

ODILSON DOS SANTOS OLIVEIRA

EFEITOS DA TERRA MICORRIZADA SOBRE O DESENVOLVIMENTO  
DE MUDAS DE *Pinus taeda* L. E *Pinus patula* SCH. & CHAM.

Tese de Mestrado apresentada à  
disciplina de Silvicultura, do De-  
partamento de Silvicultura e Mane-  
jo. Setor de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal do Paraná.

Curitiba - PR.

1978



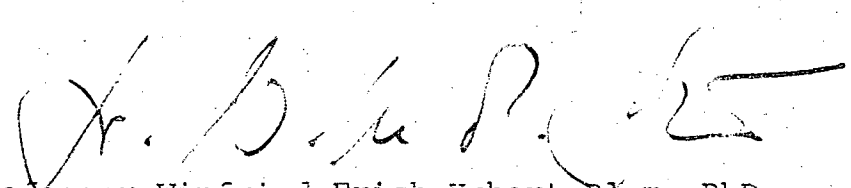
P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato ODILSON DOS SANTOS OLIVEIRA, sob o título "EFETOS DAS MICORRIZAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Pinus taeda* L, E *Pinus patula* SCH. & CHAM", para obtenção do grau de Mestre em Ciências - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração: Silvicultura, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, e realizada a atribuição de conceitos, são de parecer pela "APROVAÇÃO COM MÉRITO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre.

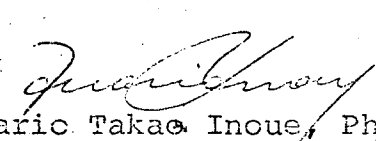
Curitiba, 27 de dezembro de 1978.

  
Professor Mario José Nowacki, Dr.

Primeiro Examinador

  
Professor Winfried Erich Hubert Blum, PhD.

Segundo Examinador

  
Professor Mario Takao Inoue, PhD.

Presidente



## AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus sinceros agradecimentos às seguintes entidades e pessoas:

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela valiosa ajuda financeira através da concessão de uma bolsa de estudos.
- À Coordenadoria do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, que possibilitou sua participação no referido Curso.
- Ao Doutor Mário Takao Inoue, orientador, por sua atenciosa dedicação às diversas etapas de realização do trabalho.
- Aos professores W. E. H. Blum, E. E. Hildebrand, M. J. Nowacki, W. T. Queiroz, T. S. C. de Lima, J. Jankauskis e ao pesquisador E. S. Neto, por suas colaborações na realização dos trabalhos de laboratórios e viveiro, bem como pela revisão dos originais e as valiosas sugestões apresentadas.
- Aos laboratoristas do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, pela valiosa contribuição aos trabalhos de análises de dados e à Administração da Faculdade de Ciências Agrárias do Paraná que tornou possível a impressão e defesa do referido trabalho.

## B I O G R A F I A

O autor nasceu em Belém, Estado do Para, Brasil, em 30 de dezembro de 1946.

Fez o curso secundário em Belém, Estado do Pará, de 1962 a 1968.

Iniciou os estudos universitários na Faculdade de Florestas, da Universidade Federal do Paraná em 1970, tendo concluído e se graduando sob o título de ENGENHEIRO FLORESTAL, em 1973.

Em janeiro de 1974, ingressou na Cia. Agro-Industrial da Amazônia S/A, dirigindo o Departamento de Controle e Qualidade de Compensados. Manaus-AM.

Em maio de 1974, ingressou no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), exercendo o cargo de Encarregado da Reserva Florestal Ducke e Estação Experimental de Silvicultura Tropical.

Em março de 1975, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, na Faculdade de Florestas, da Universidade Federal do Paraná.

Em janeiro de 1976 a junho de 1977, exerceu o cargo de Professor Colaborador, no Departamento de Biologia, da Universidade Federal do Paraná.

Atualmente, Professor Assistente de Proteção Florestal e Coordenador do Curso de Engenharia Florestal da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP), tendo sido contratado a partir de agosto de 1977.

Aos meus pais e mestres, responsáveis pela  
minha formação.

À NORMÉLIA minha esposa e à LIZIANE minha filha,  
pelo apoio neste trabalho ...

D E D I C O

# S U M Á R I O

	Página
I - INTRODUÇÃO	1
II - REVISÃO DE LITERATURA	3
1. Análise no Setor da Pesquisa	3
2. Técnica de Inoculação	3
3. Micorrizas e a Mobilização de Nutrientes	4
4. Micorrizas no Desenvolvimento das Mudas e Biomassa	5
III - MATERIAIS E MÉTODOS	7
1. Origem do Material de Estudo	7
2. Preparo do Material	7
2.1. Teste de germinação	7
2.2. Desinfecção das sementes	7
2.3. Quebra de dormência das sementes	8
2.4. Preparo das sementeiras e semeadura	8
2.5. Coleta de solo natural micorrizado	8
2.6. Preparo e análise química do substrato e inóculo	8
2.6.1. Definição dos tratamentos	8
2.6.2. Análise química	9
2.6.2.1. Análise do pH	9
2.6.2.2. Análise do Al, Ca e Mg	9
3. Repicagem	10
4. Delineamento Estatístico	10
5. Dados Meteorológicos de Viveiro	11
6. Tratos Culturais	11
7. Parâmetros Medidos	11
7.1. Crescimento em altura e diâmetro de colo	11
8. Produção de Matéria Seca	11
9. Conteúdo de Nutrientes nas Acículas	12
10. Dados Estatísticos de Avaliação	13

10.1. Análise em experimento fatorial	13
10.2. Análise de covariância	13
IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
1. Incremento em Altura e Diâmetro de Colo	14
2. Mortalidade	14
3. Absorção de Nutrientes	25
4. Produção de Matéria Seca	31
5. Comparação entre os Níveis de Inóculo	31
6. Análise Estatística	35
6.1. Análise de covariância	35
6.2. Regressões	35
6.3. Análise fatorial	36
V - CONCLUSÕES	37
VI - RESUMO	38
VII - SUMMARY	39
VIII - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	40
IX - APÊNDICE	44

## LISTA DE FIGURAS

FIGURAS N°:	PÁGINA
1. Desenvolvimento em altura das mudas de <u>P. taeda</u> em diferentes níveis de inóculo micorrizico.	17
2. Desenvolvimento em altura das mudas de <u>P. patula</u> em diferentes níveis de inóculo micorrizico.	18
3. Desenvolvimento em diâmetro das mudas de <u>P.taeda</u> em diferentes níveis de inóculo micorrizico.	19
4. Desenvolvimento em diâmetro das mudas de <u>P.patula</u> & Cham. em diferentes níveis de inóculo micorrizico.	20
5. Altura das mudas de <u>P. taeda</u> no final do ensaio.	21
6. Altura das mudas de <u>P. patula</u> no final do ensaio.	22
7. Peso total de matéria seca de mudas de <u>P. taeda</u>	35
8. Peso total de matéria seca de mudas de P. patula.	36.



## LISTA DE QUADROS

QUADRO N°:	PÁGINA
1: Dados meteorológicos do viveiro	13
2. Incrementos em altura de <u>P.patula</u>	23
3. Incrementos em altura de <u>P.taeda</u>	24
4. Incrementos em diâmetro de <u>P.patula</u>	25
5. Incrementos de diâmetro de <u>P.taeda</u>	26
6. Análise química de solo dos tratamentos	29
7. Concentração de vários elementos minerais em acículas de mudas de <u>P. patula</u> em função de diferentes níveis de inóculo micorrizico.	31
8. Concentração de vários elementos minerais em acículas de mudas de <u>P.taeda</u> em função de diferentes níveis de inóculo micorrizico.	32
9. Peso de matéria seca (g) após cinco meses	34
10. Análise de variância dos incrementos em altura para <u>P.taeda</u> .	47
11. Análise de variância dos incrementos em altura para <u>P.patula</u> .	47
12. Análise de covariância dos incrementos em altura para <u>P.teada</u> .	48
13. Análise de covariância dos incrementos em altura para <u>P.patula</u> .	49
14. Regressões dos nutrientes com outras variáveis.	50
15. Regressões dos nutrientes com outras variáveis.	51
16. Regressões do peso seco, altura e diâmetro de <u>co</u> lo.	52
17. Análise fatorial dos incrementos em altura	53.

## I N T R O D U Ç Ã O

É sabido que na nutrição das plantas pelo processo da simbiose fungo-raiz, as micorrizas provocam um efeito positivo no desenvolvimento das essências florestais. Isto é bem evidente nas pináceas que, quando na ausência de fungos micorrízicos, não apresentam um desenvolvimento satisfatório (MARKS<sup>18</sup> e THEODOROU<sup>33</sup>).

Na formação de mudas, a pesquisa científica no campo nutricional tem mostrado a importância deste processo, não somente no crescimento das plântulas, mas também na absorção de nutrientes e produção de biomassa (SHEMAKHANOVA<sup>30</sup>, LAMB & RICHARDS<sup>14</sup>, INOUE<sup>9</sup> e BOWEN<sup>2</sup>).

Em virtude de tais fatos, muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no campo das micorrizas, com inoculações naturais e artificiais de mudas. Porém, a maioria desses trabalhos limitam-se ao isolamento, cultivo e posterior inoculação de mudas em laboratório, sendo os efeitos das micorrizas avaliados sob condições controladas. Deste modo, os trabalhos com inoculação artificial, em termos de produção de mudas para reflorestamento tornam-se dispendiosos no que diz respeito a multiplicação de culturas em larga escala e sua conservação permanente de uso. Por outro lado, a microbiologia do solo é muito complexa, influenciando grandemente na eficiência dos fungos micorrízicos quando inoculados nos canteiros.

O uso de inóculo natural, anula em grande parte estes problemas visto este trazer em sua constituição uma quantidade elevada de fungos micorrízicos em condições de ótima adaptação num substrato que pouco difere dos substratos usados nos canteiros. Outro fator importante a considerar é esses fungos estarem estritamente relacionados com outros microrganismos do solo, desempenhando satisfatoriamente suas funções de simbiontes.

Os fungos micorrízicos são componentes habituais da porção do solo limitada pelas raízes, onde as condições fisi

cas, químicas e biológicas, motivadas pela presença das raízes, exercem efeitos notáveis no equilíbrio qualitativo e quantitativo da população microbiana, diferindo substancialmente dos solos desprovidos de vegetação (KESSELL<sup>10</sup>, THEODOROU<sup>33</sup> e LAMB & RICHARDS<sup>14</sup>).

Considerando uma região onde o reflorestamento com pináceas é notório, a prática de micorrização nos viveiros torna-se bastante racional quando se usa solo dessas áreas ou de viveiros antigos como inóculo.

As técnicas de micorrização variam de viveiro para viveiro e, em alguns casos, são dispendiosos e poucos eficientes, principalmente quando há necessidade de tratamento e conservação dos inóculos micorrízicos, bem como a distância onde estes são buscados é grande. Deste modo, deve-se levar em consideração a quantidade de inóculo a ser aplicada nos canteiros, com vista a obtenção de maior eficiência dos mesmos (MIKOLA<sup>22</sup>).

Assim, procura-se testar, em condições de viveiro, os efeitos da terra micorrizada no desenvolvimento das mudas de Pinus taeda L. e Pinus patula Sch. & Cham., os seguintes objetivos:

- a) Geral: Diagnosticar a concentração de inóculo que proporcione o melhor crescimento das mudas como subsídio para a prática de viveiros florestais.
- b) Específico: Observar o comportamento das espécies estudadas em relação a inoculação com terra micorrizada, analisando a altura da parte aérea, diâmetro de colo, peso de matéria seca e absorção de nutrientes.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1. Análise no Setor da Pesquisa

No século XIX já se tinha informações sobre a possível associação entre fungos e raízes (FRANK<sup>5</sup>), porém só no século XX, mais precisamente em 1925, MELIN<sup>21</sup> observou a influência de fungos micorrízicos na mudança da estrutura, crescimento e suberificação das raízes dos vegetais. Essas mesmas observações foram confirmadas em pesquisas soviéticas por KRASOVSKAYA, LOBANOV e SAWTSERVICH, citados por SHEMAKHANOVA<sup>30</sup>.

As primeiras evidências da importância das micorrizas no crescimento das plântulas foram observadas em pinhos exóticos nos viveiros, quando inoculados com fungos micorrízicos. Por outro lado, quando na ausência desses fungos, as mudas morriam ou não se desenvolviam satisfatoriamente (MARKS<sup>18</sup> e THEODOROU<sup>33</sup>). Viveiros exuberantes, alto índice de germinação, menor susceptibilidade às doenças e maior capacidade de absorção de nutrientes, constituem fatores diretamente relacionados com as micorrizas (McCOMB & GRIFFITH<sup>20</sup>, CLODE<sup>4</sup>, CLARK<sup>3</sup>, ZAK<sup>38</sup>, THEODOROU & BOWEN<sup>34</sup> e VOIGT<sup>35</sup>).

A ausência de fungos micorrízicos apropriados em viveiros de pináceas na Austrália, Rhodésia, Filipinas e EE.UU., em 1930, resultou em completo fracasso (MARAIS & KOTZE<sup>17</sup>). Face a isto, HATCH<sup>8</sup> propôs a micorrização como sendo uma prática normal e necessária em todos os viveiros florestais.

