ISSN 0103-2674

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
COORDENADORIA DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS, DOCUMENTAÇÃO E PESQUISA AMBIENTAL
INSTITUTO FLORESTAL

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

Rev. Inst. Flor.	São Paulo	v. 10	n. 1	p. 1 - 121	jun. 1998

DIRETOR GERAL
Oswaldo Poffo Ferreira

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Demétrio Vasco de Toledo Filho
Eduardo Amaral Batista
Cybele de Souza Machado Crestana
Edegar Giannotti
Francisco Carlos Soriano Arcova
José Eduardo de Arruda Bertoni
Márcia Balistiero Figliolia
Sandra Monteiro Borges Flörsheim
Yara Cristina Marcondes
Maria Isabel Vallilo
Reinaldo Cardinali Romanelli

PUBLICAÇÃO PERIÓDICA SEMESTRAL/SEMESTRAL PERIODICAL PUBLICATION

SOLICITA-SE PERMUTA

EXCHANGE DESIRED

ON DEMANDE L'ÉCHANGE

Biblioteca do
Instituto Florestal
Caixa Postal 1.322
01059-970 São Paulo, SP
Brasil
Fone: (011) 6952-8555
Fax: (011) 204-8067
iflorest@eu.ansp.br

ISSN 0103-2674

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
COORDENADORIA DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS, DOCUMENTAÇÃO E PESQUISA AMBIENTAL
INSTITUTO FLORESTAL

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

Rev. Inst. Flor.	São Paulo	v. 10	n. 1	p. 1 - 121	jun. 1998

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD
Demétrio Vasco de Toledo Filho
Eduardo Amaral Batista
Cybele de Souza Machado Crestana
Edegar Giannotti
Francisco Carlos Soriano Arcova
José Eduardo de Arruda Bertoni
Márcia Balistiero Figliolia
Sandra Monteiro Borges Flörsheim
Yara Cristina Marcondes
Maria Isabel Vallilo
Reinaldo Cardinali Romanelli

APOIO/SUPPORT
Carlos Eduardo Spósito (Revisão)
Carlos José de Araújo (Gráfica)
Adão Pereira Barbosa (Gráfica)
Laurinda Alves (Gráfica)

CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO:

Adelita A. S. Paoli - IB-UNESP - Rio Claro
Alexandra A. Gobatto Rodrigues - UNESP - Assis
Antonio Aparecido Carpanezzi - EMBRAPA - Colombo-PR
Denise M. Trombert de Oliveira - UNESP - Botucatu
Durvalina Maria M. dos Santos - UNESP - Jaboticabal
Geraldo José Zenid - IPT
Gerd Sparovek - ESALQ/USP
João Luiz Ferreira Batista - ESALQ/USP
Márcio Rossi - Instituto Agronômico
Maria José B. Zákia - ESALQ/USP
Maria Neysa S. Stort - UNESP - Rio Claro
Mario Luiz T. de Moraes - UNESP - Ilha Solteira
Ricardo Valcarcel - Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro
Sílvia R. T. Valentini - ITAL - Campinas
Solange Cristina Mazzoni-Viveiros - Instituto de Botânica
Weber A. Neves do Amaral - ESALQ/SP

SOLICITA-SE PERMUTA/EXCHANGE DESIRED/ON DEMANDE L'ÉCHANGE

Biblioteca do Instituto Florestal
Caixa Postal 1.322
01059-970 São Paulo-SP-Brasil
Fone: (011) 6952-8555
Fax: (011) 204-8067
iflorest@eu.ansp.br

PUBLICAÇÃO PERIÓDICA SEMESTRAL/SEMESTRAL PERIODICAL PUBLICATION

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL
São Paulo, Instituto Florestal.

1989, *1*(1-2)
1990, *2*(1-2)
1991, *3*(1-2)
1992, *4*
1993, *5*(1-2)
1994, *6*
1995, *7*(1-2)
1996, *8*(1-2)
1997, *9*(1-2)
1998, *10*(1-

COMPOSTO E IMPRESSO NO INSTITUTO FLORESTAL
junho,1998

SUMÁRIO/CONTENTS

p.

