 1,05 a
-Cu = 0,81 a b	-Ca = 1,03 a
-Zn = 0,81 a b	-K = 0,98 a
-K = 0,80 a b	-B = 0,96 a
Completo = 0,77 a b c	-Mg = 0,89 a
-Mg = 0,64 a b c d	-Cu = 0,89 a b
-P = 0,52 b c d	-N = 0,68 b c
-N = 0,45 c d	Test. = 0,63 c
Test. = 0,35 d	-P = 0,56 c
(Tukey = 0,32)	(Tukey = 0,21)

No substrato Mandaçaia a ordem decrescente das médias de tratamento e a comparação entre as mesmas assemelham-se àquelas da relação anterior (PSR/D) e o fato das médias da relação apresentarem diferença estatística em ambos os substratos explica-se pelo fato da amplitude de variação de peso seco total ter sido maior que a do diâmetro de colo.

As tabelas 7 e 8 do apêndice 2 apresentam os valores médios do peso seco total e respectivos desvios padrão, por

classe de diâmetro de colo, em cada tratamento e em ambos os substratos, respectivamente.

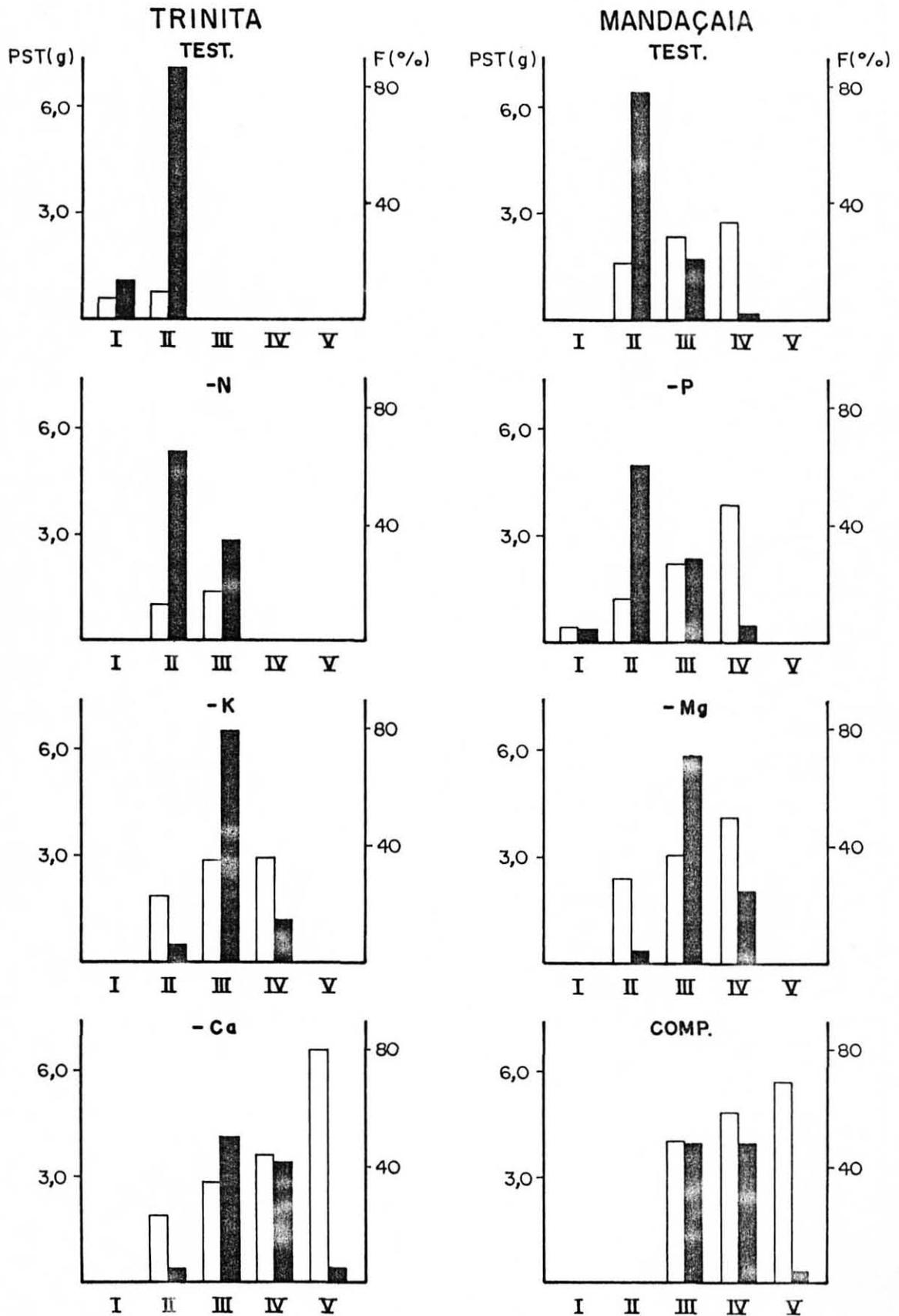
A figura 13 apresenta, em histogramas, os resultados dos tratamentos mais representativos da relação PST/D para ambos os substratos, ordenados em classes de diâmetro de colo.

No substrato de Trinita, a testemunha apresentou a menor média de peso seco total na classe II, o tratamento de omissão de N a menor média na classe III e o tratamento de omissão de P, a menor média na classe I, resultando, em ordem crescente, os menores valores da relação PST/D. O tratamento de omissão de B apresentou a maior média de peso seco total na classe II e média alta na classe IV e o tratamento de omissão de Ca, as maiores médias na classe IV e V, resultando nos maiores valores da relação PST/D.

No substrato de Mandaçaia, o tratamento de omissão de P apresentou as menores médias de peso seco total nas classes I e II e o tratamento de omissão de N, as menores médias nas classes III e IV, resultando em baixos valores da relação PST/D. A testemunha apresentou média baixa de peso seco total na classe II, na qual ocorreu a maior frequência e conseqüentemente, resultou num baixo valor da relação. O tratamento completo apresentou as maiores médias de peso seco total nas classes III e IV e o tratamento de omissão de Zn a maior média na classe IV, resultando nos maiores valores da relação PST/D.

Nos tratamentos apresentados na figura 13, observa-se o

FIGURA 13 - MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RELATIVAS DE PST POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM AMBOS OS SUBSTRATOS (MÉDIAS - COLUNAS BRANCAS).



comportamento equilibrado do parâmetro peso seco total com relação às classes de diâmetro, apresentando valores maiores nas classes superiores. A superioridade das médias de peso seco total em cada classe nos tratamentos de maior valor da relação PST/D também pode ser observada, constatando-se ainda, os maiores valores médios de peso seco total no substrato de Mandaçaia.

5.1.10 Relação Peso Seco Radicular e Altura da Parte Aérea (PSR/H)

Nas tabelas 37 e 39 do apêndice 1 são apresentadas as médias por blocos e por tratamento e nas tabelas 38 e 40 do mesmo apêndice a análise de variância dos valores da relação PSR/H para os substratos de Trinita e Mandaçaia respectivamente.

O teste de F revelou diferença entre os tratamentos apenas para Mandaçaia e o teste de Tukey foi utilizado para comparação das mesmas, apresentadas a seguir juntamente com as de Trinita. O teste de Tukey não acusou diferença entre as médias de Trinita.

TRINITA - PSR/H	MANDAÇAIA - PSR/H
-K = 0,061	-Zn = 0,058 a
-Mg = 0,052	-Ca = 0,053 a b
-Ca = 0,051	Completo = 0,052 a b
-P = 0,051	-B = 0,049 a b
-B = 0,050	-K = 0,047 a b c
-Zn = 0,049	-Mg = 0,047 a b c
Completo = 0,047	-Cu = 0,045 a b c
-Cu = 0,040	-N = 0,037 b c d

-N	= 0,027	Test.	= 0,032	c d
Test.	= 0,022	-P	= 0,028	d
(F não significativo)		(Tukey	=0,016)	

O fato de Trinita não ter apresentado diferença entre os tratamentos, explica-se, em parte, pela alta variação dentro dos mesmos, nos valores de peso radicular. Este fato mascarou o real efeito dos tratamentos, prejudicando a averiguação da existência ou não de diferenças significativas entre estes.

As diferenças significativas entre os tratamentos no substrato de Mandaçaia indicam uma maior amplitude de variação dos valores de PSR em comparação com os de altura da parte aérea.

As tabelas 9, 10, 11 e 12 do apêndice 2, apresentam os valores de frequência absoluta e relativa e os valores médios do peso seco radicular e respectivos desvios padrão, por classe de altura da parte aérea, em cada tratamento e em ambos os substratos, respectivamente.

A figura 14 apresenta, em histogramas, os resultados dos tratamentos mais representativos da relação PSR/H, para ambos os substratos, ordenados em classes de altura da parte aérea.

No substrato de Trinita, a testemunha apresentou as menores médias de peso seco radicular nas classes I e II e o tratamento de omissão de N, a menor média na classe III, resultando nos menores valores da relação PSR/H. O tratamento de omissão de K apresentou médias elevadas nas classes II e III, re-

sultando no maior valor da relação para o substrato Trinita. As considerações acerca da grande variação dos dados de peso seco radicular no substrato de Trinita e o mascaramento do efeito dos tratamentos devido este fato, abordados na relação PSR/D (ítem 5.1.8), valem também para a relação PSR/H. Na tabela 11 do apêndice 2, nota-se que nos tratamentos de omissão de N, Cu e B, as médias de peso seco radicular, decrescem no sentido das classes mais altas, evidenciando um desequilíbrio na relação entre PSR e H.

No substrato de Mandaçaia, o tratamento de omissão de P apresentou as menores médias de peso seco radicular nas classes I, II, III e IV, resultando no menor valor da relação PSR/H. A testemunha e o tratamento de omissão de N também apresentaram médias baixas de peso seco radicular nestas classes, resultando em valores também baixos da relação. O tratamento de omissão de Zn apresentou as maiores médias nas classes III e IV e o tratamento de omissão de Ca, a maior média na classe V, bem como, médias elevadas nas classes III e IV, resultando nos maiores valores da relação PSR/H. Ao contrário de Trinita, o substrato de Mandaçaia mostrou-se mais equilibrado, o que se constata na figura 14. Os tratamentos com valores de PSR/H elevados apresentaram freqüências nas classes maiores e tratamentos com valores menores, freqüências tendendo às classes inferiores.