### 2. Técnicas de Inoculação

Na prática de micorrização nos viveiros florestais, a terra de plantios naturais ou de viveiros florestais

antigos, constituem os tipos mais comuns de inóculo. As técnicas de aplicação variam segundo as práticas de viveiro. Quando são produzidas mudas em sementeiras ou de raiz-nua nos canteiros, a inoculação é feita, espalhando-se uma camada de 1,0 a 2,0 cm de espessura de terra micorrizada nos canteiros, logo após a sementeira (MIKOLA<sup>22</sup>).

Quando as plantas são cultivadas em recipientes, como na maioria dos países tropicais e subtropicais, a inoculação é feita, misturando-se o inóculo com o substrato dos mesmos. A mistura recomendada por MAY<sup>19</sup> para os viveiros da África Oriental, contém de 10% a 20% de inóculo natural.

Em alguns países, como o Brasil e EE.UU., utiliza-se como inóculo, além da camada superficial do solo, camadas de acículas de plantios velhos de pinhos, resultando em um excelente veículo de infecção micorrízica, além de se constituir numa ótima cobertura para os canteiros.

O inóculo natural tem como vantagem a facilidade e segurança com que se pode efetuar a inoculação, dispensando-se mão-de-obra especializada, porém pode tornar-se difícil manter o fungo micorrízico em condições viáveis durante longo tempo (MIKOLA<sup>22</sup>). Outro fator a considerar é a existência de uma equilibrada população de diferentes espécies de fungos micorrízicos habitando juntamente com outros fungos e organismos parasitas e causadores de enfermidades, correndo o risco da introdução de doenças no viveiro (THEODOROU<sup>33</sup> & MIKOLA<sup>22 e 23</sup>).

### 3. Micorrizas e a Mobilização de Nutrientes

A idéia de que as micorrizas promovem a absorção de nutrientes do solo é firmemente constatada na literatura (RAYNER<sup>27</sup>, SCHMIDT<sup>29</sup>, VOIGT<sup>35</sup>, MARAIS & KOTZÉ<sup>17</sup> e KRUGNER<sup>13</sup>).

HATCH<sup>8</sup> observou que as mudas de coníferas cultivadas em solos pobres, porém inoculadas com matéria orgânica contendo fungos micorrízicos, absorviam mais nutrientes que as não inoculadas.

O conteúdo de certo nutrientes nas folhas, tais co

mo P, N, Ca e Mn é estimulado, não somente pelo nível de inóculo, mas também pela ação de diferentes fungos micorrízicos (CLODE<sup>4</sup>, BOWEN<sup>1</sup> e ROSS & HARPPER<sup>28</sup>). Estudando o efeito da inoculação de diferentes fungos micorrízicos sobre o estado nutricional de mudas de Pinus radiata D. Don., após quatro meses de inoculadas, LAMB & RICHARDS<sup>14</sup> obtiveram 44,5%; 52,6% e 52,8% de N, P e K, respectivamente, de seu peso seco em relação às não inoculadas.

O estudo nutricional dos vegetais através das micorrizas destaca-se principalmente em regiões de climas frios e temperados, onde a mobilização do nitrogênio é muito demorada. Porém, quando presentes fungos micorrízicos nessas regiões, estes são capazes de utilizar os complexos orgânicos de compostos nitrogenados, proporcionando uma rápida assimilação do nitrogênio pela planta (HARLEY<sup>7</sup> e VOIGT<sup>35</sup>).

As micorrizas possibilitam a absorção de substâncias nutritivas das áreas onde não estão distribuídas as raízes dos vegetais. Isto foi verificado por MELIN<sup>21</sup>, cultivando mudas de pinhos até três anos de idade em cultura pura, usando NH<sub>4</sub>Cl como fonte de nitrogênio, verificando após esse tempo, um bom desenvolvimento somente das mudas, cujas radículas, transformadas em micorrizas, absorviam o composto.

#### 4. Micorrizas no Desenvolvimento das Mudas e Biomassa

O êxito do crescimento e produção de biomassa das mudas, está associado às micorrizas. Constituem trabalhos típicos, os de HATCH<sup>8</sup>, McCOMB & GRIFFITH<sup>20</sup>, SHEMAKHANOVA<sup>30</sup>, THEODOROU<sup>33</sup>, WILDE<sup>37</sup>, LAMB & RICHARDS<sup>14</sup>, NETO<sup>24</sup>, INOUE<sup>9</sup> e KRUGNER<sup>13</sup>).

KESSEL<sup>10</sup>, trabalhando com Pinus radiata D. Don. e Pinus panaster Soland na Austrália Ocidental, observou que as mudas não se desenvolviam satisfatoriamente, senão depois de inocular solo de plantios de pinhos nos canteiros. Às mesmas conclusões chegou OLIVEROS<sup>25</sup>, nas Filipinas.

Em 1955, MALYSHKIN<sup>16</sup> trabalhando com mudas de Quercus spp., inoculadas com solos florestais contendo fungos micorrízicos, obteve 130% e 12% mais em peso seco e al-

tura, respectivamente, que as não inoculadas.

Em 1963, CLARK<sup>3</sup>, usando raízes micorrizadas como fonte de inóculo para tulipa, em solo fumigado com brometo de metila, obteve, após 12 semanas, um peso fresco das mudas micorrizadas, seis vezes maior que as não inoculadas.

Em 1967, MIKOLA<sup>22</sup> inoculou mudas de Pinus sylvestris L. com mistura de humus de plantios de pinhos, obtendo 25% de incremento em altura superior às não inoculadas, após nove semanas.

Em 1971, HACSKAYLO<sup>6</sup> pesquisando o efeito das micorrizas, usando como fonte de inóculo solo micorrizado em mudas de Pinus caribaea Morelet, obteve, após 40 semanas, altura superior às não inoculadas de 41%.

Em 1972, INOUE<sup>9</sup> trabalhando com Pinus taeda L., usando diferentes concentrações de terra micorrizada como inóculo, verificou, após 90 dias, uma perfeita correlação entre os níveis de inóculo e o crescimento das mudas.

Em 1976, KRUGNER<sup>13</sup>, usando solo infestado com fungos micorrízicos em mudas de Pinus taeda L. obteve, após oito meses, um incremento de 1,0 g e 2,2 cm de peso seco e altura, respectivamente, por muda, superior às não inoculadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### 1. Origem do Material de Estudo

No presente trabalho, usou-se sementes de Pinus taeda L. e Pinus patula Sch. & Cham., oriundas da Estação de Pesquisas Florestais de Rio Negro - Pr.. A razão de escolha das referidas espécies para a pesquisa, prende-se ao fato de seu largo emprego em projetos de reflorestamento no Estado do Paraná, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, substituindo suas reservas nativas por florestas homogêneas com espécies de rápido crescimento, visando uma maior produtividade.

O inóculo natural, constituído de terra micorrizada, foi coletado num talhão de P. taeda, de aproximadamente nove anos de idade, localizado na Estação Experimental do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná - PR.

### 2. Preparo do Material

#### 2.1. Teste de germinação

No Departamento de Silvicultura e Manejo, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, procedeu-se testes para verificar a percentagem de germinação das sementes. Como resultado, observou-se 63% e 57% de germinação para P. taeda e P. patula, respectivamente.

Para a efetuação do teste, dispensou-se, devido ao reduzido número de sementes, quaisquer técnicas de amostragem.

#### 2.2. Desinfecção das sementes

Como tratamento preventivo, usou-se o fungicida Captan, na forma de pó, contendo 75% do princípio ativo (N-triclorometil-mercapto-4-ciclo-hexeno-1,2-dicarboximida). As dosagens usadas obedeceram recomendações de KRUGNER<sup>12</sup>,



para *Eucalyptus*.

Após o tratamento, as sementes foram armazenadas em sacos plásticos e conservadas em ambiente à 4°C, durante tres dias.

### 2.3. Quebra de dormência das sementes

Visando uma rápida germinação, procedeu-se a quebra de dormência das sementes, submergindo-as em água destilada à temperatura ambiente por 18 horas e, em seguida, conservadas úmidas à 4°C durante 96 horas (PASZTOR<sup>26</sup>).

### 2.4. Preparo das sementeiras e sementeira

Foram preparadas duas sementeiras em caixotes com terra de campo esterilizada à vapor úmido, sendo uma para cada espécie em estudo. A sementeira deu-se no início de novembro de 1976.

As regas foram regulares, suficientes para manter as sementeiras úmidas durante a germinação e o tempo de espera para o repique.

As sementeiras, para melhor proteção contra a insolação direta sobre as mudas, foram parcialmente cobertas com tela plástica até a época da repicagem.

### 2.5. Coleta de solo natural micorrizado

O solo usado pertence ao grande grupo RUBROZEM, descrito por SOUZA<sup>31</sup>. Como características, os solos deste grupo apresentam o horizonte A bem desenvolvido (SOUZA<sup>31</sup>). Com a existência de plantios de pinhos em solos deste tipo, há uma perfeita adaptação dos fungos micorrízicos no sistema radicular dos mesmos (MARAIS & KOTZE<sup>17</sup>).

Tentando-se reunir estas características para os objetivos do referido trabalho, usou-se solo de um talhão experimental, onde as frutificações de fungos micorrízicos eram abundantes, conforme foto n° 1.

Como técnica de coleta, usou-se pá e enxada para a extração do solo, a uma profundidade de aproximadamente 10 cm, entre as linhas de plantios dos pinhos, locais onde eram mais numerosas as frutificações dos simbiontes.



Foto 1 - Local de coleta de solo sob um talhão de P. taeda

## 2.6. Preparo e análise química do substrato e inóculo

Coletado o solo, o mesmo foi revolvido várias vezes para melhor uniformidade e, ao segurar, procurando para eliminar os resíduos indesejáveis (galhos, pedras, raízes, etc.). Posteriormente foi dividido em duas porções, uma para ser esterilizada e a outra para constituir o inóculo.

A esterilização do solo consistiu no tratamento quente-úmido, visando eliminar quaisquer microrganismos existentes no solo, submetendo o mesmo a uma temperatura de 90°C, durante 48 horas (LAWRENCE<sup>15</sup>).

Para maior uniformidade no tratamento, o solo era revolvido a intervalos de 12 horas.

### 2.6.1. Definição dos tratamentos

Os tratamentos foram definidos segundo a maior ou menor concentração de inóculo incorporado nos recipientes, sendo testados cinco níveis, descritos a seguir:

- 0 = solo esterilizado
- 25 = solo esterilizado + 25% de solo micorrizado
- 50 = solo esterilizado + 50% de solo micorrizado
- 75 = solo esterilizado + 75% de solo micorrizado
- 100 = 100% de solo micorrizado

Como recipientes, usou-se sacos de polietileno, medindo 12 cm de diâmetro por 20 cm de altura

#### 2.6.2. Análise química

A análise química do solo foi feita dentro das seguintes etapas:

- a) Secagem do solo a 105°C e peneirado em malha de 2 mm de diâmetro;
- b) Moagem e nova peneiragem em malha de 0,2 mm;
- c) Secagem a 105°C por 24 horas.

##### 2.6.2.1. Análise do pH

Tomou-se 10 gramas de solo num becher e adicionou-se 25 ml de água destilada, agitando-se com um bastão de vidro e, em seguida, em repouso por uma hora, quando foi feita a leitura no potenciômetro.

##### 2.6.2.2. Análise do Al, Ca e Mg

Tomou-se 10 gramas de solo num balão de vidro, adicionando-se 100 ml do extrator (KCL), agitando-se por cinco minutos e em repouso por 24 horas. Retirando-se uma alíquota de 25 ml, adiciona-se 25 ml de água destilada, com algumas gotas de Azul de Bromotimol. Titula-se com NaOH a 0,025 N e faz-se a leitura no calorímetro, determinando-se assim o teor de alumínio. Para o caso do Ca e Mg, tomou-se a mesma quantidade, adicionando-se 3 ml da solução tampão e algumas gotas de negro de eriocromo. Titulou-se com EDTA 0,0125 M e fez-se a leitura pelo método PERKIN ELMER AAS403, determinando-se assim os teores de cálcio e magnésio. Para as análises do K, P, e N, tomou-se 10 grs. de

solo num balão de vidro, com 100 ml de extrator ( $H_2SO_4$ ) 2n + HCL. Agitou-se por cinco minutos, permanecendo em repouso por 24 horas. Tirou-se uma alíquota de 5 ml e acrescentou-se 10 ml da solução sulfomolibdica com 10 mg de ácido ascórbico. Agitou-se e ficou em repouso por uma hora, quando leu-se no fotocolorímetro o teor de P e, fotômetro de chama, o teor de K. O teor de N foi determinado pelo método KJELDAHL.

### 3. Repicagem

Após preparados os recipientes com os respectivos materiais de tratamentos e análise de solo dos mesmos, procedeu-se a repicagem das mudas, quando as mesmas apresentavam uma altura média de 4,7 cm e 4,4 cm, para P. patula e P. taeda, respectivamente.

Para facilitar a extração das mudas das sementeiras, efetuou-se as regas das mesmas até sua total hidratação. A repicagem foi efetuada em tempo nublado, possibilitando um menor sofrimento às mudas no seu transplante.