Recrutamento de plântulas de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em mata ripária. Seedling recruitment of *Genipa americana* L. (Rubiaceae) in a riparian forest. Cybele de Souza Machado CRESTANA 1-15

Germinação de sementes de canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez-Lauraceae) sob diferentes condições de luz e temperatura. Seed germination of canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez-Lauraceae) under different conditions of light and temperature. Antonio da SILVA & Ivor Bergemann de AGUIAR 17-22

Zoneamento de uso das terras da Estação Experimental de Tupi, SP. Land evaluation of "Estação Experimental de Tupi, SP". Dimas Antonio da SILVA & Rui Marconi PFEIFER 23-38

Balanço hídrico de duas microbacias hidrográficas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, São Paulo. Water balance of two small watersheds in Walter Emmerich Forest Hydrology Laboratory, São Paulo. Francisco Carlos Soriano ARCOVA; Walter de Paula LIMA & Valdir de CICCO 39-51

Variação da densidade básica da madeira de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae). Variation in the basic density of "aroeira" *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae). Sandra Monteiro Borges FLÖRSHEIM & Mário TOMAZELLO FILHO 53-61

Germinação de sementes de jenipapeiro (*Genipa americana* L. - Rubiaceae) sob diferentes regimes de temperatura, umidade e luz. Germination of jenipapeiro (*Genipa americana* L. - Rubiaceae) seeds under different conditions of temperature, moisture and light. Márcia Balistiero FIGLIOLIA & Maria Conceição Carvalho da SILVA 63-72

Associação ectomicorrízica entre *Suillus luteus* (L. ex. Fr.) S. F. Gray e *Pinus elliottii* Engelman var. *elliottii*. Ectomycorrhyzal association between *Suillus luteus* (L. ex. Fr.) S. F. Gray and *Pinus elliottii* Engelman var. *elliottii*. Nilse Kazue Shimura YOKOMIZO & Eliana RODRIGUES 73-79

Regeneração natural em área à margem de represa, no município de Piracicaba, SP. Natural regeneration in dam border area, Piracicaba county, São Paulo State, Brazil. Gonçalo MARIANO; Cybele de Souza Machado CRESTANA; Eduardo Amaral BATISTA; Edegar GIANNOTTI & Hilton Thadeu Zarate do COUTO 81-93

Estrutura genética de subpopulações de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em mata ciliar a partir de izoenzimas. Subpopulations genetic structure of *Genipa americana* (Rubiaceae) in forest gallery through isozymes. Alexandre Magno SEBBENN; Paulo Yoshio KAGEYAMA & Roland VENCOVSKY 95-108

Calibragem de duas microbacias hidrográficas no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, São Paulo. Calibration of two small watersheds in Walter Emmerich Forest Hydrology Laboratory, São Paulo. Francisco Carlos Soriano ARCOVA; Walter de Paula LIMA & Valdir de CICCO 109-121

RECRUTAMENTO DE PLÂNTULAS DE *Genipa americana* L. (RUBIACEAE) EM MATA RIPÁRIA*

Cybele de Souza Machado CRESTANA**

RESUMO

O recrutamento de plântulas de *Genipa americana* L. foi realizado em área de mata ciliar do rio Moji-Guaçu, SP, através da observação e acompanhamento do processo em 3 indivíduos adultos, mediante amostragem em transecções instaladas nas direções NO-SE e SO-NE, em parcelas de 4 m^2, a distâncias variando entre 0 e 30 m do tronco. A partir do início da germinação foram realizadas 54 coletas semanais em que as unidades de acompanhamento foram buquês emergidos dos frutos/sementes. Os resultados foram expressos em termos da função de densidade, tabela de vida da coorte e relação entre densidade, distância e idade das plântulas, ao longo do ano. Como dados complementares foram levantados, para cada árvore matriz, o diâmetro da copa, sua situação em relação a clareiras e a variação de gradiente de luz nas parcelas. Finalmente, procurou-se indicar as possíveis influências de diferentes condições de luz sobre o estabelecimento. Os resultados mostraram: abundância de sementes; germinação maciça; grande intensidade de deposição de frutos a pequenas distâncias da árvore matriz; densidade como restrição ao recrutamento e pequena taxa de sobrevivência, a distâncias situadas além do limite de projeção da copa, sob condições de luz próprias de clareiras pequenas.