5.1.11 Relação Peso Seco Total/Altura da Parte Aérea (PST/H)

Nas tabelas 41 e 43 do apêndice 1 são apresentadas as médias por blocos e por tratamento e nas tabelas 42 e 44 do mesmo apêndice, a análise de variância dos valores da relação PST/H, para os substratos de Trinita e Mandaçaia, respectivamente.

O teste de F apresentou diferença significativa entre as médias, as quais foram comparadas pelo teste de Tukey e são mostradas a seguir.

TRINITA - PST/H		MANDAÇAIA - PST/H	
-K	= 0,18 a	-Zn	= 0,19 a
-Ca	= 0,18 a b	-Ca	= 0,18 a
-Zn	= 0,17 a b	Completo	= 0,18 a
-B	= 0,17 a b	-K	= 0,17 a
-Mg	= 0,17 a b	-B	= 0,17 a
Completo	= 0,16 a b c	-Mg	= 0,16 a
-Cu	= 0,16 a b c	-Cu	= 0,16 a b
-P	= 0,11 b c d	-N	= 0,12 b c
-N	= 0,10 c d	Test.	= 0,11 c
Test.	= 0,07 d	-P	= 0,10 c
(Tukey	= 0,07)	(Tukey	= 0,04)

De modo semelhante às relações anteriores, a relação PST/H diferiu significativamente entre os tratamentos, neste caso, para ambos os substratos.

As tabelas 13 e 14 do apêndice 2, apresentam os valores médios do peso seco total e respectivos desvios padrão, por

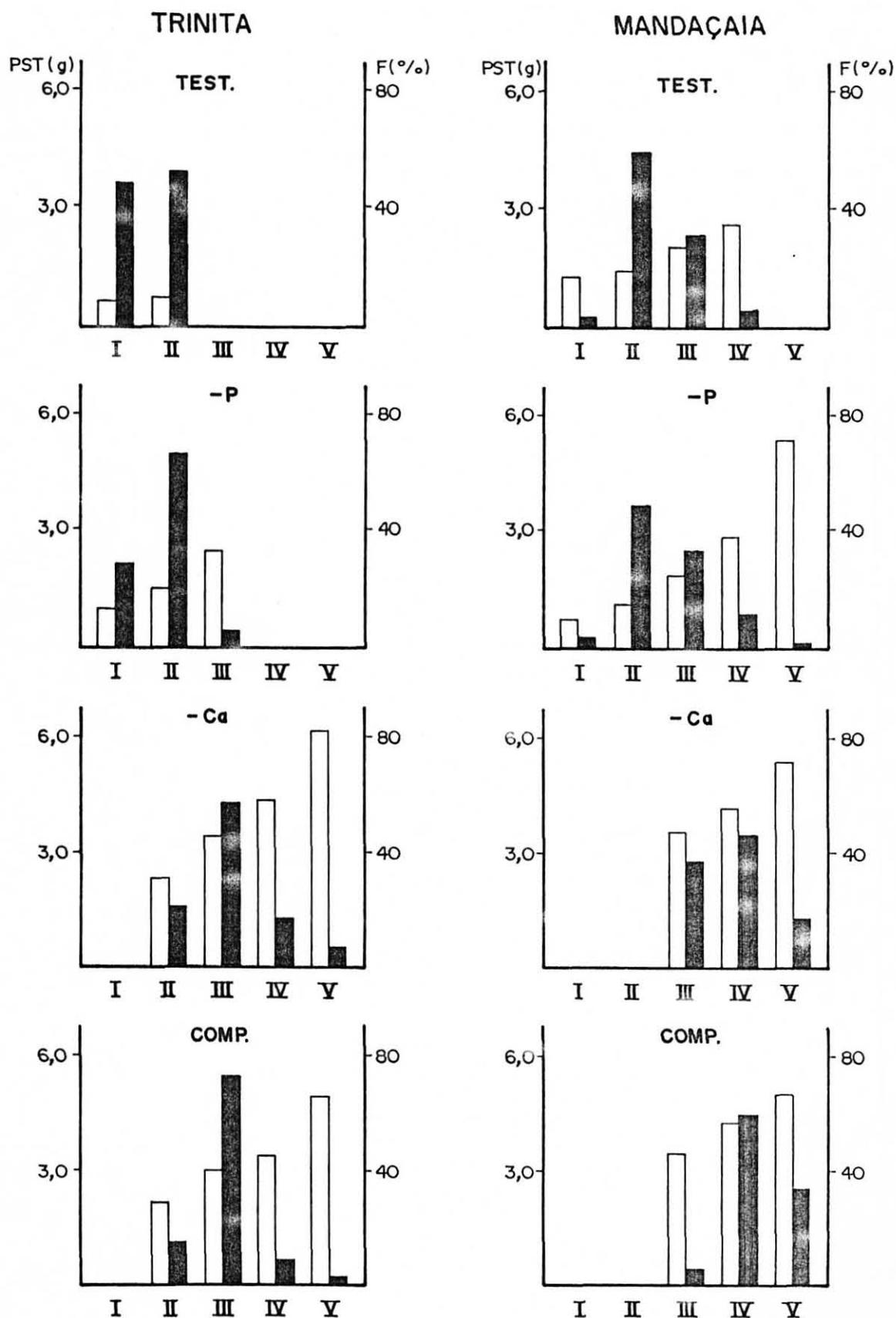
classe de altura da parte aérea, em cada tratamento e em ambos os substratos, respectivamente.

A figura 15 apresenta, em histogramas, os resultados dos tratamentos mais representativos da relação PST/H, para ambos os substratos, ordenados em classes de altura da parte aérea.

No substrato de Trinita, a testemunha apresentou as menores médias de peso seco total nas classes I e II e o tratamento de omissão de N, a menor média na classe I, resultando nos menores valores da relação PST/H. O tratamento de omissão de P apresentou baixas médias e conseqüente baixo valor da relação. O tratamento de omissão de K apresentou a maior média de peso seco total na classe II e o tratamento de omissão de Ca, as maiores médias nas classes III e IV, resultando nos maiores valores da relação PST/H. Na figura 15, observa-se a sobreposição do tratamento de omissão de Ca sobre o completo, representada pelas médias mais elevadas do primeiro, nas classes II, III, IV e V.

No substrato de Mandaçaia, o tratamento de omissão de P apresentou as menores médias de peso seco total nas classes I, II e III e a testemunha, a maior média na classe IV, resultando nos menores valores da relação PST/H. O tratamento de omissão de N também apresentou médias baixas de peso seco total, resultando num valor baixo da relação. O tratamento de omissão de Zn apresentou as maiores médias de peso seco total nas classes III

FIGURA 15 - MÉDIAS E FREQUÊNCIAS RELATIVAS DE PST POR TRATAMENTO E POR CLASSE DE ALTURA EM AMBOS OS SUBSTRATOS (MÉDIAS - COLUNAS BRANCAS).



e IV, resultando no maior valor da relação PST/H. O substrato de Mandaçaia apresentou maior tendência à concentração de frequências nas classes superiores, nos tratamentos com valores de PST/H elevados.

Nas relações de peso seco radicular e total com a altura e o diâmetro de colo das mudas, os piores tratamentos foram as omissões de N e P, cujas médias não apresentaram diferenças significativas entre si. A exceção ocorreu nas relações envolvendo o peso seco radicular no substrato Trinita, onde o tratamento de omissão de P apresentou valores elevados de PSR/D e PSR/H.

5.2. ANÁLISE FOLIAR DAS MUDAS

Os resultados da análise foliar relativos a concentração de nutrientes nas acículas das mudas em cada tratamento, para os substratos de Trinita e Mandaçaia, são apresentados nas tabelas 5 e 6, respectivamente.

TABELA 5 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS DAS MUDAS DE *Pinus taeda* POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Zn ppm	B ppm
Testemunha	0,11	0,67	0,22	0,11	2	46	36
-N	0,15	0,84	0,16	0,12	1	52	34
-P	0,09	0,84	0,16	0,11	3	51	35
-K	0,14	0,43	0,15	0,10	2	51	35
-Ca	0,15	0,75	0,14	0,10	3	52	27
-Mg	0,15	0,75	0,19	0,10	3	60	34
-Zn	0,12	0,75	0,16	0,10	2	33	29
-Cu	0,16	0,84	0,18	0,11	2	50	35
-B	0,15	0,84	0,16	0,08	2	41	26
Completo	0,13	0,75	0,18	0,10	2	51	29

TABELA 6 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NAS ACÍCULAS DAS MUDAS DE *Pinus taeda* POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	P %	K %	Ca %	Mg %	Cu ppm	Zn ppm	B ppm
Testemunha	0,12	0,59	0,17	0,11	2	44	34
-N	0,15	0,67	0,17	0,11	2	42	39
-P	0,08	0,67	0,18	0,10	2	54	48
-K	0,12	0,43	0,18	0,10	1	55	32
-Ca	0,12	0,67	0,13	0,11	2	48	31
-Mg	0,14	0,75	0,17	0,07	3	60	38
-Zn	0,15	0,67	0,16	0,11	2	37	31
-Cu	0,14	0,75	0,19	0,11	2	55	39
-B	0,13	0,67	0,16	0,11	2	44	22
Completo	0,14	0,75	0,18	0,12	2	55	29

O método utilizado para a extração dos nutrientes K, Ca, Mg, Cu e Zn foi o método sem digestão e o método para extração de P, foi o de Kjeldahl (ver capítulo 4 - Materiais e Métodos). Tais métodos foram comparados e calibrados com os métodos via seca e via úmida, para certas espécies frutíferas de clima tropical, subtropical e temperado, soja, café, milho, girassol e grama, apresentando resultados significativamente semelhantes e que o recomendam para uso na análise de nutrientes em tecido vegetal (PAVAN et alli, 1984 e MIYAZAWA et alli, 1984)*. Para espécies florestais, como no presente caso, aqueles métodos ainda não foram comparados ou calibrados com estes. Portanto, os resultados obtidos da análise de nutrientes das acículas, com exceção da análise de B, são comparados adiante com as informações de outros autores, com a ressalva da obtenção dos dados por método que não os de via seca ou via úmida.