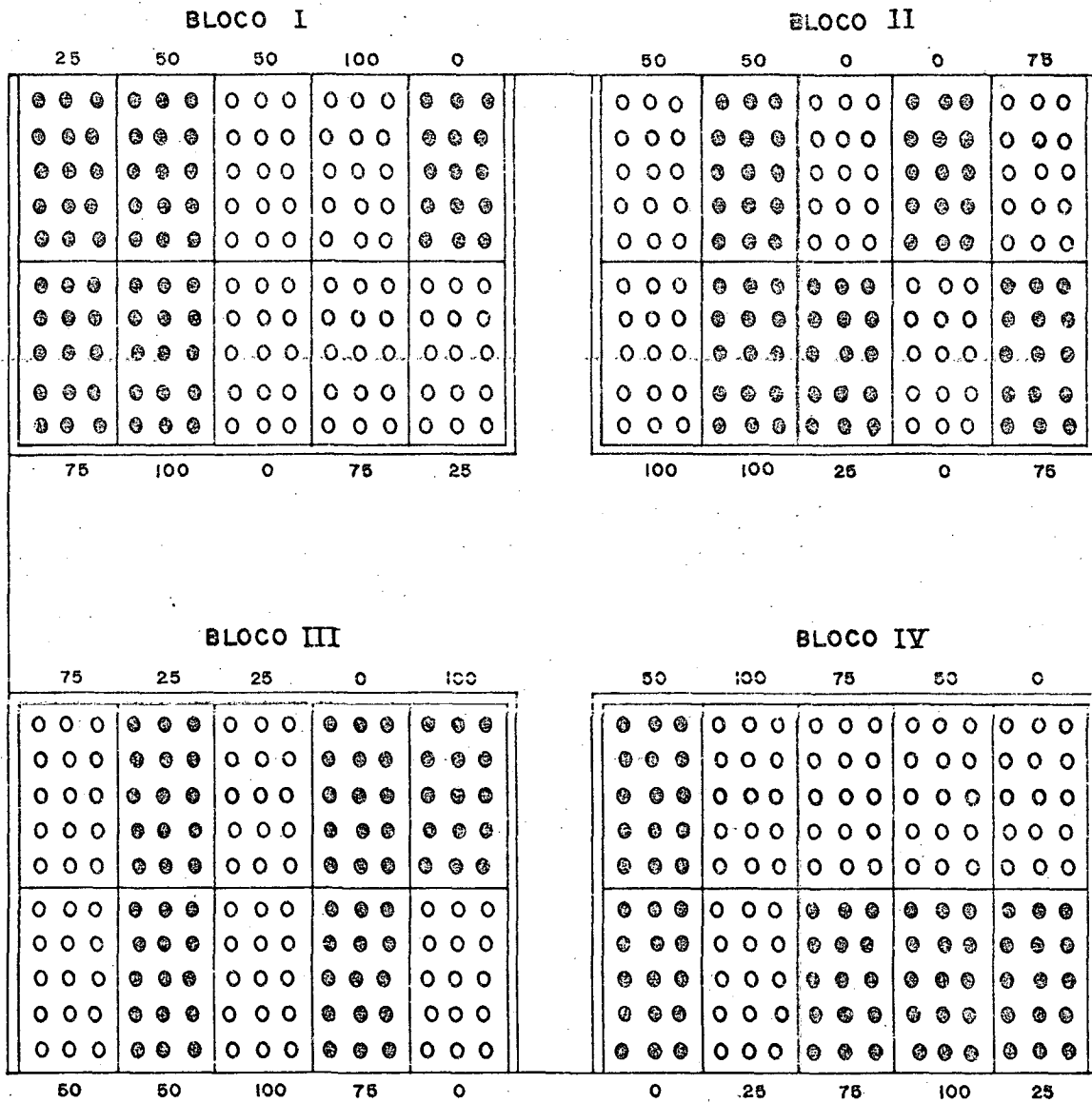
### 4. Delineamento Estatístico

O experimento foi delineado em blocos casualizados, assim distribuído:

Nº de blocos	:	4
Nº de parcelas por bloco	:	10
Nº de indivíduos por parcela	:	15
Nº de tratamento por espécie	:	5

As parcelas foram separadas com tâbuas de 2,5 cm de espessura, não se considerando os efeitos de bordadura, que foram dispostas no viveiro conforme esquema experimental a dotado.

**ESQUEMA EXPERIMENTAL DE CAMPO**



**LEGENDA:**

- O..... P. TAEDA L.
- ⊙..... P. PATULA Sch. & Cham
- 0..... 0% DE MICORRIZA
- 25..... 25% DE MICORRIZA
- 50..... 50%    "-    "-
- 75..... 75%    "-    "-
- 100.....100%   "-    "-

## 5. Dados Meteorológicos de Viveiro

Durante a fase experimental, as mudas estiveram sujeitas às seguintes condições ambientais, conforme quadro nº 1.

Quadro 1 - Dados meteorológicos do viveiro

D A D O S	M E S E S				
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
Tº Mín. (°C)	14,5	15,1	12,0	10,8	8,8
Tº Máx. (°C)	25,8	27,5	26,1	22,2	20,4
Precipitação (mm)	16,0	35,3	22,4	10,2	4,1

## 6. Tratos Culturais

Durante o tempo de duração do experimento, foram efetuadas limpezas manuais nos recipientes, tentando-se assim, anular os efeitos de concorrência das ervas daninhas com as mudas de pinhos.

## 7. Parâmetros Medidos

### 7.1. Crescimento em altura e diâmetro de colo

Os parâmetros avaliados no viveiro foram a altura e o diâmetro de colo das mudas, com o auxílio de uma régua e um paquímetro plásticos graduados, respectivamente.

A cada intervalo de 15 dias, foram medidos altura e diâmetro de colo, cuja finalidade era acompanhar o índice de desenvolvimento das mudas durante o experimento. Considerou-se altura, a medida desde o colo até a extremidade mais alta das acículas.

O tempo de duração da pesquisa foi de cinco meses (janeiro a maio / 1977), contado a partir da data de inoculação.

## 8. Produção de Matéria Seca

Após a última medição de altura e diâmetro, tomou

se cinco mudas de cada bloco, por tratamento e por espécie, representando a altura média e diâmetro médio dos mesmos, para a avaliação de matéria seca. Em seguida, foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- a. Retirada das mudas dos recipientes
- b. Lavagem em água corrente das mesmas para a extração da terra, tendo-se o cuidado para não destruir as raízes
- c. Separação das mudas (no laboratório) em: raiz, talo e acículas, com o auxílio de uma tesoura e um bisturi.

Tomando-se as mudas previamente separadas (raiz, talo e acículas), procedeu-se a secagem das mesmas em estufa a 105°C, durante 24 horas. Em seguida, levou-se ao exsiccador, onde permaneceram por 30 minutos e pesadas em balança analítica METTLER, com uma precisão de quatro casas decimais.

Efetuando-se a pesagem das raízes, observou-se que as mesmas exibiam um peso que não era o real, face a presença de muitos minerais de argila e areia aderidos às mesmas. Para sanar tal problema, as raízes foram queimadas durante tres horas a 400°C, passando em seguida para o exsiccador, onde ficaram por 45 minutos, quando sofreram uma nova pesagem.

Com a queima total da matéria orgânica, os minerais de argila e areia foram subtraídos da primeira pesagem, obtendo-se assim, o peso da raiz.

#### 9. Conteúdo de Nutrientes nas Acículas

Para a análise química foliar, tomou-se aleatoriamente tres mudas de cada bloco, por tratamento e por espécie, retirando-se suas acículas (novas, adultas e velhas) e enviando-as para os laboratórios de solo, do Setor de Ciências Agrárias do Paraná, para a avaliação dos teores de N, P, K, Ca e Mg.

Em virtude das mudas testemunhas não apresentarem a quantidade necessária exigida pelo laboratório (10gr.) para a análise, além das tres mudas de cada bloco, por espécie e tratamento, coletou-se mais algumas mudas testemunhas

afim de completar o peso mínimo exigido.

## 10. Métodos Estatísticos de Avaliação

### 10.1. Análise em Experimentos Fatoriais

O delineamento fatorial foi aplicado afim de comparar os níveis de inóculo micorrízico e suas possíveis interações em relação as duas espécies estudadas, através de uma estrutura de blocos casualizados.

### 10.2. Análise de Covariância

O objetivo do procedimento da análise de covariância, deveu-se a razão para crer que, em caso do envolvimento de plântulas, surge a preocupação do crescimento estar afetado pela altura inicial, ou seja, que as mudas de maiores alturas iniciais teriam maior crescimento. Daí, a necessidade de verificar se os efeitos dos tratamentos estão encobertos por diferenças nas alturas iniciais das plantas jovens, e, em caso afirmativo, tornar-se necessário na comparação dos tratamentos, efetuar ajustes para compensar as diferenças nas alturas iniciais.



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 1. Incremento em Altura e Diâmetro de Colo

Os resultados das medições quinzenais em altura e diâmetro de colo até o final do ensaio para as duas espécies são ilustrados nas figuras 1, 2, 3 e 4 e quadros 2, 3, 4 e 5, bem como as alturas médias finais, nas figuras 5 e 6.

Analisando-se tais resultados, verifica-se um insignificante aumento em altura para ambas as espécies nos primeiros 15 dias, acentuando-se a partir daí, até o final do ensaio, com evidente destaque em P. taeda, porém, quando compara às testemunhas, P. patula apresentou um maior incremento.

Com relação ao diâmetro, só após os 60 dias observou-se evidências no seu desenvolvimento.

Durante os primeiros 60 dias, as mudas sofreram alterações nas cores das acículas, variando do verde-amarelado ao verde mais escuro nas mudas inoculadas, permanecendo com esta última coloração até o final do ensaio. Procura-se justificar tal fato, resultar em parte da ação de microrganismos simbióticos infectar as raízes (MIKOLA<sup>22</sup>). As mudas não inoculadas apresentaram-se constantemente raquíticas e de aspecto clorótico em sua maioria, notadamente em P. patula.

### 2. Mortalidade

A maior percentagem de mortalidade observou-se com os maiores teores de nitrogênio no solo (tratamentos 75 e 100) em ambas as espécies, conforme se verificou na análise de solo. Tal fato pode ser justificável, pois é sabido que o excesso de nitrogênio estimula a síntese das proteínas e o desenvolvimento de novos tecidos na planta, quando a quase totalidade dos carboidratos é usado principalmente na

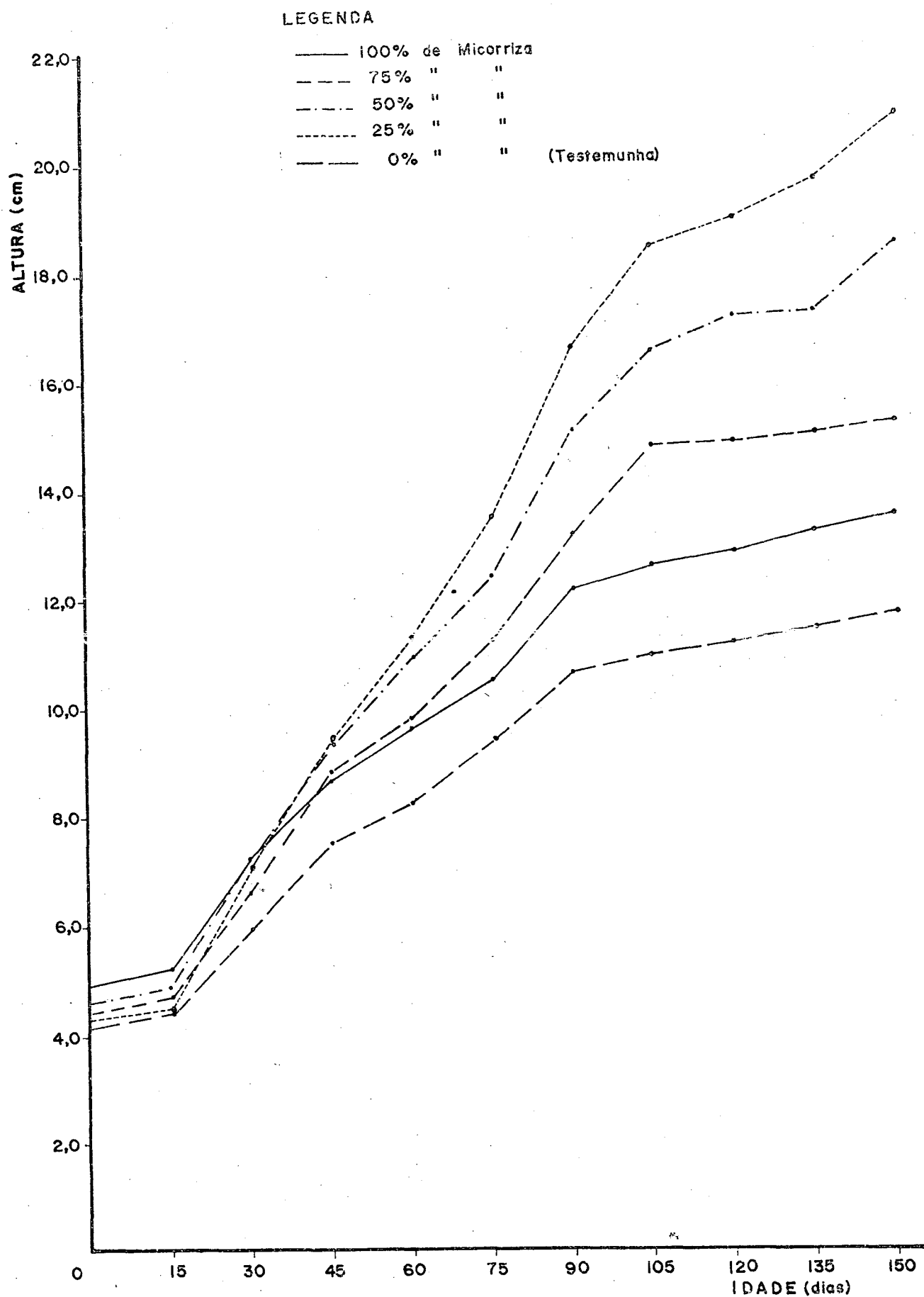


FIG. 1 - Desenvolvimento em altura das mudas de *Pinus taeda* L. em diferentes níveis de inóculo micorrízico.