Palavras-chave: *Genipa americana*; mata ciliar; germinação; plântulas; recrutamento; regeneração natural; demografia.

ABSTRACT

Seedling recruitment of *Genipa americana* L. was studied in riparian forest by sampling transects installed from adult trees in Northwest-Southeast (NW-SE) and Southwest-Northeast (SW-NE) directions. Samples of four square meters with distances varying between 0 to 30 m of the trunk were installed. Fifty-four collections were done, at one-week intervals, from the beginning of germination. The units of monitoring were bouquets emerged of dropped fruits in the soil. Results were expressed in terms of density, survival and seedling density, distance and age ratio along the year. As supplementary data, each matrix tree was characterized in terms of crown diameter, distance from gaps and light variation on each sample. Influence of different light conditions on establishment was indicated. Results shown seeds abundance; massive germination; fall intensity close to mother trees; density as limiting factor to recruitment; low survival rate in some distance from mother trees, in gap conditions.

Key words: *Genipa americana*; riparian forest; germination; seedling; seedling recruitment; forest dynamics; demography.

1 INTRODUÇÃO

Ocorrida a dispersão de sementes, a regeneração natural é condicionada ao processo de recrutamento de plântulas, que envolve a germinação, o crescimento inicial e a incorporação de novos indivíduos à população. A produção de sementes e o recrutamento de plântulas estabelecem o ponto de partida para todos os processos posteriores (SARUKHÁN, 1980).

(*) Parte da Tese de Doutorado apresentada em 06/12/93 ao Instituto de Biociências da UNESP, Campus de Rio Claro e aceito para publicação em março de 1998.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

Segundo SCHUPP (1990), a maioria dos estudos de demografia em florestas tropicais tem ignorado a natureza dinâmica dos estádios críticos de produção de sementes e recrutamento de plântulas (SARUKHÁN, 1978). Estudos sobre diferenças anuais na produção e sobrevivência de sementes e recrutamento de plântulas para espécies tropicais são praticamente ausentes na literatura. Além disso, pouco se sabe sobre os fatores que limitam o recrutamento: o meio abiótico (VASQUEZ-YÁNES & OROZCO-SEGOVIA, 1984); o meio biótico (SORK, 1987); ou certa interação entre os dois (AUGSPURGER, 1983; 1984).

Segundo PICKETT (1983) a abundância de sementes e a alta porcentagem de germinação são algumas características de espécies da floresta tropical, onde a germinação, além de constituir resposta à luz, faz parte da dinâmica de ocupação de clareiras.

Por outro lado, a abundância de sementes pode ser analisada sob o ponto de vista dos fatores bióticos, como é apontado por JANZEN (1970 *apud* HARPER & WHITE, 1974; HOWE & WESTLEY, 1988). A hipótese de JANZEN é de que a superabundância de sementes seria uma resposta evolutiva da planta como mecanismo de saciação dos predadores.

Quanto às distâncias de recrutamento, efeitos de densidade e taxas de sobrevivência, é bem conhecida a explicação de JANZEN-CONNELL (1970; 1971, *apud* FENNER, 1985 e HOWE & WESTLEY, 1988) de que a diversidade da floresta tropical e o espaçamento de árvores de mesma espécie são maiores do que se poderia esperar a partir dos padrões de dispersão de sementes, em virtude de muitas espécies não terem regeneração bem sucedida na vizinhança imediata de um adulto coespecífico. Segundo a teoria de JANZEN-CONNELL, a alta densidade de sementes e plântulas na vizinhança da árvore parental atrai predadores específicos que impedem a regeneração nesse local.