Os níveis foliares de P apresentados nas tabelas 5 e 6 apresentaram-se bastante homogêneos, com exceção do tratamento de omissão deste nutriente, onde os níveis de P foram menores, em ambos os substratos. Os valores 0,09% e 0,08% obtidos no tratamento de omissão estão próximos dos limites críticos ou de deficiência propostos por MALAVOLTA³², CAMERON et alli⁷ e BAULE & FRICKER⁵ para mudas de *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus* sp, respectivamente. Considerando as diferenças de condições dos experimentos, os níveis propostos por

* ver referências à página 30.

estes autores não contradizem o resultado obtido no presente trabalho. Deste modo, as concentrações de P nas acículas obtidas nos tratamentos de omissão deste nutriente, em ambos os substratos, foram tidas como deficientes, fato este, reforçado pelos resultados obtidos nos parâmetros morfológicos no tratamento de omissão de P.

Considerando-se os limites críticos ou de deficiência para a concentração de potássio nas acículas propostos por MALAVOLTA³² em mudas de *Pinus elliottii* e BAULE & FRICKER⁵ para mudas de *Pinus* sp, concluiu-se que os valores obtidos não indicam deficiência deste nutriente, com exceção dos níveis encontrados no tratamento de omissão de potássio em ambos os substratos. Nestes, as concentrações nas acículas foram menores que nos demais tratamentos. Coincidentemente, nos dois substratos, os valores da concentração de K no tratamento de omissão deste nutriente foi 0,43%, nível este considerado deficiente. A omissão de K teve efeito estatisticamente semelhante à omissão de P e N, entre outros tratamentos, na altura da parte aérea, das mudas do substrato de Trinita, sugerindo a condição de nível de deficiência deste elemento neste substrato.

Os níveis de cálcio obtidos no presente trabalho, mesmo os de menor valor obtidos no tratamento de omissão deste nutriente em ambos os substratos, foram maiores que os níveis propostos como críticos ou de deficiência por MALAVOLTA³² e BAULE & FRICKER⁵. Além disso, os níveis de Ca nas acículas de

mudas de *Pinus*, considerados suficientes ou ótimos por MARTINEZ et alli³⁶, MARZO & MARCOS³⁸ e ARMSON & SADREIKA², demonstram o abastecimento satisfatório de Ca, mesmo omitindo-o na adubação. LUTZ & CHANDLER²⁸ citam a característica calcífuga do *Pinus taeda*, o que poderia explicar, pelo menos em parte, o fato do tratamento de omissão de Ca sempre originar o melhor ou um dos melhores resultados para os parâmetros morfológicos estudados.

Os níveis de magnésio encontrados no presente trabalho apresentaram-se uniformes, destacando-se porém, as menores concentrações de Mg nos tratamentos de omissão de B no substrato de Trinita, valor este cuja explicação não foi investigada no presente trabalho, e de omissão de Mg no substrato de Mandaçaia. O nível de 0,068% de Mg encontrado no tratamento de omissão deste nutriente no substrato de Mandaçaia é considerado limite ou de leve deficiência, segundo MALAVOLTA³² e BAULE & FRICKER⁵ para mudas de *Pinus elliottii* e *Pinus* sp respectivamente e ZÖTTL & TSCHINKEL⁵² para árvores de *Pinus*. Os demais tratamentos, onde o Mg não foi omitido, apresentaram níveis satisfatórios deste nutriente.

Os teores de cobre nas acículas em ambos os substratos, estão apresentados nas tabelas 5 e 6. Em comparação com os limites propostos por MALAVOLTA³² para mudas de *Pinus elliottii* e ZÖTTL & TSCHINKEL⁵² e WILL⁵¹ para árvores de *Pinus* sp, nota-se que os valores da concentração foliar deste nutriente se aproximam ou igualam os níveis críticos. O teor foliar de 2 ppm é considerado como deficiente para o desenvolvimento das mudas.

Os valores dos níveis de cobre nas acículas, nos dois substratos, são bastante uniformes e o tratamento de omissão do mesmo apresentou resultados semelhantes aos demais tratamentos.

Os teores de zinco obtidos na análise foliar das mudas são elevados, porém, dentro dos limites satisfatórios para mudas de Pinus e acima de níveis limite ou críticos, segundo MALAVOLTA³², REISSMANN & ZÖTTL⁴², WILL⁵¹ e ZÖTTL & TSCHINKEL⁵². O tratamento de omissão deste elemento apresentou teores menores que nos demais tratamentos para ambos os substratos, porém, ficando acima dos níveis críticos propostos pelos autores citados e também por McGRATH & ROBSON³⁰.

Da mesma forma que o zinco, o boro apresentou teores elevados nas acículas em todos os tratamentos, embora no tratamento de omissão de boro o teor tenha sido menor para ambos os substratos. Apesar disso, a concentração do mesmo é considerada satisfatória, com base nos limites mínimos e satisfatórios sugeridos por MALAVOLTA³², REISSMANN & ZÖTTL⁴², WILL⁵¹, ZÖTTL & TSCHINKEL⁵² e SNOWDON⁴⁷.

As omissões dos nutrientes magnésio e cobre tiveram influência no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, principalmente para o substrato Mandaçaia. Os tratamentos de omissão destes nutrientes em Mandaçaia, diferiram significativamente dos tratamentos completos e de maiores médias para os parâmetros altura da parte aérea e peso seco aéreo, radicular e total. Neste substrato a omissão de Cu teve efeito significativo

sobre o diâmetro de colo. No substrato de Trinita, o tratamento de omissão de Mg teve efeito significativo sobre a altura da parte aérea e o de omissão de Cu sobre o diâmetro de colo. Os teores destes elementos nas acículas das mudas demonstram os baixos níveis dos mesmos, principalmente no substrato de Mandacaiá, o que provocou a significativa influência da omissão dos mesmos no crescimento das mudas. Tal fato reforça o caráter de deficiência destes elementos, apesar do menor destaque com relação aos tratamentos de omissão de P e N.

Os tratamentos de omissão de Ca, Zn e B não diferiram do tratamento completo em todos os parâmetros morfológicos e relações estudados, bem como em nenhum caso deixaram de diferir da testemunha. O K foi um dos nutrientes cuja omissão resultou em níveis do mesmo nas acículas, próximos a valores limites, porém não provocou interferências significativas no desenvolvimento das mudas, com exceção do parâmetro altura da parte aérea no substrato Trinita. Este fato indica uma possível predisposição deste elemento para apresentar deficiência nos solos estudados.

O fato do Zn e do B não haverem influenciado significativamente o crescimento das mudas quando das suas omissões não significa uma situação de disponibilidade nutricional permanente. A nível de campo poderiam aparecer sintomas característicos de deficiência destes nutrientes, quando a disponibilidade dos mesmos já não seria satisfatória.

A análise foliar efetuada nas mudas, incluiu a determinação da concentração de N, cuja extração foi realizada pelo método de Kjeldahl. Porém, os resultados em ambos os substratos, apresentaram-se muito abaixo dos níveis esperados, em todos os tratamentos de omissão, completo e testemunha, impossibilitando comparar os dados e concluir com segurança a respeito dos mesmos. Deste modo, não foi abordado o resultado do experimento com relação à concentração de N nas acículas, em ambos os substratos.

5.3. SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL

A seguir são relacionados os sintomas visuais de deficiência nutricional, para cada elemento, durante as observações efetuadas para os substratos de Trinita e Mandaçaia na fase de produção das mudas.

5.3.1 Nitrogênio

As mudas que sofreram a omissão de N apresentaram clorose generalizada e, ao final da fase de produção, altura inferior aos demais tratamentos, com exceção do tratamento de omissão de P, em ambos os substratos.

5.3.2 Fósforo

A omissão de fósforo resultou em mudas de menor tamanho e caule de cor arroxeada para Mandaçaia, que com o tempo, atin-

giu as acículas, em ambos os substratos. Ao final da fase de produção as mudas apresentavam certa tortuosidade.

5.3.3 Potássio

A omissão de potássio, apesar de apresentar sintomas visuais de difícil constatação, causou seca nas pontas das acículas em pequenas partes das mudas, para Trinita e leve amarelamento, para Mandaçaia.

5.3.4 Magnésio

A omissão deste elemento causou a seca das acículas mais velhas e crescimento menor nas mudas do substrato de Trinita e clorose com posterior cor avermelhada nas acículas mais velhas das mudas do substrato de Mandaçaia.

5.3.5 Zinco

A omissão deste elemento causou o início da seca das pontas de algumas acículas inferiores das mudas do substrato de Trinita e tortuosidade em algumas mudas do de Mandaçaia, porém com pouca intensidade.

5.3.6 Cobre

Os sintomas da omissão de cobre foram detectados apenas para o substrato de Mandaçaia, o qual apresentou mudas com acículas de menor comprimento e tortuosidade, esta em pequena parte das mudas.

A omissão dos elementos Cálcio e Boro não apresentaram sintomas visuais detectáveis, comparando-se ao tratamento completo.

Os sintomas de deficiência de nitrogênio detectados no presente trabalho coincidem com os sintomas citados por KAUL et alli²⁴, MALAVOLTA³², MARTINEZ et alli³⁵ e ARMSON & SADREIKA² como característicos de deficiência deste nutriente, ao contrário do fósforo, cujos sintomas de deficiências encontrados no presente trabalho não coincidem com os detectados por estes autores. Os sintomas de deficiência de potássio coincidem com os detectados por KAUL et alli²⁴, MALAVOLTA³² e MARTINEZ et alli³⁵, enquanto os sintomas de deficiência de magnésio, coincidem com os encontrados por estes dois últimos autores. Os sintomas de deficiência de zinco não coincidiram com os detectados por McGRATH & ROBSON³⁰ e sintomas de deficiência de cobre, apesar de detectados no presente trabalho, são poucos estudados em espécies florestais, dificultando comparações.