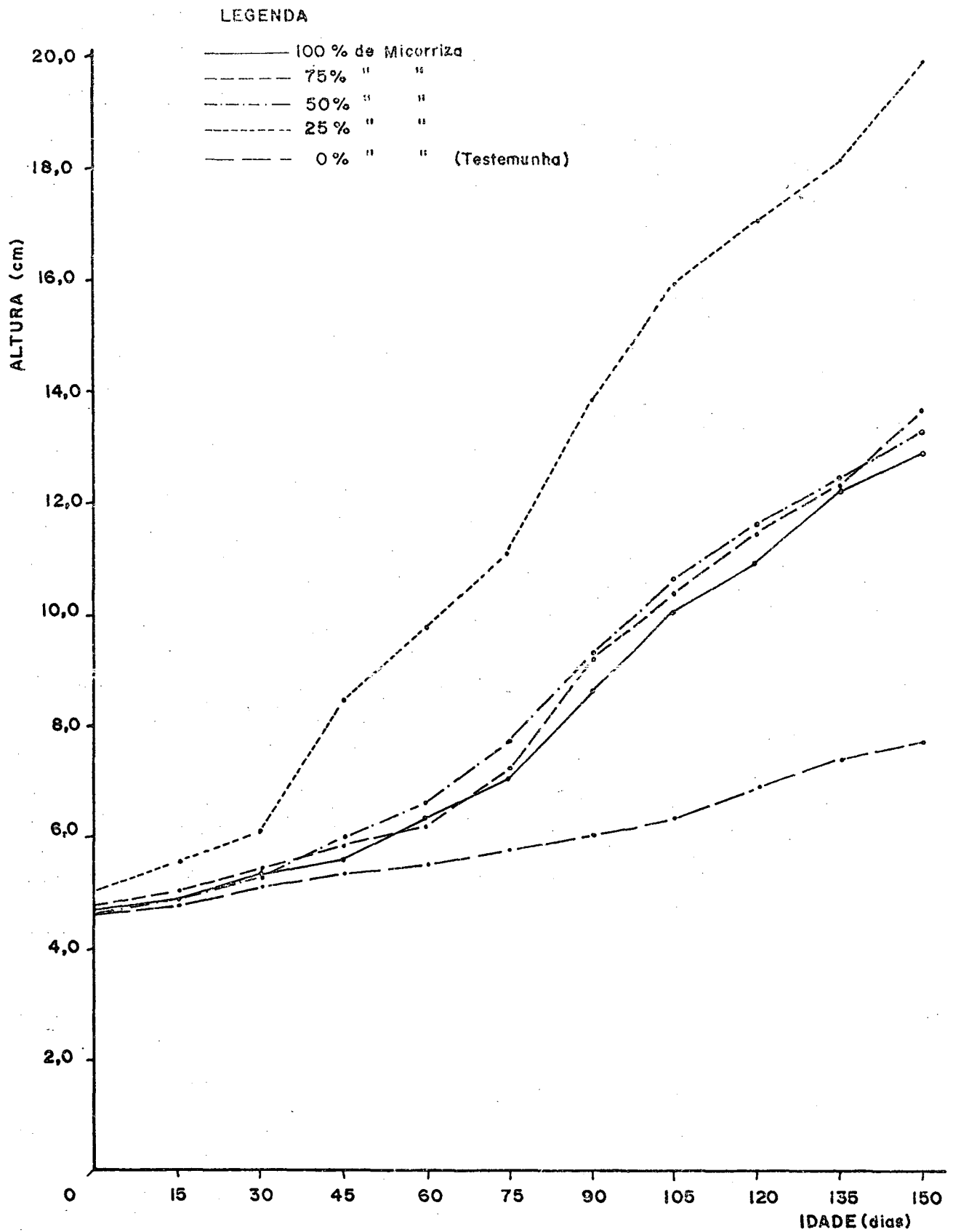


FIG. 2 - Desenvolvimento em altura das mudas de *Pinus patula* Sch. & Cham. em diferentes níveis de inóculo micorrízico.

LEGENDA

- 100% de Micorriza
- - - 75% " "
- · - 50% " "
- · · - 25% " "
- - - 0% " " (Testemunha)

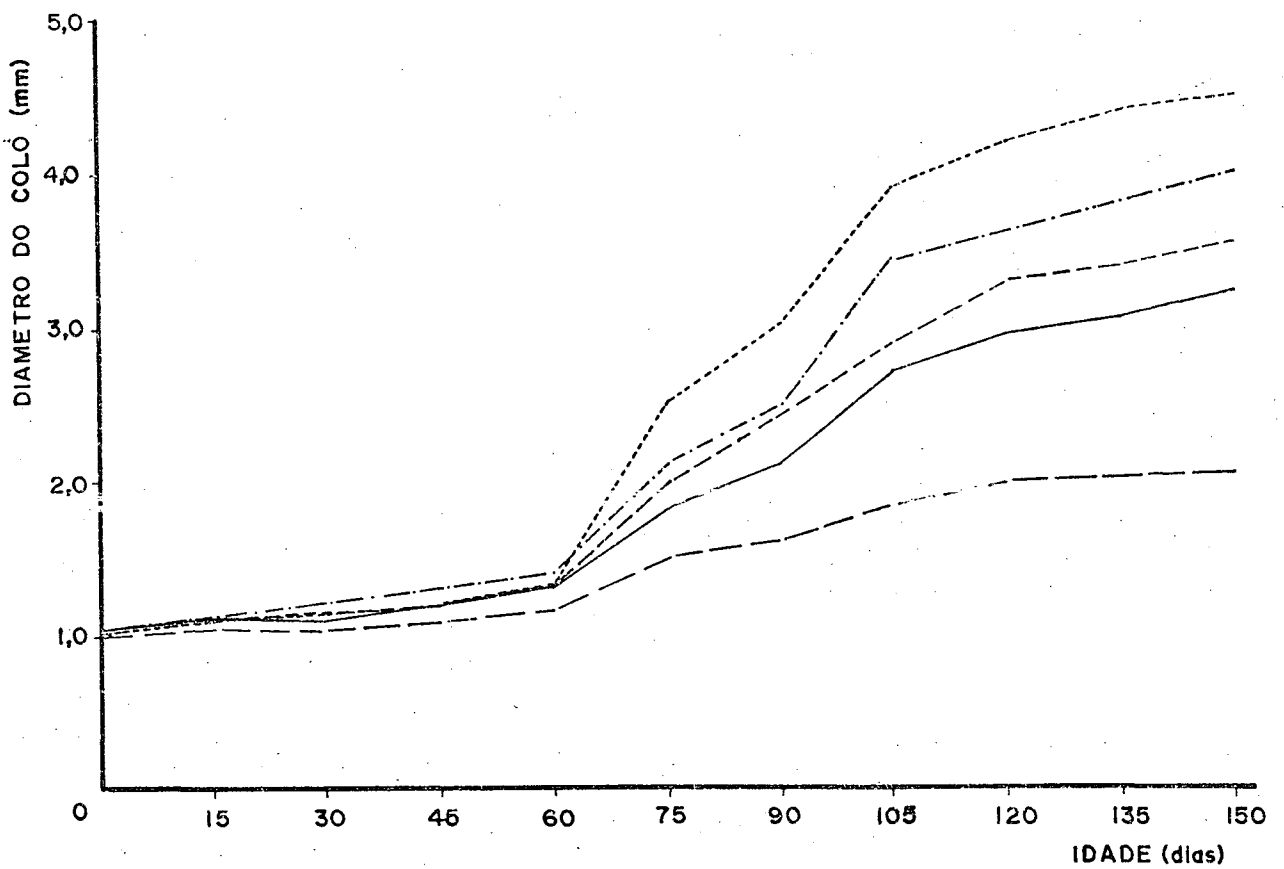


FIG. 3 - Desenvolvimento em diâmetro das mudas de Pinus taeda L. em diferentes níveis de inóculo micorrízico.

LEGENDA

- 100% de Micorriza
- - - - - 75% " "
- · - · - 50% " "
- · - - - 25% " "
- - - - - 0% " " (Testemunha)

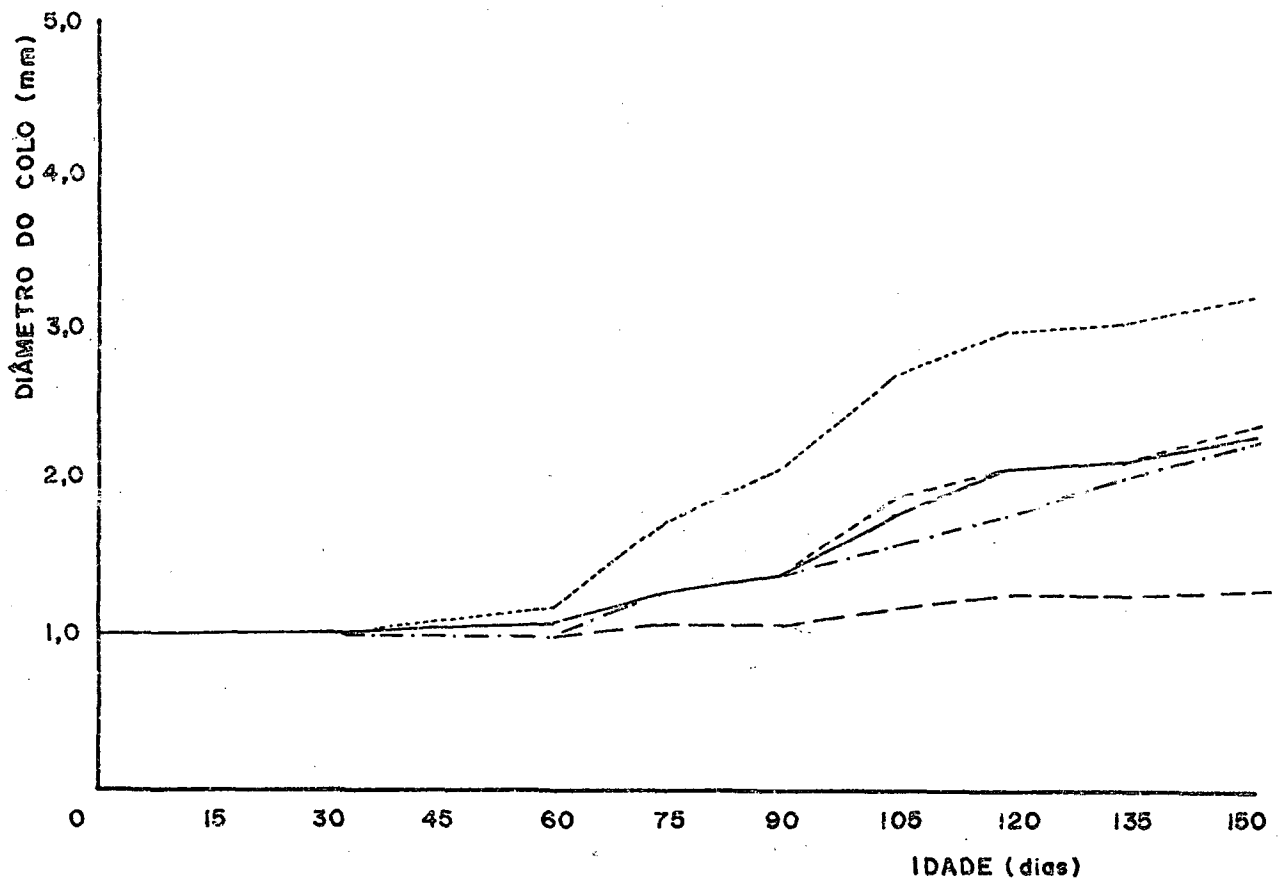


FIG. 4 - Desenvolvimento em diâmetro das mudas de Pinus patula Sch. & Cham. em diferentes níveis de inóculo micorrízico.