De acordo com SCHUPP (1990) as variações no recrutamento são explicadas pela combinação entre queda e predação e explicam, por sua vez, a densidade de adultos na população.

O efeito de clareiras e de outros processos abióticos sobre a germinação e recrutamento foi discutido por autores como BROKAW & CHEINER (1989), CANHAM (1989) e POULSON & PLATT (1989), em estudos comparativos sobre o desenvolvimento inicial de espécies pioneiras e tolerantes à sombra, de florestas de clima tropical e temperado. Os resultados desses estudos mostraram que a variação de luz durante o estabelecimento inicial é mais importante nas espécies tolerantes, e em florestas tropicais. Assim, para espécies tolerantes, o padrão de distribuição entre indivíduos, no recrutamento, se reflete na distribuição espacial das populações, anos após.

Os estudos de DENSLOW (1980) sobre o regime de clareiras reforçam a explicação: em florestas tropicais úmidas, clareiras pequenas ocorrem em maior freqüência do que clareiras grandes. Essa predominância, segundo a autora, é importante, pois o tamanho da abertura no dossel afeta o microclima da floresta e as condições para o estabelecimento, sendo possível observar, em cada tipo de floresta, a coexistência de árvores que dependem de clareiras de mesmo tamanho para se estabelecerem. Dessa forma, o tamanho de clareiras que predominam em uma certa floresta condiciona as espécies de árvores e a densidade de cada espécie nessa floresta. Quanto à dispersão secundária por fatores abióticos, os mesmos estudos, focalizando a ação da água, consideram a dispersão à longa distância como resultado da flutuabilidade dos propágulos.

Examinando os processos de dispersão e recrutamento do ponto de vista da interação entre fatores bióticos e abióticos, MARTÍNEZ-RAMOS & ÁLVAREZ-BUYLLA (1986) exploraram as relações entre a dispersão de sementes em clareiras e as características das comunidades em floresta tropical úmida, mediadas por dispersores de diferentes alcances. Estabeleceram duas síndromes gerais de dispersão/recrutamento: a de espécies pioneiras (intolerantes à sombra) e a de espécies persistentes (tolerantes à sombra). Os mesmos autores, reconhecendo que uma das importantes interações planta-animal nas regiões tropicais úmidas é a frugivoria, destacam a coexistência de um grande número de espécies vegetais que produzem frutos carnosos ou sementes ariladas e de frugívoros mamíferos e pássaros, que podem levá-los a lugares distantes da planta matriz; isso, associado a altos níveis de predação na sua vizinhança,

alcançando locais de clareiras mais favoráveis ao estabelecimento.

No ambiente de mata ciliar do rio Moji-Guaçu, os estudos de CRESTANA (1996) retomaram a interação dos fatores bióticos e abióticos na dispersão de frutos/sementes de *Genipa americana*. A dinâmica de dispersão evidenciou, para a espécie, a síndrome de barocoria associada à zoocoria. Os frutos são grandes, carnosos, suculentos e indeiscentes. Quando maduros, caem preferencialmente sob a copa e são dispersos pela água do rio e pela ação de mamíferos e roedores. Quanto às relações entre a espécie e o ambiente biótico e abiótico da mata ciliar, evidenciou-se, ainda, coincidência entre a abundância, forma, densidade, flutuação do fruto e a topografia local, época de inundação, e presença de macacos e serelepes na floresta, efetivando a dispersão (CRESTANA *et al.*, 1992).