Analisando-se os resultados obtidos nos parâmetros morfológicos e suas relações, na análise foliar das acículas e nos sintomas visuais de deficiência nutricional em cada tratamento, em ambos os substratos, observa-se uma significativa semelhança do comportamento das mudas nas diferentes avaliações efetuadas. Os tratamentos de omissão de N e P apresentaram resultados significantes nos parâmetros morfológicos e suas relações e nos sintomas visuais, bem como na análise foliar das acículas no caso de omissão de P, reforçando a influência destes elementos no de-

desenvolvimento das mudas, em ambos os substratos. Os tratamentos de omissão de Mg e Cu apresentaram efeitos intermediários nos parâmetros morfológicos e suas relações, em ambos os substratos, além de apresentarem resultados significativos de sintomas visuais, comprovando sua influência no desenvolvimento das mudas. O tratamento de omissão de K apresentou efeito significativo nos sintomas visuais e na análise foliar das acículas, enquanto o tratamento de omissão de Zn apresentou apenas sintomas visuais de pouca intensidade. Os tratamentos de omissão de B e Ca não apresentaram efeito negativo significativo no desenvolvimento das mudas, em ambos os substratos, nas avaliações efetuadas.

6 CONCLUSÕES

Com base nos objetivos do presente trabalho e após a análise dos resultados obtidos, concluiu-se que:

- a) Os tratamentos de omissão de fósforo e omissão de nitrogênio foram os que mais afetaram o desenvolvimento dos parâmetros morfológicos das mudas, influenciando de maneira negativa as relações entre os mesmos, para ambos os substratos;
- b) Os tratamentos de omissão de magnésio e cobre, tiveram influência significativa sobre o desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, principalmente no substrato de Mandaçaia, porém de maneira menos acentuada que a omissão de fósforo e de nitrogênio;
- c) O tratamento de omissão de potássio não afetou significativamente os parâmetros morfológicos das mudas, com exceção da altura da parte aérea no substrato Trinita. Porém, resultou em concentrações de K nas acículas caracterizadas como deficientes e produziu sintomas visuais de deficiência nutricional, indicando uma tendência deste nutriente para apresentar deficiência, em ambos os solos utilizados como substrato;

- d) Os tratamentos de omissão de cálcio, zinco e boro tiveram pouca ou nenhuma influência no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, não diferindo significativamente do tratamento com adubação completa;
- e) Os principais nutrientes limitantes ao crescimento do *Pinus taeda* nos solos de Trinita e Mandaçaia são o fósforo e o nitrogênio, seguidos do magnésio, cobre e potássio, fazendo-se necessária a adubação com estes nutrientes para um desenvolvimento satisfatório da espécie;
- f) Níveis foliares de fósforo iguais a 0,08 % e 0,09 % obtidos por extração pelo método de Kjeldahl mostraram ser deficientes para o bom desenvolvimento das mudas de *Pinus taeda*. Da mesma forma, níveis foliares de potássio iguais a 0,43%, de magnésio igual a 0,068% e de cobre próximos a 2 ppm, obtidos por extração pelo método sem digestão também mostraram ser deficientes para as condições do experimento;
- g) Os nutrientes cujas omissões mais afetaram a parte aérea das mudas (H e PSA) foram o fósforo, o nitrogênio, o magnésio e o potássio no substrato de Trinita e o fósforo, o nitrogênio, o magnésio e o cobre no substrato de Mandaçaia, por ordem decrescente de importância;
- h) Os nutrientes cujas omissões mais afetaram a parte

radicular das mudas (PSR) foram o nitrogênio, o fósforo, o cobre e o magnésio no substrato de Trinita, coincidindo em parte com os resultados de diâmetro de colo obtidos neste substrato e o fósforo, o nitrogênio, o cobre e o magnésio no substrato de Mandaçaia, coincidindo com os resultados de diâmetro de colo obtidos no mesmo, por ordem decrescente de importância;

- i) O solo de Trinita mostrou maior desequilíbrio nutricional que o solo de Mandaçaia, dificultando a orientação de um programa de adubação para aquele solo e implicando numa limitação do seu uso como substrato em viveiro;

Além destas conclusões, tidas como as mais importantes, o presente trabalho possibilitou também as seguintes constatações para as condições do experimento:

- j) Os tratamentos de omissão de nitrogênio, fósforo e magnésio no substrato de Trinita e nitrogênio e fósforo no substrato de Mandaçaia produziram mudas abaixo do padrão, segundo as normas vigentes no Estado do Paraná;
- k) O substrato de Mandaçaia proporcionou superioridade no desenvolvimento das mudas com relação ao substrato de Trinita, devido à maior quantidade de matéria orgânica e à textura argilosa daquele substrato, além do diferente material de origem do mesmo;

- l) A omissão de fósforo teve influência mais acentuada nos resultados do substrato de Mandaçaia, provavelmente devido à maior quantidade de argila existente no mesmo, a qual fixando este nutriente, o torna menos disponível do que no solo de Trinita;
- m) A omissão de cálcio resultou sempre no melhor, ou num dos melhores tratamentos, em todos os parâmetros pesquisados e em ambos os substratos, reforçando a condição do *Pinus taeda* como espécie calcífuga ou, pelo menos, evidenciando que o suprimento de Ca nos solos testados é suficiente;
- n) Os tratamentos que resultaram em mudas de classe de diâmetro de colo elevadas, foram os de omissão de cálcio, de cobre e completo no substrato de Trinita e completo, de omissão de boro e de potássio no substrato de Mandaçaia;
- o) Os tratamentos que resultaram em mudas de classe de diâmetro de colo e classes de altura da parte aérea inferiores, foram os de omissão de fósforo e nitrogênio, além da testemunha, para ambos os substratos;
- p) Os tratamentos que resultaram em mudas de classes de altura da parte aérea elevadas, foram os de omissão de boro, de cálcio e completo no substrato de Trinita e completo, de omissão de zinco e de cálcio no substrato de Mandaçaia.

r) A análise foliar e a diagnose visual, além da medição e análise dos parâmetros morfológicos, mostraram ser instrumentos eficazes na detecção de problemas nutricionais em mudas de *Pinus taeda*.

7 APÊNDICES

APÊNDICE 1

Tabelas referentes às médias por bloco e por tratamento e à análise de variância dos valores dos parâmetros morfológicos estudados e respectivas relações, para ambos os substratos.

TABELA 1 - MÉDIAS DAS ALTURAS DA PARTE AÉREA (H) EM cm, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	10,45	10,53	10,74	10,57
-N	11,23	12,97	14,41	12,87
-P	12,76	12,08	11,41	12,08
-K	15,21	17,18	15,38	15,92
-Ca	19,21	19,79	17,53	19,08
-Mg	14,19	15,41	13,78	14,46
-Zn	18,89	18,13	16,44	17,82
-Cu	15,22	22,39	17,63	18,41
-B	18,32	22,47	18,07	19,62
Completo	19,47	19,72	16,86	18,68

TABELA 2 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE ALTURA DA PARTE AÉREA (H), PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	19,2152	9,6076	4,1942*
Tratamentos	09	287,5433	31,9493	13,9476**
Resíduos	18	41,2320	2,2907	
TOTAL	29	347,9905		

TABELA 3 - MÉDIAS DAS ALTURAS DA PARTE ÁÉREA (H) EM cm, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	15,05	16,66	15,53	15,75
-N	18,34	17,74	17,84	17,97
-P	15,97	14,21	17,97	16,05
-K	23,16	23,12	22,81	23,03
-Ca	23,79	23,15	22,20	23,05
-Mg	19,94	20,69	22,18	20,94
-Zn	23,65	23,42	24,11	23,73
-Cu	22,11	19,53	22,28	21,31
-B	21,45	25,05	22,28	22,93
Completo	25,24	27,25	24,40	25,63

TABELA 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE ALTURA DA PARTE ÁÉREA (H), PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,4504	0,2252	0,1420 n.s.
Tratamentos	09	306,7147	34,0794	21,488**
Resíduos	18	28,5475	1,5860	
TOTAL	29	335,7126		

TABELA 5 - MÉDIAS DOS DIÂMETROS DO COLO (D) EM mm, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	1,97	2,03	2,06	2,02
-N	2,42	2,89	3,09	2,80
-P	2,48	2,51	2,79	2,59
-K	3,44	3,67	3,70	3,60
-Ca	4,37	4,17	3,95	4,16
-Mg	3,78	3,84	3,85	3,82
-Zn	3,49	3,96	3,92	3,79
-Cu	3,08	3,87	3,58	3,51
-B	3,76	4,02	3,77	3,85
Completo	3,83	4,25	3,53	3,87

TABELA 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE DIÂMETRO DO COLO (D), PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,3424	0,1712	3,6348*
Tratamentos	09	12,9176	1,4353	30,4735**
Resíduos	18	0,8487	0,0471	
TOTAL	29	14,1087		

TABELA 7 - MÉDIAS DOS DIÂMETROS DO COLO (D) EM mm, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	2,73	2,76	2,46	2,65
-N	3,16	3,08	2,98	3,07
-P	2,81	2,31	3,07	2,73
-K	4,22	3,72	4,12	4,02
-Ca	3,90	4,10	4,12	4,04
-Mg	3,90	3,84	3,66	3,80
-Zn	4,27	4,42	4,29	4,33
-Cu	3,85	3,59	3,88	3,77
-B	4,10	3,91	4,01	4,01
Completo	4,35	3,94	4,13	4,14

TABELA 8 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE DIÂMETRO DO COLO (D), PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,1350	0,0675	2,0149 ñ.s
Tratamentos	09	9,9914	1,1102	33,1403**
Resíduos	18	0,6035	0,0335	
TOTAL	29	10,7299		

TABELA 9 - MÉDIAS DA RELAÇÃO H/D, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	5,30	5,18	5,21	5,23
-N	4,64	4,49	4,66	4,5967
-P	5,15	4,81	4,09	4,35
-K	4,42	4,68	4,16	4,42
-Ca	4,56	4,75	4,44	4,5833
-Mg	3,75	4,01	3,58	3,78
-Zn	5,41	4,58	4,19	4,7267
-Cu	4,94	5,79	4,92	5,2167
-B	4,87	5,60	4,79	5,0867
Completo	5,08	4,64	4,78	4,8333

TABELA 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO H/D, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,8274	0,4137	4,0678*
Tratamentos	09	4,9882	0,5542	5,4498**
Resíduos	18	1,8307	0,1017	
TOTAL	29	7,6463		