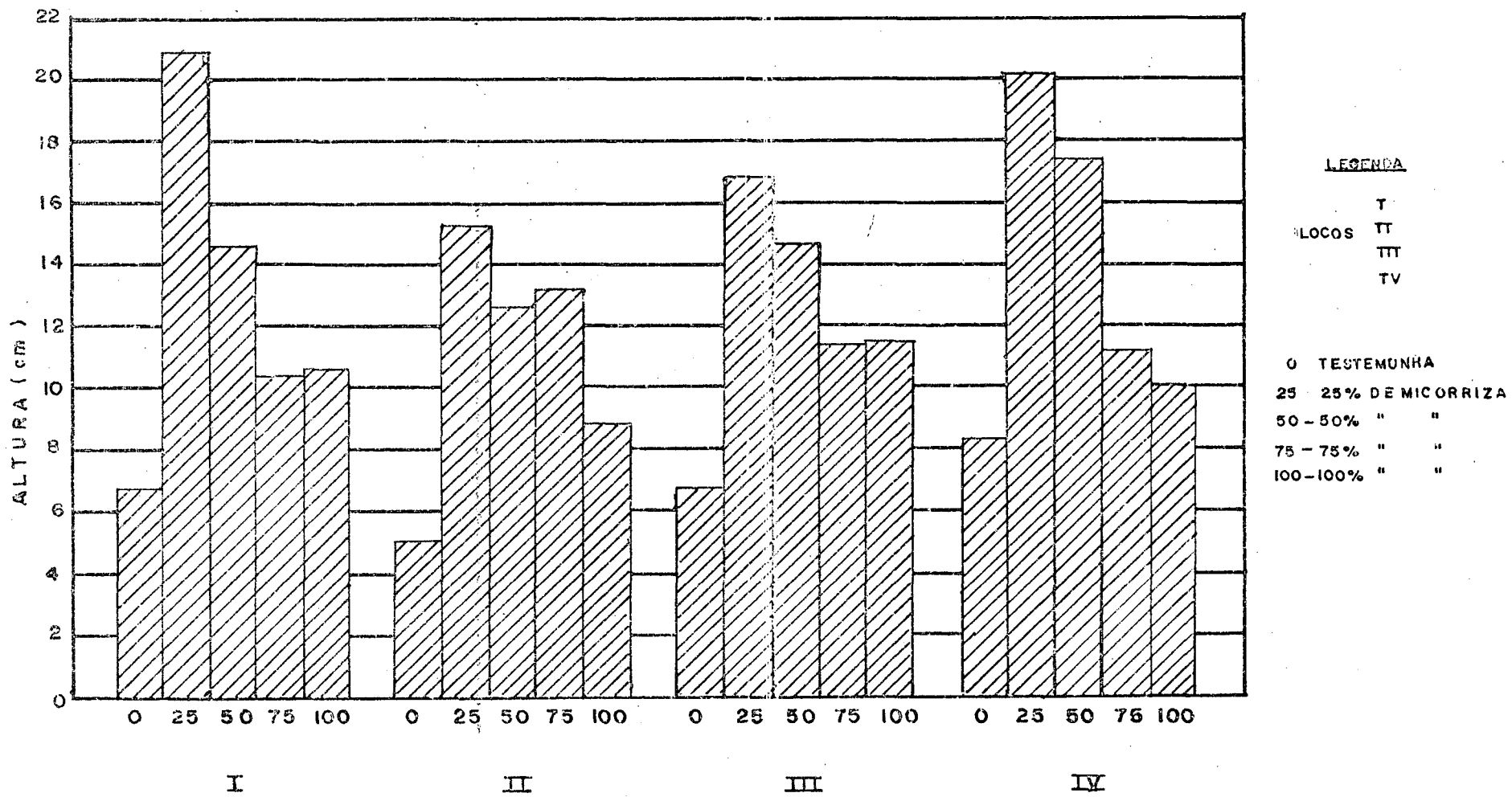


FIG. 5 - Alturas das mudas de Pinus taeda L. no final do ensaio

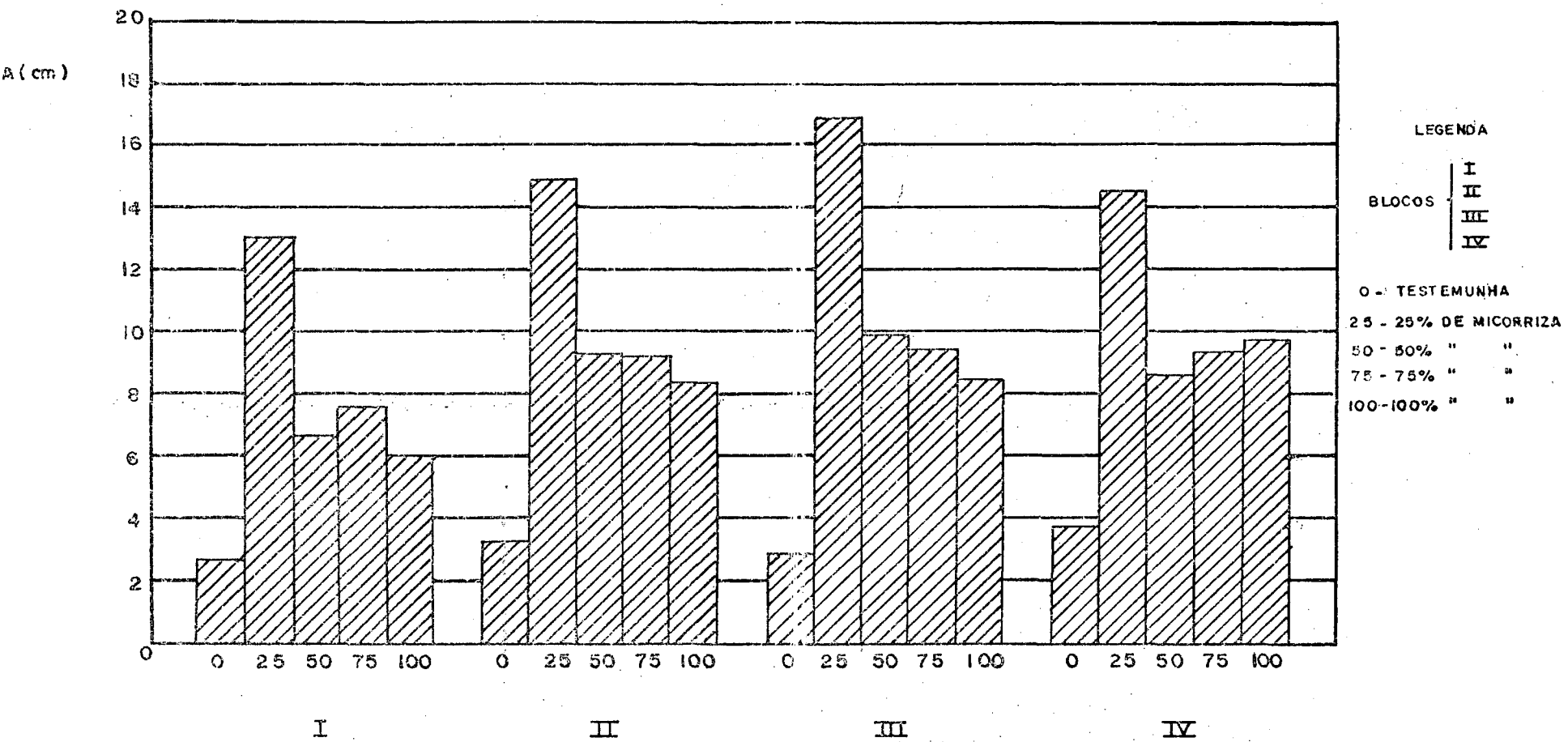


FIG. 6 - Alturas das mudas de Pinus patula Sch. & Cham. no final do ensaio

QUADRO 2 - Incrementos em altura de Pinus patula Sch. & Cham.  
(após cinco meses)

T R A T A M E N T O S

Blocos	0		25		50		75		100		Total p/bloco	
	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	-	-
1	4,64	2,66	5,08	13,02	4,60	6,60	4,61	7,59	4,97	6,13	23,81	36,00
2	4,40	3,20	4,91	14,89	4,97	9,23	4,99	9,21	4,43	8,37	23,70	44,90
3	4,65	2,95	5,19	16,96	4,41	9,98	4,63	9,44	4,59	8,40	23,47	47,73
4	4,63	3,81	5,04	14,51	4,61	8,66	4,79	9,31	4,81	9,79	23,88	46,08
Soma	18,32	12,62	20,22	59,38	18,59	34,47	19,02	35,55	18,80	32,69	94,86	174,71
Média	4,58	3,16	5,06	14,85	4,65	8,62	4,76	8,89	4,70	8,17	23,72	43,68

F' = 109,24 \*\*



QUADRO 3 - Incrementos em altura de Pinus taeda L.  
(após cinco meses)

T R A T A M E N T O S

Blocos	0		25		50		75		100		Total p/ bloco	
	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)	Altura Inicial (cm)	Incremento (cm)
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	-	-
1	4,20	7,55	4,30	18,00	4,50	15,80	4,49	9,41	4,94	5,76	22,43	56,52
2	4,30	8,20	4,21	14,59	4,77	11,63	4,37	13,81	4,49	8,81	22,14	57,05
3	4,04	5,93	4,57	16,64	4,77	14,14	4,20	7,75	5,24	10,77	22,76	54,23
4	4,05	8,94	4,25	18,02	4,13	14,46	4,67	12,48	4,91	5,97	22,01	63,47
Soma	16,59	30,62	17,33	66,25	18,11	56,03	17,73	43,46	19,58	34,91	89,34	231,27
Média	4,15	7,65	4,33	16,56	4,53	14,01	4,43	10,86	4,89	8,73	22,33	57,82

F' = 13,04 \*\*

QUADRO 4 - Incremento em diâmetro para Pinus patula Sch. & Cham.  
(após cinco meses)

T R A T A M E N T O S

Blocos	0		25		50		75		100		Total p/ bloco	
	Diâm. Inicial (mm)	Incremento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incremento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incremento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incremento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incremento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incremento (mm)
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	-	-
1	1,0	0,8	1,0	2,7	1,0	1,1	1,0	1,7	1,0	1,3	5,0	7,6
2	1,0	0,5	1,1	2,9	1,0	0,9	1,1	1,6	1,0	1,4	5,2	7,3
3	1,0	0,4	1,0	2,1	1,0	0,8	1,0	1,4	1,0	1,4	5,0	6,1
4	1,0	0,4	1,1	2,7	1,1	2,1	1,0	1,3	1,1	1,8	5,3	8,3
Soma	4,0	2,1	4,2	10,4	4,1	4,9	4,1	6,0	4,1	5,9	20,5	29,3
Média	1,0	0,5	1,0	2,6	1,0	1,2	1,0	1,5	1,0	1,5	5,1	7,3

F' = 10,62 \*\*

QUADRO 5 - Incremento em diâmetro para Pinus taeda L.  
(após cinco meses)

T R A T A M E N T O S

Blocos	0		25		50		75		100		Total p/ bloco	
	Diâm. Inicial (mm)	Incre-mento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incre-mento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incre-mento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incre-mento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incre-mento (mm)	Diâm. Inicial (mm)	Incre-mento (mm)
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	-	-
1	1,0	1,1	1,1	4,2	1,1	3,7	1,1	2,2	1,0	2,8	5,3	14,0
2	1,0	1,2	1,1	3,7	1,1	3,0	1,1	3,3	1,1	2,7	5,4	13,9
3	1,0	1,5	1,1	3,5	1,0	2,6	1,1	1,6	1,0	2,7	5,2	11,9
4	1,0	1,2	1,0	4,3	1,1	3,3	1,1	3,1	1,1	1,7	5,3	13,6
Soma	4,0	5,0	4,3	15,7	4,3	12,6	4,4	10,2	4,2	9,9	21,2	53,4
Média	1,0	1,2	1,1	3,9	1,1	3,1	1,1	2,5	1,0	2,5	5,3	13,3

F' = 17,67 \*\*

formação de amino-ácidos e proteínas (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>11</sup>). Desta forma, os carboidratos que a planta necessita para a construção dos tecidos de resistência não são produzidos em quantidades suficientes, resultando na formação de tecidos aquosos, tenros e verde-escuro, devido a abundância de clorofila. Isto pode ser perfeitamente a causa do maior índice de mortalidade provocada por doenças parasitárias e não parasitárias, principalmente por tornar a planta menos resistente às condições climáticas desfavoráveis.

### 3. Absorção de Nutrientes

Os resultados obtidos na análise química foliar foram bem diversificados entre os vários níveis de inóculo, o que já era esperado, face a observações de resultados em trabalhos semelhantes (ROSS & HARPPER<sup>28</sup> e LAMB & RICHARDS<sup>14</sup>). Explica-se tal fato pela possibilidade de alguns nutrientes encontrarem-se em maiores quantidades no caule e sistema radicular das plantas (CLODE<sup>4</sup> e KRAMER & KOZLOWSKI<sup>11</sup>), bem como a lixiviação destes das acículas (notadamente o K), pela lavagem destas antes da análise química, além de sua constante exposição direta à insolação e precipitação pluviométrica durante toda a fase experimental.

Outro fator a considerar são os diferentes teores de nutrientes no solo e a acidez compatível à simbiose, possibilitando maior disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, melhor assimilação pela planta.

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI<sup>11</sup>, uma abundância ou carência de nutrientes no solo acarreta uma rápida utilização dos hidratos de carbono pela planta, não se verificando nas raízes quantidades suficientes dos mesmos capaz de estimular as relações microorganismos-planta. Tal fato se verifica quando são observados os teores de fósforo no solo dos diversos tratamentos. Já no caso do potássio, cálcio e magnésio não se observou uma relação tão evidente dos teores destes com o desenvolvimento das mudas. (ver quadro 6 e fotos 2 e 3).