No presente trabalho é focalizada a regeneração natural de *Genipa americana* pelo monitoramento contínuo, dentro de um ano, da coorte de plântulas. Procurou-se conhecer o processo de estabelecimento e os efeitos de densidade, distância da árvore matriz e condições de luz.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local da Pesquisa

A pesquisa foi realizada em área de mata ciliar na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, SP, situada entre os paralelos 22°15' S e 22°30' S e entre os meridianos 47°00'W.G. e 47°15'W.G., com altitude média de 680 m. O clima é caracterizado como úmido, mesotérmico, com pouco ou nenhum déficit hídrico e grande excesso no verão, segundo a classificação de Thorntwaite, citada por DE VUONO *et al.*, (1982).

2.2 Desenvolvimento das Plântulas até o Estabelecimento

A caracterização das plântulas foi efetuada segundo DUKE (1965).

2.3 Recrutamento

2.3.1 Amostragem

Para se avaliar a regeneração natural pelo recrutamento de plântulas foram utilizadas três árvores matrizes adultas, separadas, localizadas no interior da mata. Para amostragem, fixaram-se transectos nas direções Noroeste-Sudeste (NO-SE) e Sudoeste-Nordeste (SO-NE). Centralizando-se cada árvore, estabeleceu-se transectos de 30 m de comprimento por 2,0 m de largura, com parcelas de coleta delimitadas em áreas de 4,0 m^2. Nesses limites, procedeu-se ao monitoramento de plântulas através de observações semanais, durante aproximadamente um ano, até a ocorrência de nova queda de frutos. Assim, entre o início da germinação, em abril de 1990 e abril de 1991 totalizaram-se 54 coletas, em que as unidades de acompanhamento foram buquês emergidos dos frutos/sementes.

2.3.2 Parâmetros

Para cada árvore matriz foram levantados:

a) o diâmetro da copa;

b) a situação da árvore com relação a aberturas no dossel (clareiras);

c) a variação de gradiente de luz para cada parcela, nas 4 direções, em termos de: claro; claro/médio; médio; médio/escuro e escuro, por comparação, a critério estabelecido pelo observador. Identificação da intensidade de luz nas parcelas com sobrevivência de plântulas;

d) a função de densidade; germinação de sementes a diferentes distâncias da árvore matriz. A função de densidade de germinação ao final da deposição de frutos/sementes foi examinada pela contagem em parcelas a diferentes distâncias, utilizando-se a média dos dados das três árvores matrizes. O resultado final foi expresso em termos de número de plântulas por m^2, com identificação das parcelas com maiores densidades;

e) a função de germinação de sementes e sobrevivência de plântulas: Tabela de Vida da coorte. O estudo da seqüência da germinação-sobrevivência iniciou-se pelos registros do número de sementes

germinadas em cada parcela. Completada a germinação, passou-se ao monitoramento das plântulas, registrando-se o número de buquês sobreviventes nas parcelas. Foram totalizadas 54 semanas de observação até o início da queda de frutos de nova safra. A relação germinação/sobrevivência foi obtida pelas médias das porcentagens quinzenais das três árvores matrizes. O resultado foi expresso em termos de porcentagem final de sobrevivência, no período observado, e

f) a relação entre densidade, distância e idade das plântulas, estimada comparando-se os comportamentos médios de germinação e sobrevivência das três árvores matrizes, em suas densidades, ao longo do ano. O resultado foi expresso através do exame das relações entre deposição, sobrevivência e recrutamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Germinação e Recrutamento

Durante o mês de março, pode-se observar frutos maduros de *G. americana* caídos ao solo, imersos num tapete de vegetação baixa, sazonal. Nesse meio a espécie predominante é *Hydrocotyle umbellata* L. (Umbelliferae), planta herbácea, rizomatosa que, entremeando o folhedo, surge acompanhada de algumas gramíneas. Exibe exuberante multiplicação, aparentemente condicionada à estação quente e chuvosa, cobrindo extensas áreas no estrato inferior da floresta. O ambiente favorece o apodrecimento dos frutos de *G. americana* (às vezes encontrados predados por larvas de moscas) e a seqüência da germinação das sementes.