TABELA 11 - MÉDIAS DA RELAÇÃO H/D, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	5,5128	6,0362	6,3130	5,954
-N	5,8038	5,7597	5,9866	5,85
-P	5,6833	6,1515	5,8534	5,896
-K	5,4882	6,2151	5,5364	5,7466
-Ca	6,10	5,6463	5,3883	5,7115
-Mg	5,1128	5,3880	6,0601	5,5203
-Zn	5,5386	5,2986	5,62	5,4857
-Cu	5,7429	5,4401	5,7423	5,6418
-B	5,2317	6,4066	5,5561	5,7315
Completo	5,8023	6,9162	5,9080	6,2088

TABELA 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO H/D, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,53261566	0,26630783	1,83 ñ s
Tratamentos	09	1,2407024	0,13785582	0,94 ñ s
Resíduos	18	2,6133049	0,1451836	
TOTAL	29	4,3866229		

TABELA 13 - MÉDIAS DOS PESOS SECOS RADICULARES (PSR) EM g, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,26	0,20	0,23	0,2300
-N	10,32	0,31	0,42	0,3500
-P	0,40	1,22	0,24	0,6200
-K	1,05	0,94	0,90	0,9633
-Ca	1,23	0,99	0,74	0,9867
-Mg	0,79	0,80	0,68	0,7567
-Zn	0,86	1,14	0,63	0,8767
-Cu	0,68	0,34	1,06	0,6933
-B	1,14	0,89	0,89	0,9733
Completo	0,97	0,93	0,72	0,8733

TABELA 14 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PESO SECO RADICULAR (PSR), PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,0994	0,0497	0,8353 ñ s
Tratamentos	09	1,8902	0,2100	3,5294*
Resíduos	18	1,0713	0,0595	
TOTAL	29	3,0609		

TABELA 15 - MÉDIAS DOS PESOS SECOS RADICULARES (PSR) EM g, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,46	0,58	0,46	0,50
-N	0,63	0,67	0,68	0,66
-P	0,46	0,26	0,65	0,4567
-K	1,31	0,93	1,03	1,09
-Ca	1,14	1,26	1,24	1,2133
-Mg	1,04	0,97	0,93	0,98
-Zn	1,51	1,44	1,17	1,3733
-Cu	1,10	0,84	0,91	0,95
-B	1,15	1,22	0,01	1,1267
Completo	1,33	1,34	1,34	1,3367

TABELA 16 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PESO SECO RADICULAR (PSR), PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,0298	0,0149	0,9803 ñ s
Tratamentos	09	2,9288	0,3254	21,4079**
Resíduos	18	0,2729	0,0152	
TOTAL	29	3,2315		

TABELA 17 - MÉDIAS DOS PESOS SECOS AÉREO (PSA) EM g, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIAS DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,49	0,40	0,52	0,4700
-N	0,72	0,83	1,23	0,9267
-P	0,80	0,75	0,60	0,7167
-K	1,98	1,92	1,86	1,9200
-Ca	3,00	2,55	1,84	2,4633
-Mg	1,71	1,77	1,64	1,7067
-Zn	2,16	2,25	2,13	2,1800
-Cu	1,47	2,77	2,29	2,1767
-B	2,39	2,51	2,18	2,3600
Completo	2,15	2,40	1,82	2,1233

TABELA 18 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PESO SECO AÉREO (PSA), PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,2126	0,1063	1,0880 ñ s
Tratamentos	09	14,3437	1,5937	16,3122 **
Resíduos	18	1,7579	0,0977	
TOTAL	29	16,3141		

TABELA 19 - MÉDIAS DOS PESOS SECOS AÉREO (PSA) EM g, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	1,17	1,25	1,07	1,1633
-N	1,48	1,49	1,32	1,43
-P	1,07	0,72	1,55	1,1133
-K	3,27	2,63	2,71	2,87
-Ca	2,92	2,91	3,00	2,9433
-Mg	2,53	2,35	2,35	2,41
-Zn	3,19	3,20	3,05	3,1467
-Cu	2,61	2,02	2,61	2,4133
-B	2,89	2,60	2,67	2,72
Completo	3,29	3,27	2,89	3,15

TABELA 20 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PESO SECO AÉREO (PSA), PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,1989	0,0995	2,1160 ã s
Tratamentos	09	17,4708	1,9412	41,3021**
Resíduos	18	0,8460	0,0470	
TOTAL	29	18,5157		

TABELA 21 - MÉDIAS DOS PESOS SECOS TOTAL (PST) EM g, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,75	0,60	0,75	0,70
-N	1,04	1,14	1,65	1,2767
-P	1,20	1,97	0,84	1,3367
-K	3,03	2,86	2,76	2,8833
-Ca	4,23	3,54	2,58	3,45
-Mg	2,50	2,57	2,32	2,4633
-Zn	3,02	3,39	2,76	3,0567
-Cu	2,15	3,11	3,35	2,87
-B	3,53	3,40	3,07	3,3333
Completo	3,12	3,33	2,54	2,9967

TABELA 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PESO SECO TOTAL (PST), PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Bloco	02	0,5474	0,2737	1,5180 ñ s
Tratamentos	09	25,4654	2,8295	15,6932**
Resíduos	18	3,2463	0,1803	
TOTAL	29	29,2591		

TABELA 23 - MÉDIAS DOS PESOS SECOS TOTAL (PST) EM g, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	1,63	1,83	1,53	1,66
-N	2,11	2,16	2,00	2,09
-P	1,53	0,98	2,20	1,57
-K	4,58	3,56	3,74	3,96
-Ca	4,06	4,17	4,24	4,157
-Mg	3,57	3,32	3,28	3,39
-Zn	4,70	4,64	4,22	4,52
-Cu	3,71	2,86	3,52	3,363
-B	4,04	3,82	3,68	3,847
Completo	4,62	4,61	4,23	4,487

TABELA 24 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PESO SECO TOTAL (PST), PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,36218	0,1814	1,81 ñ s
Tratamentos	09	34,5374	3,8374	38,32**
Resíduos	18	1,80213	0,10012	
TOTAL	29	36,70235		

TABELA 25 - MÉDIAS DOS VALORES DE PERCENTAGEM DE RAÍZES EM %, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	34,67	33,33	30,67	32,89
-N	30,77	27,19	25,45	27,80
-P	33,33	61,93	28,57	41,28
-K	34,65	32,87	32,61	33,38
-Ca	29,08	27,97	28,68	28,58
-Mg	31,60	31,13	29,31	30,68
-Zn	28,48	33,63	22,83	28,31
-Cu	31,63	10,93	31,64	24,73
-B	32,29	26,18	28,99	29,15
Completo	31,09	27,93	28,35	29,12

TABELA 26 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PERCENTAGEM DE RAÍZES, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	54,1790	27,0895	0,4902 ñ s
Tratamentos	09	548,3589	60,9288	1,1025 ñ s
Resíduos	18	994,7753	55,2653	
TOTAL	29	1597,3132		

TABELA 27 - MÉDIAS DOS VALORES DE PERCENTAGEM DE RAÍZES EM %, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	28,22	31,69	30,07	29,99
-N	29,86	31,02	34,00	31,63
-P	30,07	26,53	29,55	28,72
-K	28,60	26,12	27,54	27,42
-Ca	28,08	30,22	29,25	29,18
-Mg	29,13	29,22	28,35	28,90
-Zn	32,13	31,03	27,73	30,30
-Cu	29,65	29,37	25,85	28,29
-B	28,47	31,94	27,45	29,29
Completo	28,79	29,07	31,68	29,85

TABELA 28 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE PERCENTAGEM DE RAÍZES, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	1,1704	0,5852	0,1678 ã s
Tratamentos	09	36,6704	4,0745	1,1687 ã s
Resíduos	18	62,7569	3,4865	
TOTAL	29	100,5977		

TABELA 29 - MÉDIAS DOS VALORES DA RELAÇÃO PSR/D, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIAS DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,1320	0,0985	0,1117	0,1141
-N	0,1322	0,1073	0,1359	0,1251
-P	0,1613	0,4861	0,0860	0,2445
-K	0,3052	0,2561	0,2432	0,2682
-Ca	0,2815	0,2374	0,1873	0,2354
-Mg	0,2090	0,2083	0,1766	0,1980
-Zn	0,2464	0,2879	0,1607	0,2317
-Cu	0,2208	0,0879	0,2961	0,2016
-B	0,3032	0,2214	0,2361	0,2536
Completo	0,2533	0,2188	0,2040	0,2254

TABELA 30 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO PSR/D, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,0102	0,0051	0,7391 ã s
Tratamentos	09	0,0733	0,0081	1,1804 ã s
Resíduos	18	0,1243	0,0069	
TOTAL	29	0,2078		

TABELA 31 - MÉDIAS DOS VALORES DA RELAÇÃO PSR/D, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,1685	0,2101	0,1870	0,1885
-N	0,1994	0,2175	0,2282	0,2150
-P	0,1637	0,1126	0,2117	0,1627
-K	0,3104	0,2500	0,25	0,2701
-Ca	0,2923	0,3073	0,3010	0,3002
-Mg	0,2667	0,2526	0,2541	0,2578
-Zn	0,3536	0,3258	0,2727	0,3174
-Cu	0,2857	0,2340	0,2345	0,2514
-B	0,2805	0,3120	0,2519	0,2815
Completo	0,3057	0,3401	0,3245	0,3234

TABELA 32 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO PSR/D, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,0006204	0,0003102	0,35 ñ s
Tratamentos	09	0,0782224	0,00869138	9,9**
Resíduos	18	0,0157945	0,00087747	
TOTAL	29	0,0946373		

TABELA 33 - MÉDIAS DOS VALORES DA RELAÇÃO PST/D, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,3807	0,2956	0,3641	0,3468
-N	0,4298	0,3945	0,5340	0,4528
-P	0,4839	0,7849	0,3011	0,5233
-K	0,8808	0,7793	0,7459	0,802
-Ca	0,9680	0,8489	0,6532	0,8234
-Mg	0,6614	0,6693	0,6026	0,6444
-Zn	0,8653	0,8561	0,7041	0,8085
-Cu	0,6981	0,8036	0,9358	0,8125
-B	0,9388	0,8458	0,8143	0,8663
Completo	0,8146	0,7835	0,7195	0,7725

TABELA 34 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO PST/D, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,0344377	0,0172188	1,4 ñ s
Tratamentos	09	0,902934	0,100326	8,19**
Resíduos	18	0,220412	0,012245	
TOTAL	29	1,1577846		