Sendo o fósforo um dos elementos fundamentais no metabolismo dos vegetais e sua maior concentração verificar-se nas raízes (CLODE<sup>4</sup>) e ainda com o menor teor disponível no solo (quadro 6), explica-se seu baixo rendimento no tratamento 100. Possivelmente, caso o ensaio se prolongasse por

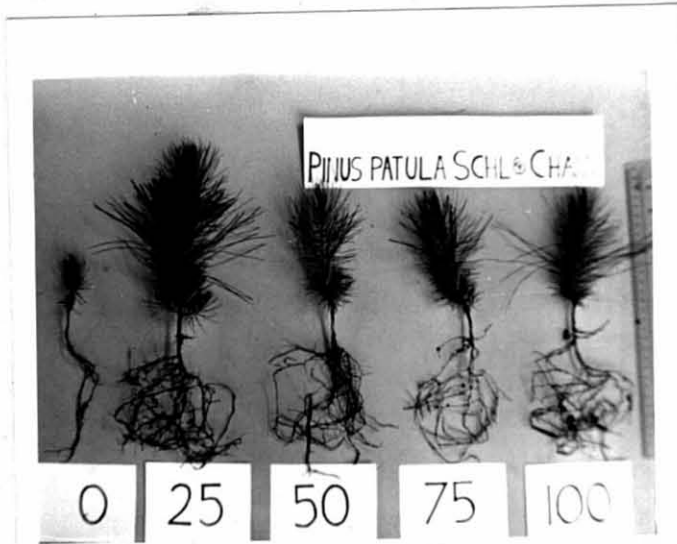


Foto 2 - Efeitos de diferentes níveis de terra micorrizada em mudas de P. patula

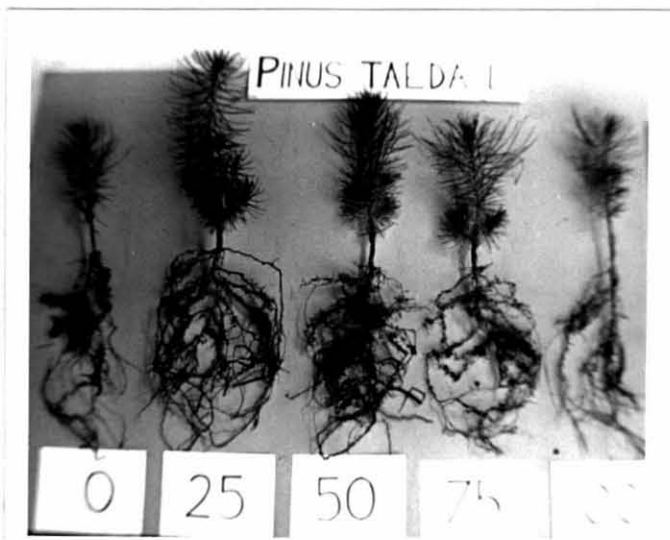


Foto 3 - Efeitos de diferentes níveis de terra micorrizada em mudas de P. taeda

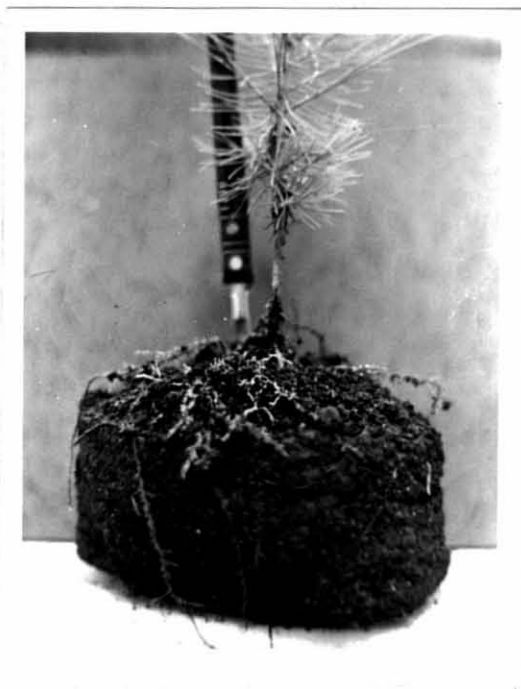


Foto 4 - Presença de micorrizas nas raízes em mudas inoculadas

QUADRO 6 - Análise química de solo dos tratamentos

Tratamentos	A n t e s					A p ó s	
	pH	Alumínio (m.e. %)	Ca + Mg (m.e.%)	Potássio (ppm)	Fósforo (ppm)	Nitrogênio (%)	pH
0	4,6	6,6	4,6	116	4	0,319	5,8
25	4,7	5,8	3,1	79	6	0,380	6,1
50	4,6	4,3	2,5	76	5	0,355	5,4
75	4,5	4,1	2,1	79	10	0,455	5,4
100	4,4	1,4	0,7	27	3	0,398	5,6

mais tempo, seria de admitir que este elemento existente nas raízes passasse para o caule e acículas progressivamente em maior quantidade, apresentando numa análise química posterior, um elevado teor do referido ametal (CLODE<sup>4</sup>).

De acordo com KRAMER & KOZLOWSKI<sup>11</sup>, uma forte deficiência de fósforo e nitrogênio no solo diminui o relacionamento simbiótico entre os microrganismos e a raiz, mas uma deficiência moderada, estimula essa relação porque impede mais a utilização dos hidratos de carbono no crescimento, resultando com isso o aparecimento de um excedente nas raízes capaz de estimular tal relação e uma maior desenvolvimento radicular, conforme se observa na foto 4.

Embora não se conhecendo o conteúdo biológico dos substratos dos recipientes, é de admitir que quando composto exclusivamente de matéria orgânica micorrizada, deva possuir em sua constituição um número superior aos demais tratamentos de microrganismos competindo aos hidratos de carbono existentes nas raízes e minerais presentes no solo. Com isso, procura-se justificar o baixo teor de fósforo e nitrogênio nas acículas das espécies e seu menor desenvolvimento no tratamento 100 em relação à queles considerados. (vêr quadros 6, 7 e 8).

O nitrogênio e alguns minerais existentes no órgão foliar são transportados de volta para os ramos durante uma certa época do ano (KRAMER & KOZLOWSKI<sup>11</sup>), deixando as folhas mais velhas com baixo teor destes. Citações idênticas são feitas por SOUZA<sup>32</sup>, no caso específico do nitrogênio, informando que as partes maduras e velhas têm esse elemento perdido para as partes mais novas durante a aproximação da queda das folhas.

Considerando que a esterilização do solo foi feita com a elevação de temperatura, admite-se que grande parte da matéria orgânica tenha sido mineralizada, tornando o solo mais rico em minerais, ou que o calor recebido pelo solo tenha ativado reações químicas nos microrganismos, capacitando estes de mineralizar a matéria orgânica existente, tornando os nutrientes mais disponí-

QUADRO 7 - Concentração de vários elementos minerais em acículas de mudas de Pinus patula Sch. & Cham. em função de diferentes níveis de inóculo micorrízico. (dados coletados de mudas após cinco meses de inoculadas).

Tratamentos	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (‰)	Mg (‰)
0	1,78	0,204	0,89	3,67	1,96
25	1,93	0,231	0,99	2,50	1,56
50	1,80	0,223	0,94	2,20	1,32
75	1,86	0,228	0,92	2,20	1,45
100	1,74	0,194	0,97	2,42	1,64



QUADRO 8 - Concentração de vários elementos minerais em acículas de mudas de Pinus taeda L. em função de diferentes níveis de inóculo miorrízico. (dados coletados de mudas após cinco meses de inoculadas).

Tratamentos	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (% <sub>p</sub> )	Mg (% <sub>p</sub> )
0	2,05	0,233	0,97	3,02	1,45
25	2,38	0,241	0,83	2,48	1,30
50	2,29	0,230	0,87	2,81	1,31
75	2,33	0,243	0,92	2,49	1,31
100	2,15	0,171	0,69	2,81	1,31

veis para as plantas. Desta forma, procura-se explicar um teor de alumínio, cálcio, magnésio e fósforo no solo das mudas não inoculadas maior que às inoculadas, bem como um maior teor de cálcio e magnésio nas acículas destas.

#### 4. Produção de Matéria Seca

Os efeitos benéficos da terra micorrizada sobre a produção de matéria seca observados em trabalhos anteriores (SHEMAKHANOVA<sup>30</sup> et al) são ilustrados novamente nos resultados do presente trabalho (vêr quadro 9 e figuras 7 e 8).

Conforme se observa no quadro nº 9, houve uma maior produção de matéria seca total das mudas inoculadas em relação as não inoculadas, com uma diminuição progressiva do melhor tratamento (25%) para o menos eficiente em ambas as espécies (100%), com exceção dos tratamentos 75 e 100 em P. patula, cujos resultados foram semelhantes.

Analisando-se os pesos de matéria seca separadamente (parte aérea, talo, acículas e raiz), observa-se que o peso das acículas foi superior ao do talo e da raiz. Porém, no caso de P. taeda, o peso da raiz foi maior que o peso das acículas, exceto para o tratamento 25. Procura-se explicar tal fato pelas características genéticas e fisiológicas da espécie, bem como pela menor concorrência e fetivada aos hidratos de carbono existentes na raiz pelos microrganismos associados.

Considerando-se a parte aérea (talo e acículas) e a parte radicular, verifica-se que em P. patula, a parte aérea foi sempre maior que a radicular; o mesmo não ocorrendo no tratamento 75 em P. taeda.

#### 5. Comparação entre os Níveis de Inóculo

Comparando-se os diferentes níveis de inóculo, observa-se que o tratamento 25 superou os demais nas duas espécies em altura, diâmetro de colo e produção de matéria seca, sendo os resultados altamente significativos.

Neste nível de inóculo, o pH foi o mais alto,

QUADRO 9 - Peso de matéria seca (g) após cinco meses

Tratamentos	<u>Pinus taeda</u> L.					<u>Pinus patula</u> Sch. & Cham.				
	Total	Parte aérea	Talo	Acícula	Raiz	Total	Parte aérea	Talo	Acícula	Raiz
0	0,71	0,39	0,13	0,26	0,32	0,27	0,17	0,03	0,14	0,11
25	4,61	2,74	0,86	1,88	1,87	3,29	2,42	0,45	1,97	0,85
50	3,15	1,84	0,59	1,25	1,31	1,65	1,08	0,23	0,85	0,57
75	2,68	1,46	0,43	1,03	1,53	1,50	0,95	0,21	0,74	0,55
100	1,98	1,04	0,27	0,77	0,94	1,50	0,96	0,15	0,80	0,54

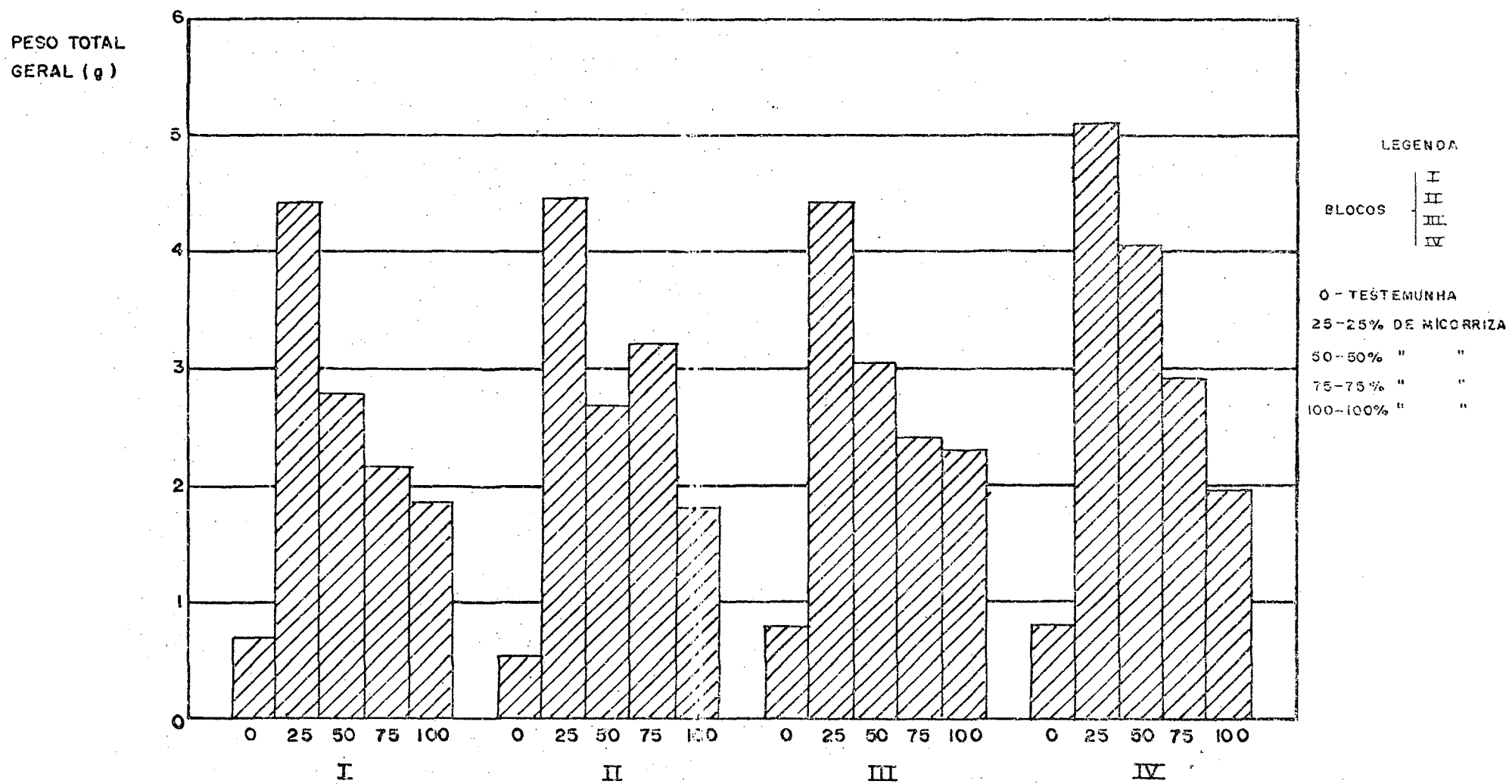


FIG. 8 - Peso total de matéria seca de mudas de Pinus taeda L.