TABELA 35 - MÉDIA DOS VALORES DA RELAÇÃO PST/D, POR BLOCO E
POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,5971	0,6630	0,6220	0,6373
-N	0,6677	0,7013	0,6711	0,6800
-P	0,5445	0,4242	0,7166	0,5618
-K	1,0853	0,9570	0,9078	0,9834
-Ca	1,0410	1,0171	0,0291	1,0291
-Mg	0,9154	0,8646	0,8962	0,8921
-Zn	1,1007	1,0498	0,9837	1,0477
-Cu	0,9636	0,7967	0,9072	0,8892
-B	0,9854	0,9770	0,9177	0,9600
Completo	1,0621	0,1701	1,0242	1,0855

TABELA 36 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO PST/D,
PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,0067484	0,0033742	0,65 ñ s
Tratamentos	09	0,94126976	0,1045855	20,19**
Resíduos	18	0,8932284	0,0051793	
TOTAL	29	1,0412466		

TABELA 37 - MÉDIAS DOS VALORES DA RELAÇÃO PSR/H, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,0249	0,190	0,0214	0,0218
-N	0,0285	0,0239	0,0291	0,0271
-P	0,0313	0,1010	0,0210	0,0511
-K	0,0690	0,0547	0,0585	0,0607
-Ca	0,0618	0,0500	0,0422	0,0513
-Mg	0,557	0,0519	0,0493	0,0523
-Zn	0,0455	0,0629	0,0383	0,0489
-Cu	0,0447	0,0152	0,0601	0,04
-B	0,0622	0,0396	0,0493	0,0504
Completo	0,0498	0,0472	0,0427	0,0466

TABELA 38 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO PSR/H, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,00022361	0,000111808	0,36 ñ s
Tratamentos	09	0,00392227	0,000435808	1,4 ñ s
Resíduos	18	0,00556738	0,000309299	
TOTAL	29	0,009713274		

TABELA 39 - MÉDIAS DOS VALORES DA RELAÇÃO PSR/H, POR BLOCOS E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTOS	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,0306	0,0348	0,0296	0,03167
-N	0,0344	0,0378	0,0381	0,03677
-P	0,0288	0,0183	0,0362	0,02777
-K	0,0566	0,0402	0,0452	0,04733
-Ca	0,0479	0,0544	0,0559	0,05273
-Mg	0,0522	0,0469	0,0419	0,047
-Zn	0,0638	0,0615	0,0485	0,05793
-Cu	0,0498	0,0430	0,0408	0,04453
-B	0,0536	0,0487	0,0453	0,0492
Completo	0,0527	0,0492	0,0549	0,05227

TABELA 40 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO PSR/H, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,000080863	0,000040431	1,28 ñ s
Tratamentos	09	0,002546854	0,000282983	8,98**
Resíduos	18	0,000566649	0,000031480	
TOTAL	29	0,003194368		

TABELA 41 - MÉDIAS DOS VALORES DA RELAÇÃO PST/H, POR BLOCO E
POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTOS	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,0718	0,0570	0,0698	0,0662
-N	0,0926	0,0879	0,1145	0,0983
-P	0,0940	0,1631	0,0736	0,1102
-K	0,1992	0,1665	0,1795	0,1817
-Ca	0,2125	0,1789	0,1472	0,1795
-Mg	0,1762	0,1668	0,1684	0,1705
-Zn	0,1599	0,1870	0,1679	0,1716
-Cu	0,1413	0,1389	0,1900	0,1567
-B	0,1927	0,1513	0,1699	0,1713
Completo	0,1602	0,1689	0,1507	0,1599

TABELA 42 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO PST/H,
PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

FONTE DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,000237369	0,000118684	0,2 ñ s
Tratamentos	09	0,0435614	0,004840164	8,3**
Resíduos	18	0,104967	0,00058315	
TOTAL	29	0,05429556		

TABELA 43 - MÉDIAS DOS VALORES DA RELAÇÃO PST/H, POR BLOCO E POR TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	MÉDIA DOS BLOCOS			MÉDIA
	BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	
Testemunha	0,1083	0,1098	0,0985	0,1055
-N	0,1150	0,1218	0,1121	0,1163
-P	0,0958	0,0690	0,1224	0,09573
-K	0,1978	0,1540	0,1640	0,1719
-Ca	0,1707	0,1801	0,1910	0,1806
-Mg	0,1790	0,1605	0,1479	0,1624
-Zn	0,1987	0,1981	0,1750	0,1906
-Cu	0,1678	0,1464	0,1580	0,1574
-B	0,1883	0,1525	0,1652	0,1687
Completo	0,1830	0,1692	0,1734	0,1752

TABELA 44 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DA RELAÇÃO PST/H, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

FONTES DE VAR.	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	02	0,001065461	0,00053273	2,67 ñ s
Tratamentos	09	0,0307728	0,0034192	17,15**
Resíduos	18	0,00358835	0,00019935	
TOTAL	29	0,0354266		

APÊNDICE 2

Tabelas referentes à frequência relativa e absoluta de D e H, valores médios e desvio padrão de H, PSR e PST, por classe de diâmetro de colo e de PSR e PST por classe de altura da parte aérea, em cada tratamento e para ambos os substratos.

TABELA 1 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DAS MUDAS POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Testemunha	7	13	49	87	-	-	-	-	-	-
-N	-	-	36	65	19	35	-	-	-	-
-P	2	4	36	68	15	28	-	-	-	-
-K	-	-	3	6	42	79	8	15	-	-
-Ca	-	-	2	4	27	50	22	41	3	5
-Mg	-	-	2	4	30	67	13	29	-	-
-Zn	-	-	2	4	40	73	13	23	-	-
-Cu	-	-	9	16	37	67	7	13	2	4
-B	-	-	1	2	39	74	13	24	-	-
Completo	-	-	4	7	36	65	12	22	3	6

TABELA 2 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DAS MUDAS POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Testemunha	-	-	42	78	11	20	1	2	-	-
-N	-	-	19	33	36	63	2	4	-	-
-P	2	4	31	61	15	29	3	6	-	-
-K	-	-	1	2	31	60	19	36	1	2
-Ca	-	-	-	-	34	62	21	38	-	-
-Mg	-	-	2	4	40	71	14	25	-	-
-Zn	-	-	1	2	22	39	30	52	4	7
-Cu	-	-	2	4	35	66	16	30	-	-
-B	-	-	2	4	31	55	22	39	1	2
Completo	-	-	-	-	23	48	23	48	2	4

TABELA 3 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DA ALTURA DA PARTE AÉREA POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	\bar{H}	s								
Testemunha	8,58	1,28	10,80	1,56	-	-	-	-	-	-
-N	-	-	11,84	1,60	13,86	2,70	-	-	-	-
-P	9,00	2,12	11,43	2,15	13,40	2,49	-	-	-	-
-K	-	-	13,83	2,25	15,92	2,35	17,03	3,05	-	-
-Ca	-	-	13,25	0,35	18,69	4,90	19,35	3,05	24,23	5,44
-Mg	-	-	12,25	2,47	14,30	2,37	15,23	1,63	-	-
-Zn	-	-	15,75	4,60	17,89	2,72	18,31	2,87	-	-
-Cu	-	-	14,11	2,85	18,36	3,38	22,71	5,65	28,00	4,24
-B	-	-	13,50	*	19,50	3,85	20,92	5,37	-	-
Completo	-	-	17,75	3,20	17,92	2,42	19,63	2,07	25,67	4,93

* apenas uma muda na classe (s=0)

TABELA 4 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DA ALTURA DA PARTE AÉREA POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	\bar{H}	s								
Testemunha	-	-	14,65	2,70	19,50	3,60	18,00	*	-	-
-N	-	-	16,89	2,47	18,44	2,85	19,75	1,77	-	-
-P	12,25	0,35	14,47	2,07	19,47	4,20	21,00	5,57	-	-
-K	-	-	21,00	*	22,13	4,46	21,68	6,86	19,00	*
-Ca	-	-	-	-	20,06	6,35	25,00	4,34	-	-
-Mg	-	-	19,00	2,83	20,39	3,14	22,96	3,90	-	-
-Zn	-	-	21,00	*	22,75	3,65	24,17	2,88	26,50	1,00
-Cu	-	-	19,25	1,06	20,33	3,34	23,81	3,57	-	-
-B	-	-	19,25	1,77	21,85	4,38	24,70	3,46	27,00	*
Completo	-	-	-	-	24,29	2,85	25,69	7,05	30,35	0,49

* apenas uma muda na classe (s=0)

TABELA 5 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DO PESO SECO RADICULAR POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	PSR	s								
Testemunha	0,21	0,12	0,23	0,09	-	-	-	-	-	-
-N	-	-	0,33	0,14	0,36	0,14	-	-	-	-
+P	0,25	0,07	0,73	0,62	0,56	0,39	-	-	-	-
-K	-	-	0,70	0,22	1,00	0,34	0,87	0,14	-	-
-Ca	-	-	0,74	*	0,92	0,32	1,06	0,29	1,31	0,67
-Mg	-	-	0,54	0,16	0,73	0,23	0,85	0,38	-	-
-Zn	-	-	1,21	0,27	0,86	0,38	0,92	0,41	-	-
-Cu	-	-	0,81	0,24	0,67	0,40	0,96	0,65	0,23	0,10
-B	-	-	0,82	*	1,01	0,41	0,97	0,30	-	-
Completo	-	-	1,08	0,33	0,82	0,25	0,93	0,28	0,96	0,15

* apenas uma muda na classe (s=0)

TABELA 6 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DO PESO SECO RADICULAR POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	PSR	s								
Testemunha	-	-	0,51	0,23	0,60	0,31	0,56	*	-	-
-N	-	-	0,66	0,31	0,70	0,20	0,52	0,19	-	-
-P	0,18	0,06	0,43	0,38	0,59	0,38	0,65	0,48	-	-
-K	-	-	0,95	*	1,14	0,55	1,04	0,29	1,05	*
-Ca	-	-	-	-	1,16	0,48	1,30	0,49	-	-
-Mg	-	-	1,11	0,73	0,97	0,31	1,00	0,34	-	-
-Zn	-	-	0,71	*	1,39	0,49	1,42	0,45	1,23	0,19
-Cu	-	-	1,26	0,23	0,94	0,34	1,00	0,35	-	-
-B	-	-	1,03	0,88	1,20	0,40	1,06	0,30	0,97	*
Completo	-	-	-	-	1,40	0,39	1,28	0,45	0,93	0,62

* apenas uma muda na classe (s=0)

TABELA 7 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DO PESO SECO TOTAL POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	$\overline{\text{PST}}$	s								
Testemunha	0,54	0,11	0,72	0,17	-	-	-	-	-	-
-N	-	-	1,07	0,23	1,46	0,36	-	-	-	-
-P	0,46	0,18	1,31	0,71	1,72	0,81	-	-	-	-
-K	-	-	1,90	0,32	2,91	0,57	2,95	0,44	-	-
-Ca	-	-	1,89	*	2,82	0,70	3,95	1,05	6,57	1,78
-Mg	-	-	1,78	0,31	2,34	0,55	2,83	0,60	-	-
-Zn	-	-	2,41	0,08	2,88	0,62	3,74	0,87	-	-
-Cu	-	-	1,87	0,48	2,81	0,88	3,80	0,96	4,77	1,47
-B	-	-	1,79	*	3,21	0,74	3,92	0,83	-	-
Completo	-	-	2,51	0,40	2,79	0,59	3,38	0,63	4,53	0,89

* apenas uma muda na classe (s=0)

TABELA 8 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DO PESO SECO TOTAL POR CLASSE DE DIÂMETRO DE COLO EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	PST	s								
Testemunha	-	-	1,48	0,37	2,38	0,53	2,80	*	-	-
-N	-	-	1,79	0,46	2,25	0,49	2,60	0,32	-	-
-P	0,46	0,04	1,18	0,49	2,27	0,78	3,93	1,37	-	-
-K	-	-	2,51	*	3,87	1,45	4,08	0,86	4,99	*
-Ca	-	-	-	-	3,71	0,64	4,88	1,15	-	-
-Mg	-	-	2,43	0,35	3,09	0,72	4,11	0,83	-	-
-Zn	-	-	1,83	*	3,94	0,85	4,99	1,21	5,62	0,91
-Cu	-	-	2,42	0,50	3,05	0,63	4,25	0,79	-	-
-B	-	-	2,35	0,39	3,43	0,68	4,43	0,79	5,44	*
Completo	-	-	-	-	4,06	0,79	4,80	0,86	5,65	0,78

* apenas uma muda na classe (s=0)

TABELA 9 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DAS MUDAS POR CLASSE DE ALTURA DA PARTE AÉREA EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Testemunha	27	48	29	52	-	-	-	-	-	-
-N	8	15	42	78	4	7	-	-	-	-
-P	14	28	33	66	3	6	-	-	-	-
-K	-	-	27	51	26	49	-	-	-	-
-Ca	-	-	11	21	30	57	9	17	3	5
-Mg	1	2	30	67	14	31	-	-	-	-
-Zn	-	-	11	20	37	67	7	13	-	-
-Cu	1	2	14	26	27	51	9	17	2	4
-B	-	-	8	15	30	58	13	25	1	2
Completo	-	-	8	15	40	73	5	9	2	3

TABELA 10 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DAS MUDAS POR CLASSE DE ALTURA DA PARTE AÉREA EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Testemunha	2	4	32	59	17	31	3	6	-	-
-N	-	-	12	21	37	65	7	12	1	2
-P	2	4	25	49	17	33	6	12	1	2
-K	-	-	-	-	14	27	33	63	5	10
-Ca	-	-	-	-	20	37	25	46	9	17
-Mg	-	-	2	4	32	58	16	29	5	9
-Zn	-	-	-	-	17	31	26	47	12	22
-Cu	-	-	-	-	30	57	18	34	5	9
-B	-	-	2	4	17	31	26	48	9	17
Completo	-	-	-	-	3	6	29	60	16	34

TABELA 11 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DO PESO SECO RADICULAR POR CLASSE DE ALTURA DA PARTE AÉREA EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA;

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	$\overline{\text{PSR}}$	s								
Testemunha	0,22	0,10	0,23	0,09	-	-	-	-	-	-
-N	0,35	0,15	0,34	0,15	0,26	0,09	-	-	-	-
-P	0,49	0,37	0,69	0,63	1,10	0,23	-	-	-	-
-K	-	-	0,92	0,38	1,01	0,24	-	-	-	-
-Ca	-	-	0,81	0,28	1,01	0,36	1,04	0,23	1,41	0,16
-Mg	0,49	*	0,72	0,23	0,85	0,36	-	-	-	-
-Zn	-	-	0,79	0,37	0,93	0,40	0,80	0,29	-	-
-Cu	1,01	*	0,68	0,42	0,80	0,40	0,27	0,08	0,65	0,49
-B	-	-	1,06	0,41	1,05	0,35	0,88	0,44	0,61	*
Completo	-	-	0,64	0,20	0,90	0,25	0,95	0,35	1,04	0,12

* apenas uma muda na classe (s=0)

TABELA 12 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DO PESO SECO RADICULAR POR CLASSE DE ALTURA DA PARTE AÉREA EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	PSR	s								
Testemunha	0,63	0,11	0,49	0,22	0,56	0,31	0,67	0,11	-	-
-N	-	-	0,55	0,13	0,71	0,26	0,71	0,22	1,07	*
-P	0,30	-∅-	0,45	0,43	0,49	0,36	0,53	0,30	1,14	*
-K	-	-	-	-	1,18	0,40	1,05	0,31	1,20	1,15
-Ca	-	-	-	-	1,25	0,48	1,14	0,43	1,34	0,66
-Mg	-	-	1,01	0,52	1,01	0,31	0,92	0,37	0,98	0,29
-Zn	-	-	-	-	1,46	0,48	1,40	0,49	1,22	0,33
-Cu	-	-	-	-	0,99	0,35	0,87	0,27	1,22	0,41
-B	-	-	1,16	0,24	1,18	0,41	1,17	0,39	0,94	0,27
Completo	-	-	-	-	1,33	0,11	1,43	0,41	1,12	0,44

* apenas uma muda na classe (s=∅)

TABELA 13 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DO PESO SECO TOTAL POR CLASSE DE ALTURA DA PARTE AÉREA EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE TRINITA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	PST	s								
Testemunha	0,64	0,17	0,74	0,16	-	-	-	-	-	-
-N	0,94	0,20	1,20	0,30	1,64	0,46	-	-	-	-
-P	0,94	0,45	1,49	0,76	2,41	0,84	-	-	-	-
-K	-	-	2,61	0,53	3,12	0,52	-	-	-	-
-Ca	-	-	2,28	0,70	3,40	0,87	4,34	0,75	6,15	2,70
-Mg	1,57	*	2,38	0,57	2,76	0,54	-	-	-	-
-Zn	-	-	2,45	0,55	3,17	0,70	3,49	1,00	-	-
-Cu	1,49	*	2,15	0,74	2,89	0,93	3,30	0,55	5,53	0,40
-B	-	-	2,44	0,51	3,35	0,70	3,77	0,67	5,72	*
Completo	-	-	2,18	0,44	3,00	0,58	3,43	0,42	4,97	0,64

* apenas uma muda por classe (s=∅).

TABELA 14 - VALORES MÉDIOS E DESVIO PADRÃO DO PESO SECO TOTAL POR CLASSE DE ALTURA AÉREA EM CADA TRATAMENTO, PARA O SUBSTRATO DE MANDAÇAIA.

TRATAMENTO	I		II		III		IV		V	
	$\overline{\text{PST}}$	s								
Testemunha	1,31	0,25	1,44	0,36	2,05	0,54	2,58	0,76	-	-
-N	-	-	1,52	0,31	2,21	0,42	2,61	0,49	3,07	*
-P	0,75	0,16	1,13	0,51	1,83	0,85	2,82	0,55	5,38	*
-K	-	-	-	-	3,36	0,79	3,94	0,66	5,60	3,14
-Ca	-	-	-	-	3,57	0,77	4,15	0,65	5,38	1,35
-Mg	-	-	2,39	1,20	3,02	0,71	3,71	0,78	4,44	0,67
-Zn	-	-	-	-	3,76	1,12	4,60	1,08	5,58	0,96
-Cu	-	-	-	-	2,96	0,64	3,70	0,59	4,88	1,10
-B	-	-	2,43	0,40	3,24	0,71	4,18	0,87	4,18	0,71
Completo	-	-	-	-	3,47	0,60	4,28	0,91	5,03	0,69

* apenas uma muda por classe (s=0)

APÊNDICE 3

Intervalos das classes de diâmetro de colo e de altura da parte aérea, válidos para ambos os substratos

- Intervalos das classes de diâmetro de colo ($\frac{2}{3}s$) para ambos os substratos.

Classe I - 1,7 mm ou menos

Classe II - 1,8 mm a 2,9 mm

Classe III - 3,0 mm a 4,1 mm

Classe IV - 4,2 mm a 5,3 mm

Classe V - 5,4 mm ou mais

- Intervalos das classes de altura da parte aérea (1s) para ambos os substratos.

Classe I - 10,3 cm ou menos

Classe II - 10,4 cm a 15,8 cm

Classe III - 15,8 cm a 21,3 cm

Classe IV - 21,4 cm a 26,8 cm

Classe V - 26,9 cm ou mais

APÊNDICE 4

Tabelas de dados climáticos e pluviométricos relativos
ao período de formação das mudas (abril a dezembro/88)

TABELA 1 - DADOS CLIMATOLÓGICOS COLETADOS NO POSTO MUNICIPAL DE LAGOA - 1988.

Meses	Temperatura (média)	U.R.Ar. (média)	Temp. Máxima (média)	Temp. Mínima (média)
Janeiro	23,8	76,6	32,0	14,0
Fevereiro	21,3	82,5	29,8	12,4
Março	22,8	75,8	32,0	13,2
Abril	19,9	83,5	29,0	8,8
Maiο	16,2	88,6	25,2	4,8
Junho	14,4	80,3	26,4	-1,6
Julho	14,29	72,2	25,6	0,2
Agosto	18,1	61,2	31,8	3,4
Setembro	20,2	62,5	34,6	6,8
Outubro	19,6	69,2	29,6	10,8
Novembro	21,3	65,6	32,0	8,2
Dezembro	23,1	70,2	33,0	11,2

OBS: 1.1. Temperatura: dados coletados diariamente às 7:00, 10:00, 13:00 e 21:00 hs.