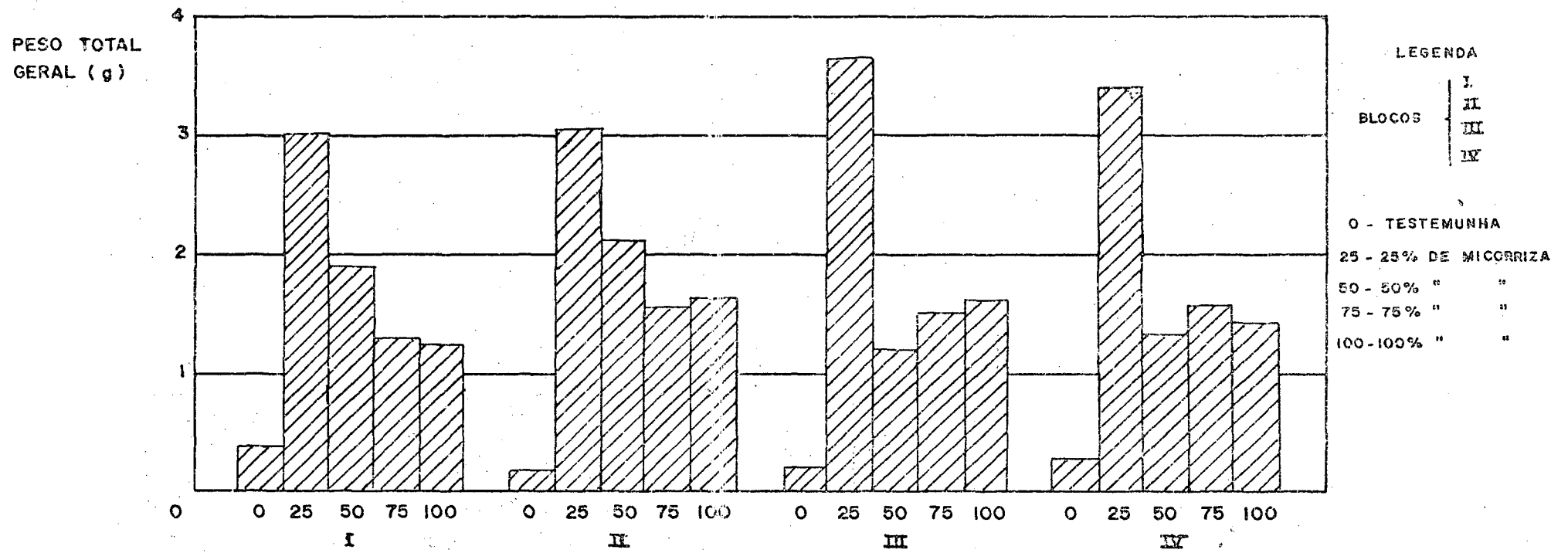


FIG. 7 - Peso total de matéria seca de mudas de Pinus patula Sch. & Cham.

que continuou crescendo até o final do ensaio, com elevado teor de alumínio, possibilitando uma melhor solubilização dos demais nutrientes e sua assimilação pela planta.

No caso dos níveis 50, 75 e 100, em P. patula, os incrementos em altura foram aproximadamente iguais; o mesmo acontecendo com o diâmetro de colo e produção de matéria seca. Já em P. taeda ocorreu que estas três variáveis, ou seja, altura, diâmetro de colo e peso seco, sofreram um aumento inverso com os diferentes níveis de inóculo, pois os menores níveis acusaram os melhores efeitos.

## 6. Análise Estatística

### 6.1. Análise de covariância

A análise de covariância foi realizada separadamente para P. taeda e P. patula, considerando as variáveis altura inicial X incremento em altura (após cinco meses).

Conforme quadros 12 e 13, verifica-se uma alta significância do teste F para as duas espécies, confirmando os resultados na análise de variância aplicada aos incrementos em altura (ver quadros 10 e 11).

Comparando-se os valores de F da análise de variância com os valores da análise de covariância em P. taeda, verifica-se serem aproximados. O mesmo acontecendo em relação ao P. patula, cujos valores podem ser considerados não muito dispersos.

Face a alta significância verificada na análise de variância e covariância, conclui-se que os efeitos dos tratamentos foram altamente significantes, isto é, não foram os resultados encobertos por diferenças nas alturas iniciais das plântulas.

### 6.2. Regressões

Os resultados das regressões (ver quadros 14, 15 e 16) mostraram diferentes tendências no ajustamento de funções entre as duas espécies, o que era de esperar por estar se trabalhando com dados biológicos em diferentes espécies.

Algumas variáveis caracterizaram melhores ajus

tes entre si numa função potencial tipo  $Y = a x^b$ ; outras, numa função linear tipo  $Y = a + bx$ .

Em P. patula, a altura, peso seco e nutrientes, foram melhor representados pela função potencial, exceto o diâmetro de colo com a altura e o elemento químico nitrogênio. Já para P. taeda, houve um melhor ajuste entre peso e altura na função linear, com exceção dos nutrientes, cuja melhor representação foi a curva potencial.

Analisando-se os nutrientes separadamente, observa-se que P. taeda apresentou uma melhor correlação com as variáveis altura e peso seco em relação ao nitrogênio, o que em P. patula já foi mais fraca; já o fósforo se manteve em equilíbrio. O potássio apresentou melhor correlação em P. patula que em P. taeda, relativa as variáveis peso seco e altura. Com relação ao cálcio, verificou-se uma certa homogeneidade entre as espécies em termos de correlação, daí concluir-se ter havido uma relação praticamente similar. No caso do magnésio, houve uma pequena divergência, principalmente considerando o peso das raízes das espécies.

### 6.3. Análise fatorial

Verificando-se o efeito dos cinco níveis de inóculo micorrízico nas duas espécies florestais (P. taeda e P. patula) em quatro repetições, chegou-se aos resultados: (ver quadro 17).

- a) As espécies reagiram diferentemente em crescimento às diversas concentrações de inóculo, com resultados altamente significantes;
- b) Os efeitos no crescimento foram influenciados pelas concentrações de inóculo, com resultados altamente significantes;
- c) A influência da micorriza no crescimento das espécies em questão foi comprovadamente confirmada;
- d) Quando aplicada baixa concentração, verificou-se uma reação no crescimento diferente de quando empregada com concentrações saturadas (tratamento 100) e, pelo observado, o melhor desenvolvimento verificou-se na menor concentração, com resultados altamente significantes, o que já se havia verificado em análises anteriores.

## C O N C L U S Õ E S

Após analisados e discutidos os resultados, chegou-se às seguintes conclusões:

- a) As espécies respondem distintamente aos vários níveis de inóculo micorrízico.
- b) Após 15 dias as espécies são capazes de apresentar efeitos significativos em altura, o que em diâmetro de colo só ocorre 45 dias mais tarde.
- c) Um melhor incremento em altura e diâmetro de colo, assim como produção de matéria seca podem ser obtidos com 25% de inóculo.
- d) A espécie P. patula reagiu melhor aos diferentes níveis de inóculo que P. taeda, comparada às respectivas testemunhas.
- e) No que concerne a absorção de nutrientes, P. taeda reage melhor, absorvendo alguns nutrientes em maior quantidade que P. patula, notadamente o Nitrogênio.
- f) A eficiência da terra micorrizada pode ser influenciada pelo pH do substrato.



## R E S U M O

O presente trabalho teve como finalidade verificar os efeitos da terra micorrizada, usando como fonte de inóculo solo micorrizado em diferentes concentrações, no comportamento das mudas de Pinus taeda L. e Pinus patula Sch. & Cham. analisando os incrementos em altura (após cinco meses), diâmetro de colo, produção de biomassa e a absorção de nutrientes.

O experimento foi delineado em blocos casualizados com quatro repetições. Cada bloco com 10 parcelas, comportando cada parcela 15 indivíduos.

Foram analisados os teores de nutrientes e pH dos substratos antes do experimento para verificar as condições as condições de fertilidade dos mesmos.

Dentre os tratamentos, o que apresentou os melhores resultados foi o de menor percentual de inóculo, com uma moderada fertilidade, diferindo significativamente dos demais.

As espécies reagiram de maneira diferente dentre os vários tratamentos, com P. taeda apresentando maiores incrementos, porém quando comparado com as testemunhas, P. patula foi o melhor.

Uma quantidade de inóculo em torno de 25%, com pH acima de 4,5, possibilitou um melhor desenvolvimento das mudas em ambas as espécies.

## S U M M R Y

Effects of the Mycorrhized Soil on the development of seedlings of Pinus taeda L. and Pinus patula Sch. & Cham.

The present work had as its aim to verify the effect of the mycorrhized soil employing as source of inocule micorrhizal earth at different concentration on the development of Pinus taeda L. and Pinus patula Sch. & Cham. seedlings, analysing the increases in height (after five months), diameter of bothom, biomass production and the absorption of nutrients.

The experiment was outlined in blocks at random, with four repetitions. Each block with ten portions containing each portion fifteen individuals.

The duration of the experiment was of five months into nursery.

The contents of nutrients of the treatments were analysed before the experiment, in order to verify fertility conditions of the same treatments.

Among the treatments, the one that showed the best results was the least percentage of inocule, with a moderate fertility, standing out with significance.

The species reacted on a different way among several treatments, with P. taeda presenting bigger increments, but when in comparison with their respective unicultural seedlings P. patula was best.

A quantity of inocule around 25%, with pH above 4,5 make it possible a better development of the seedlings.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOWEN, G. D. The roles of mycorrhizae and root nodules in tree nutrition. Collected Papers Forest. Univ. New Eng., Armidale, New South Wales (In Press). 1968.
2. BOWEN, G. D. Mineral nutrition of ectomycorrhizae. In: MARKS, G. C. & KOZLOWSKI, T. T., ed. Ectomycorrhizae - Their ecology and physiology. New York. pp. 151-205. 1973.
3. CLARK, F. B. Effects VA mycorrhizae on plant growth. In: HACSKAYLO, E. Mycorrhizae, USDA Forest Serv. Misc. Publ. Nº 1189, US Govt. Printing Office, Washington, D. C. pp. 146-150. 1971.
4. CLODE, J. J. E. As micorrizas na migração do fósforo. Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 23 (2): 167-206. Portugal. 1956.
5. FRANK, B. Ueber die auf wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. Ber. Deutse Bot. Ges. 3:128-145. 1885.
6. HACSKAYLO, E. Inoculation of *Pinus caribaea* with ectomycorrhizae fungi in Puerto Rico. Reprinted from Forest Science, 17 (2):239 - 245. 1971.
7. HARLEY, J. L. The Biology of Mycorrhiza. Plant Science Monographs. London, Leonard Hill Books Limited. 1959. 233 p.
8. HATCH, A. B. The physical basis of mycotrophy in the genus *Pinus*. Black Rock Forest Bull., 6. 1936. 168 p.
9. INOUE, M. T. Ensaio comparativo para dimensionar as influências causadas pela inoculação de fungos micorrízicos em mudas de Pinus

- taeda L., em relação a quantidade de inóculo presente no solo. *Revista Floresta*, IV (1): 15-21. Curitiba. 1972.
10. KESSEL, S. L. Soil Organisms: the dependence of certain pine species on a biological soil factor. In: HACSKAYLO, E. *Mycorrhizae*, USDA Forest Serv. Misc. Publ. Nº 1189. pp.187-189. US Govt. Printing Office, Washington, D. C. 1971.
  11. KRAMER, P. J. & KOZLOWSKI, T. Raízes micorrizadas. *Fisiologia das Árvores*. Lisboa. pp.316-320. 1972.
  12. KRUGNER, T. L. Controle químico do damping-off em Eucalyptus. Tese de M. S., Piracicaba. São Paulo. 1971
  13. KRUGNER, T. L. Development of ectomycorrhizae, growth, nutrient status and outplanting performance of loblolly pine seedlings grown in soil infested with *Pisolithus tinctorius* and *Thelephora terrestris* under different fertilization regimes. Ph.D. Thesis. Raleigh. 1976.
  14. LAMB, R. J. & RICHARDS, B. N. Effect of mycorrhizal fungi on the growth and nutrient status of slash and radiata pine seedlings. *Aust Forest.*, 35 (1). 1971. 7 p.
  15. LAWRENCE, W. J. C. Soil sterilization. Washington, U. S. Forest Service. 1956. 291 p.
  16. MALYSHKIN, P. E. Stimulation of tree growth by microorganisms. In: IMSHENETSKII, A. A. ed. *Mycotrophy in Plants*. Academy of Sciences of the USSR. (Trans. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem). Available from U. S. Dep. of Commerce, Springfield, VA. 1967.
  17. MARAIS, L. J. & KOTZÉ, J. M. Micorrhizal associates of *Pinus patula* Sch. & Cham., in South Africa. In: South African Forestry Journal, Pretoria. Proceedings. pp.13-16. 1975.
  18. MARKS, G. C. The classification and distribution of the mycorrhizae of *Pinus radiata* D. Don., *Aust. Forestry*, 29 (4):239-251. Victoria 1965.
  19. MAY, E. Nursery notes to remember. EAAFRO. For. Tech. Note Nº 1. 1953.
  20. McCOMB, A. L. & GRIFFITH, J. E. Growth stimulation and phosphorus