1.2. Umidade Relativa do Ar: dados coletados diariamente às 7:00, 10:00, 13:00 e 21:00 hs.

1.3. Temperatura Máxima: dados coletados 7:00 e 21:00 hs.

1.4. Temperatura Mínima: dados coletados 7:00 e 21:00 hs.

TABELA 2 - DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA FAZENDA MONTE ALEGRE/LAGOA (1988)

Meses	Pluviosidade(mm) soma das médias	Nº de dias c/ chuva (médias)	Pluviosidade(mm) (Lagoa)	Nº de dias c/ chuva (Lagoa)
Janeiro	139,3	11	141,4	11
Fevereiro	132,2	09	141,6	08
Março	102,9	07	79,4	07
Abril	71,5	08	80,4	09
Maiο	269,5	15	275,0	17
Junho	73,7	07	66,0	08
Julho	2,9	09	7,2	02
Agosto	0,4	0,07	0	0
Setembro	56,5	05	51,2	05
Outubro	134,6	10	35,2	10
Novembro	22,5	13	19,2	04
Dezembro	186,8	15	166,8	16

OBS: 1.1. As médias referentes ao mês de Janeiro foram coletadas em 18 (dezoito) Guardas Florestais, quanto às referentes aos outros meses foram coletadas em apenas 13 (treze).

1.2. A Lagoa está incluída nas demais Guardas Florestais.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AMBERGER, A. Pflanzenernährung, ökologie und physiologische grundlagen. Stuttgart, Eugen Ulmer, 1979. 250p.
- 2 ARMSON, K. A. & SADREIKA, V. Forest tree nursery soil management and related practices. Ontario, Ministry of Natural Resources, 1974. 177p.
- 3 ATLAS do Estado do Paraná. Curitiba, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, 1987. 73p. ilustr.
- 4 BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. de; NEVES, J. C. L. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. Informe Agropecuário, 141: 15-19, 1986.
- 5 BAULE, H. & FRICKER, C. The fertilizer treatment of forest trees. München, Verlagsgesellschaft, 1970. 259p.
- 6 BÖHM, W. Methods of studying root systems. Berlin, Springer Verlag, 1979. 188p.
- 7 CAMERON, D. M.; RANCE, S. J.; WILLIAMS, E. R. Effects of fertilizers on growth, form and concentration of nutrient in the needles of *Pinus caribaea* var. hondurensis in the Northern Territory. Aust. For. Res., 12: 105-119, 1982.
- 8 CARNEIRO, J. G. de A. Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* para plantio definitivo. Curitiba, 1976. 70p. Dissertação, Mestrado, Universidade Federal do Paraná.

- 9 _____. Untersuchungen zu fragen der morphologischen merkmale und des wasserhaushaltes junger koniferenpflanzen. Freiburg, 1980. Tese, Doutorado, Albert-Ludwig Universität.
- 10 _____. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam sua qualidade. Curitiba, FUFPEF, 1983. 40p. (Série Técnica, 12).
- 11 _____. Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro e após o plantio. Curitiba. 1985. 125p. Tese, Professor Titular, Universidade Federal do Paraná.
- 12 DANIELS, F. W. Nursery fertilizer experiment in *Eucalyptus grandis* and *Pinus taeda*. Forestry in South Africa, 17: 57-61, 1975.
- 13 DEICHMANN, V. von. Noções sobre sementes e viveiros florestais. Curitiba, s.ed., 1967. 196p.
- 14 DONALD, D. G. M. The use of inorganic fertilizers for the production of pines in the forest nursery. South African Forestry Journal, 81: 2-6, 1972.
- 15 _____ & YOUNG, I. The growth of pine seedlings in South African forest nursery. South African Forestry Journal, 123: 36-50, 1982.
- 16 DRIESSCHE, R. van den. Soil fertility in forest nurseries. In: DURYEA, M. L. & LANDIS, T. D. Forest nursery manual; production of bareroot seedlings. Corvallis, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, 1984. 386p.

- 17 EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, s.ed., 1979. n.p.
- 18 _____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1984. 2v. (Bol. Pesq. SNLCS, 27).
- 19 _____. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná. Curitiba, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1986. 89p. (Doc. CNPF, 17).
- 20 FINCK, A. Dünger und düngung; Grundlagen, anleitung zur düngung der kulturpflanzen. Weinheim, Verlag Chemie, 1978. 441p.
- 21 GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 12. ed., São Paulo, Livraria Nobel, 1987. 467p.
- 22 GOOR, C. P. van. A nutrição de alguns pinheiros tropicais. Silvicultura em São Paulo, 4/5: 313-40, 1965/66.
- 23 HAAG, H. P., coord. Nutrição mineral de Eucalyptus, Pinus, Araucaria e Gmelina no Brasil. Campinas, Fund. Cargill, 1983. 202p.
- 24 KAUL, O. N.; GUPTA, A. C.; NEGI, J. D. S. Diagnosis of mineral deficiencies in *Pinus patula* seedlings. The Indian Forester, 100(8): 520-6, 1979.
- 25 KNIGHT, P. J. Fertilizer practice in New Zealand forest nurseries. New Zealand Journal of Forestry Science, 8(1): 27-53, 1978.

- 26 KRAMER, P. J. & KOZLOWSKI, T. Fisiologia das árvores. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745p.
- 27 KRUG, H. P. O plantio dos *Pinus* em São Paulo. Anuar Bras. Econ. Flor., 16: 1-39, 1964.
- 28 LUTZ, H. J. & CHANDLER JUNIOR, R. F. Forest soil. New York, John Wiley u. Sons, 1947. 514p.
- 29 McGRATH, J. F. & ROBSON, A. D. Effect of nitrogen and phosphorus supply on the response of seedlings of *Pinus radiata*, D. Don to applied zinc. Aust. For. Res., 14: 163-73, 1984.
- 30 _____. The distribution of zinc and the diagnosis of zinc deficiencies in seedlings of *Pinus radiata*, D. Don. Aust. For. Res., 14: 175-86, 1984.
- 31 MACHADO, S. do A. Inventário nacional das florestas plantadas nos estados do Paraná e Santa Catarina. Brasília, Inst. Bras. Des. Flor., 1984. 284p.
- 32 MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Pioneira, 1974. 752p.
- 33 _____. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo. Ed. Agr. Ceres, 1980. 251p.
- 34 _____. Racionalização da adubação fosfatada nas áreas de cerrado; teoria e prática de adubação fosfatada. Uberaba, s.d. Palestra proferida no Sindicato Rural de Uberaba.
- 35 MARTINEZ, H. E. P.; HAAG, H. P.; BRUCKNER, C. H.; DECHEN, A. R. Diagnóstico da carência de macronutrientes em tres variedades de *Pinus caribaea*; I. Sintomas visuais e efeitos sobre a produção de matéria seca. Anais da E.S.A.L.Q., 42: 539-69, 1985.

- 36 MARTINEZ, H. E. P.; HAAG, H. P.; BRUCKNER, C. H. Macronutrientes em *Pinus caribaea* Morelet; II. Níveis internos sob suficiência e sob omissão. Anais da E.S.A.L.Q., 43 (1): 97-146, 1986.
- 37 MARX, D. H. & BRYAN, W. C. Growth and ectomycorrhizal development of lobloly pine seedlings in fumigated soil infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. For. Sci., 21: 245-54, 1975.
- 38 MARZO, M. T. & MARCOS, J. Importancia de los cultivos hidroponicos en programas forestales. Montes, 156: 405-9, 1970.
- 39 PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Normas de produção de sementes e mudas de frutíferas e florestais, Curitiba, s.ed., 1987. 158p.
- 40 PARVIAINEN, J. Forest regeneration in Finland. In: Simpósio bilateral Brasil-Finlândia sobre atualidades florestais. Anais. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1988.
- 41 PHARIS, R. P. & KRAMER, P. J. The effects of nitrogen and drought on lobloly pine seedlings. For. Sci., 10(2) 143-50, 1964.
- 42 REISSMANN, C. B. & ZÖTTL, H. W. Problemas nutricionais em povoamentos de *Pinus taeda* em áreas do arenito da formação Rio Bonito - grupo Guatá. Rev. Set. Ciênc. Agr., 9: 75-80, 1987.
- 43 SANTOS FILHO, A. & ROCHA, H. O. da. Principais características dos solos que influem no crescimento de *Pinus taeda* L. no 2º planalto paranaense. Rev. Set. Ciênc. Agr., 9: 107-11, 1987.

- 44 SCHIMIDT-VOGT, H. Morphologische und physiologische eigenschaften von pflanzen; bedeutung und bewertung. Forstw. Cbl., 94: 19-28, 1975.
- 45 SCHUURMAN, J. J. & GOEDEWAAGEN, M. A. J. Methods for the examination of root systems and roots. 2. ed. Wageningen, Pudoc, 1971,
- 46 SIMÕES, J. W. & COUTO, H. T. Z. do. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze cultivada em vaso. IPEF, 7: 3-40, 1973.
- 47 SNOWDON, P. Diagnosis of boron deficiency in soils by pot experiments with *Pinus radiata*. Aust. For. Res., 12: 217-29, 1982.
- 48 STURION, J. A. Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas de essências florestais. Curitiba, EMBRAPA/URPFCS, 1981. 18p. (Documentos, 3).
- 49 TALWAR, K. K. & BHATNAGAR, H. P. Effect of macroelement deficiencies on fresh and dry matter, mineral uptake and holocellulose production by *Pinus caribaea* seedlings. The Indian Forester, 105(5):342-55, 1979.
- 50 VETORI, L. & PIERANTONI, H. Análise granulométrica; novo método para determinar a fração argila. Rio de Janeiro, EPFS/EPE, Ministério da Agricultura, 1968. 8p.
- 51 WILL, G. M. Nutrient deficiencies in *Pinus radiata* in New Zealand. N.Z.J. For. Sci., 8(1): 4-14, 1978.
- 52 ZÖTTL, H. W. & TSCHINKEL, H. Nutrición y fertilización forestal; una guia practica. Medelin, Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colômbia, 1971. 116p.