- absorption of mycorrhizal and nonmycorrhizal northern white pine and Douglas fir seedlings in relation to fertilization treatment. Plant Physiol., 21:11-17. 1946.
21. MELIN, E. Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza: Eine ökologische physiologische Studie. G. Fischer, Jena. 1925.
  22. MIKOLA, P. Importancia y técnica de la inoculación micorrizica. Forestación de Zonas Rasas. B. Aires. p. 35-48. 1967.
  23. MIKOLA, P. Application of mycorrhizal symbiosis in forestry practice. In: MARKS, G. C. & KOZLOWSKI, T. T., ed. Ectomycorrhizae - Their ecology and physiology. New York. 1973.
  24. NETO, E. S. O Setor de inoculantes e as micorrizas de árvores florestais. Rev. IBPT, 16:46-48. Curitiba. 1971.
  25. OLIVEROS, S. Effects of soil inoculation on the growth of Benguet pine. Makiling Echo., 11: 205-214. 1932.
  26. PASZTOR, Y. P. C. A embebição à frio como tratamento substitutivo da estratificação de sementes das espécies Pinus elliottii Engelman e Pinus taeda L. Silvicultura em São Paulo 1 (1): 39-46. 1962.
  27. RAYNER, M. C. Mycorrhiza. New Phytol. Wheldon and Wesley Ltd. Reprint Nº 15. London. 1927.
  28. ROSS, J. P. & HARPPER, J. A. Effect of endogone mycorrhiza on soybean yields. Reprinted from Phytopathology, 60(11): 1552 - 1556 . 1970.
  29. SCHMIDT, E. L. Mycorrhizae and their relation to forest soils. Soil Sci., 64: 459 - 468. 1947.
  30. SHEMAKHANOVA, N. M. Mycotrophy of Woody Plants. Interrelations between mycorrhiza-forming fungi and trees. Israel Program for Sci. Transl. Jerusalem. 1967. 329 p.
  31. SOUSA, D. M. P. Grande grupo de solo "RUBROZEM". Curitiba. Tese de Doutorado. 1961. 63 p.
  32. SOUSA, E. E. Nutrição Mineral das Plantas. Editora da Universidade de São Paulo. S. Paulo. 1975. 335 p.
  33. THEODOROU, C. Inoculation with pure cultures of mycorrhizal fungi of radiata pine growing in partially sterilized soil. Aust For., 31:

303 - 309. 1967.

34. THEODOROU, C. & BOWEN, G. D. Mycorrhizal responses of radiata pine in experiments with different fungi. Aust. Forest, 34. 1970. 183 p.
35. VOIGT, G. K. Mycorrhizae and nutrient mobilization. In: HACSKAYLO, E. Mycorrhizae, USDA Forest Serv. Misc. Publ. N° 1189. US Govt. Printing Office, Washington, D. C. pp. 122 - 131. 1971.
36. VOZZO, J. A. Inoculations with mycorrhizal fungi. In: HACSKAYLO, E. Mycorrhizae, USDA Forest Serv. Misc. Publ. N° 1189, US Govt. Printing Office, Washington, D. C. pp. 187 - 196. 1971.
37. WILDE, S. A. Studies of mycorrhizae in Socialist Republics of Europe. In: HACSKAYLO, E. Mycorrhizae, USDA Forest Serv. Misc. Publ. N° 1189, US Govt. Printing Office, Washington, D. C. pp. 183-186. 1971.
38. ZAK, B. & MARX, D. H. Isolation of mycorrhizal fungi from roots of individual slash pines. For. Sci., 10 : 214 - 221. 1964.

A P P E N D I C E

QUADRO 10 - Análise de variância dos incrementos em altura para Pinus taeda.

Fonte de variação	G. L.	S.O.	M.O.	F'
Blocos	3	9,42	3,14	13,04 **
Tratamentos	4	219,08	54,77	
Erro	12	50,38	4,20	
T o t a l	19	278,88		

QUADRO 11 - Análise de variância dos incrementos em altura para Pinus patula.

Fonte de variação	G.L.	S.O.	M.O.	F'
Blocos	3	16,53	5,51	109,24 **
Tratamentos	4	275,29	68,82	
Erro	12	7,55	0,63	
T o t a l	19	299,37		



QUADRO 12 - Análise de covariância dos incrementos em altura  
para Pinus taeda

Fonte de variação	G.L.	S.O. <sub>y</sub>	S.P. <sub>xy</sub>	S.O. <sub>x</sub>	Dados ajustados			F'
					G.L.	S.O.	M.O.	
Total	19	278,88	-1,26	2,0				
Blocos	3	9,42	-0,67	0,07				
Tratamentos	4	219,08	-1,86	1,24				
Erro	12	50,38	1,27	0,69	11	48,04	4,37	
Tratamento + erro	16	269,46	-0,59	1,93	15	269,28		
Diferenças para provas médias ajustadas					4	221,24	55,31	12,66 **

QUADRO 13 - Análise de covariância dos incrementos em altura para Pinus patula

Fonte de variação	G.L.	S.Q. <sub>y</sub>	S.P. <sub>xy</sub>	S.Q. <sub>x</sub>	Dados ajustados			F'
					G.L.	S.Q.	M.Q.	
Total	19	299,37	12,41	1,91				
Blocos	3	16,53	-0,27	0,02				
Tratamentos	4	275,29	12,20	1,40				
Erro	12	7,65	0,21	0,49	11	7,46	0,68	
Tratamento + erro	16	282,84	12,41	1,89	15	201,35		
Diferenças para provar médias ajustadas					4	193,89	48,47	71,28 **

QUADRO 14 - Regressões dos nutrientes com outras variáveis

V a r i á v e i s	Pinus taeda L.		Pinus patula Sch. & Cham.		
	Equações	r	Equações	r	
N I T R O G Ê N I O	Altura total	$Y=1,291+0,002x$	0,93	$Y=1,294+0,003x$	0,88
	Inc. altura	$Y=1,024\bar{x}^{5,912}$	0,96	$Y=1,702+0,012x$	0,77
	Peso seco total	$Y=1,303\bar{x}^{0,012}$	0,94	$Y=1,313+0,015x$	0,88
	Peso seco parte aérea	$Y=1,497\bar{x}^{1,125}$	0,95	$Y=14,430+8,531x$	0,77
	Peso seco acícula	$Y=1,304+0,013x$	0,85	$Y=1,313+0,012x$	0,87
	Peso seco raiz	$Y=7,602+3,902x$	0,95	$Y=3,832+2,391x$	0,65
F Ó S F O R O	Altura total	$Y=0,053\bar{x}^{0,553}$	0,75	$Y=0,051\bar{x}^{0,653}$	0,92
	Inc. altura	$Y=1,712\bar{x}^{1,054}$	0,87	$Y=0,192+0,005x$	0,64
	Peso seco total	$Y=0,213\bar{x}^{0,237}$	0,75	$Y=0,153+0,072x$	0,95
	Peso seco parte aérea	$Y=5,375\bar{x}^{0,690}$	0,61	$Y=5,534+30,773x$	0,61
	Peso seco acícula	$Y=0,264\bar{x}^{0,228}$	0,76	$Y=0,274\bar{x}^{0,231}$	0,93
	Peso seco raiz	$Y=1,963\bar{x}^{0,468}$	0,68	$Y=1,694\bar{x}^{5,381}$	0,55
P O T Á S S I O	Altura total	$Y=1,062+0,014x$	0,84	$Y=1,023\bar{x}^{0,058}$	0,89
	Inc. altura	$Y=1,024\bar{x}^{-7,516}$	0,71	$Y=0,872+0,014x$	0,86
	Peso seco total	$Y=1,123+0,023x$	0,84	$Y=1,173\bar{x}^{0,024}$	0,94
	Peso seco aérea	$Y=9,442\bar{x}^{-1,736}$	0,95	$Y=2,844\bar{x}^{0,026}$	0,88
	Peso seco acícula	$Y=1,123+0,056x$	0,84	$Y=1,193\bar{x}^{0,024}$	0,95
	Peso seco raiz	$Y=2,567-1,672x$	0,54	$Y=5,162+6,042x$	0,88

QUADRO 15 - Regressões dos nutrientes com outras variáveis

Variáveis	Pinus taeda L.		Pinus patula Sch.&Cham.		
	Equações	r	Equações	r	
CÁLCIO	Altura total	$Y=0,601+0,023x$	0,93	$Y=0,694+0,023x$	0,88
	Inc. altura	$Y=4,024\bar{x}^3,546$	0,79	$Y=5,634\bar{x}^2,113$	0,79
	Peso seco total	$Y=0,823+0,083x$	0,95	$Y=0,864+0,113x$	0,92
	Peso seco parte aérea	$Y=1,146\bar{x}^6,839$	0,79	$Y=2,764\bar{x}^3,750$	0,81
	Peso seco acícula	$Y=0,835+0,192x$	0,95	$Y=0,881+0,178x$	0,92
	Peso seco raiz	$Y=6,672-2,045x$	0,84	$Y=10,875\bar{x}^3,447$	0,89
MAGNÉSIO	Altura total	$Y=0,189+0,001x$	0,69	$Y=0,143+0,012x$	0,85
	Inc. altura	$Y=9,302\bar{x}^7,12$	0,86	$Y=2,573\bar{x}^2,638$	0,69
	Peso seco total	$Y=0,201+0,012x$	0,77	$Y=0,189+0,023x$	0,84
	Peso seco parte aérea	$Y=7,813\bar{x}^1,435$	0,90	$Y=6,993\bar{x}^4,714$	0,71
	Peso seco acícula	$Y=0,201+0,026x$	0,79	$Y=0,194+0,047x$	0,85
	Peso seco raiz	$Y=53,136\bar{x}^{-13,836}$	0,95	$Y=3,040\bar{x}^{-4,296}$	0,78

QUADRO 16 - Regressões do peso seco, altura e diâmetro de colo.

V a r i á v e i s	Pinus taeda L.		Pinus natula Sch. & Cham.	
	Equações	r	Equações	r
Peso talo/Peso acícula	$Y=0,181 + 0,462x$	0,97	$Y=0,223x^{0,101}$	0,95
Peso talo/Peso raiz	$Y=0,584 + 0,452x$	0,94	$Y=0,171x^{0,126}$	0,96
Peso parte aérea/peso talo	$Y=0,927 + 0,314x$	0,98	$Y=0,67x^{0,923}$	0,97
Peso parte aérea/peso acícula	$Y=0,187 + 0,142x$	0,99	$Y=0,126x^{0,101}$	0,99
Peso parte aérea/peso raiz	$Y=0,165 + 0,143x$	0,97	$Y=0,113x^{0,115}$	0,97
Peso total/peso parte aérea	$Y=0,163 + 0,167x$	0,99	$Y=0,203x^{0,942}$	0,99
Peso total/peso talo	$Y=0,337 + 0,503x$	0,97	$Y=0,126x^{0,872}$	0,97
Peso total/peso acícula	$Y=0,130 + 0,241x$	0,99	$Y=0,243x^{0,941}$	0,99
Peso total/peso raiz	$Y=0,163 + 0,245x$	0,99	$Y=0,201x^{0,110}$	0,98
Peso acícula/peso raiz	$Y=0,618x^{0,113}$	0,99	$Y=0,956x^{0,115}$	0,96
Altura total/peso total	$Y=3,904x^{2,275}$	0,96	$Y=1,502 + 2,332x$	0,94
Diâmetro de colo/peso total	$Y=0,342x^{0,432}$	0,91	$Y=0,337x^{0,401}$	0,96
Diâmetro de colo/altura total	$Y=0,952 + 0,215x$	0,92	$Y=0,403 + 0,195x$	0,92

QUADRO 17 - Análise fatorial dos incrementos em altura  
(após cinco meses)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	M.Q.	F (tabelar)		F'
				95%	99%	
B l o c o s	3	10,51	3,50	2,96	4,60	1,59
Espécies (T vs P)	1	311,37	311,37	4,21	7,68	141,53 **
Fator A (micorriza)	4	136,96	34,24	2,73	4,11	15,56 **
A sem Vs A com	1	113,47	113,37	4,21	7,68	51,58 **
A <sub>25</sub> Vs A <sub>50</sub>	1	8,78	8,78	4,21	7,68	3,99 NS
A <sub>25</sub> Vs A <sub>75</sub>	1	3,48	3,48	4,21	7,68	1,58 **
A <sub>25</sub> Vs A <sub>100</sub>	1	22,25	22,25	4,21	7,68	10,11 **
A <sub>50</sub> Vs A <sub>75</sub>	1	1,20	1,20	4,21	7,68	0,55 NS
A <sub>50</sub> Vs A <sub>100</sub>	1	3,08	3,08	4,21	7,68	1,40 NS
A <sub>75</sub> Vs A <sub>100</sub>	1	8,14	8,14	4,21	7,68	3,70 NS
Interação espécie/micorriza	4	177,63	44,41	2,73	4,11	20,19 **
E r r o	27	59,37	2,20	-	-	-
	39	695,82				