No início do processo as sementes são embebidas pela umidade local e pela polpa dos frutos que vai se modificando. Decorrido cerca de um mês, muitas raízes primárias são evidenciadas (FIGURA 1-A). Aproximadamente uma semana depois, algumas plântulas, cujos cotilédones ainda não se libertaram da testa, antecipam o crescimento e chegam aos 3,0 cm de altura. A partir de então, o processo se generaliza e plântulas de um mesmo fruto são encontradas em diferentes estádios. À altura aproximada de 4,0 cm, o primeiro par de folhas, deltóides, é liberado da testa e se expande, enquanto algumas raízes, já com cerca de 3,0 cm e providas de ramificações secundárias, começam a fixar-se no solo. Em abril e maio a maior parte dos frutos se transforma em buquês de aproximadamente 18,0 cm de diâmetro, com cerca de 150 plântulas cada, cuja altura média é 5,0 cm (FIGURA 1-B). Inicia-se um período de cerca de 30 dias em que as plântulas se mantêm viçosas, seguido por uma diminuição no ritmo de crescimento. Decorrida essa fase, começa a apresentar-se o primeiro par de eófilos inteiros, opostos, ápice acuminado e cruzado em relação às folhas cotiledonares.

Em pleno outono, com a chegada dos dias frios, observa-se que as plântulas das bordas dos buquês começam a perder a turgescência em vista da grande competição individual. Advém um período crítico para a sobrevivência, com enorme redução no número de indivíduos nos buquês, a maioria destes desaparecendo por completo.

Por volta dos 210 dias após a germinação, as plântulas sobreviventes às mudanças apresentam o segundo par de eófilos, opostos, morfologicamente semelhantes ao primeiro par. Transcorridos mais ou menos 20 dias, verifica-se a queda do par cotiledonar, ocasião em que as plântulas têm, em média, 6,5 cm de altura e raízes de até 4,5 cm.

Assim permanecem até os 360 dias, quando contam 4, às vezes 6 metáfilos. Ao final do primeiro ano de vida, as poucas plantas sobreviventes, embora prejudicadas pela herbivoria, já apresentam estrutura caulinar lenhosa.

Assim, a descrição do desenvolvimento das plântulas de *G. americana*, em contraste com as chaves de identificação de espécies florestais estabelecidas por DUKE (1965), apontam a espécie como apresentando plântulas do tipo fanerocotilar, ou seja, caracterizado por cotilédones que se libertam da testa durante a germinação.

FIGURA 1 - Regeneração natural de *Genipa americana* L.
A - Sementes germinadas no solo
B - Buquê de plantas emergidas dos frutos

3.2 Densidade

O número médio de buquês por parcela nas diferentes distâncias de transectos, ao final da germinação está representado na TABELA 1, bem como as médias gerais e as densidades, nas diferentes distâncias, para as três árvores observadas.

Os resultados permitem verificar que as maiores densidades são encontradas nas direções SO e NO, com médias de 1,13 e 1,06 buquês/m^2 e às distâncias 2 e 3 a partir da árvore matriz. Considerando-se as médias gerais das parcelas, as densidades máximas de germinação, de 9,57 e 7,92 buquês/m^2, ocorreram, respectivamente, nas distâncias 2 e 3, correspondentes a afastamentos de 2 a 4 e 4 a 6 m a partir da árvore matriz. A densidade amostral média é de 3,42 buquês/m^2.

A densidade de germinação, a partir das médias gerais de buquês, em cada distância, é apresentada na FIGURA 2.

Observa-se, pela distribuição, que a densidade máxima é encontrada em parcelas localizadas na projeção do limite da copa (aproximadamente 3,0 m). Contudo, além desse limite encontra-se ainda boa quantidade de buquês, até a distância de 10 m.

TABELA 1 - Número médio de buquês de plântulas e densidade média por parcela nas diferentes distâncias e direções de transectos.

Distância	NE	NO	SE	SO	Totais (média geral)	Densidade (buquês/m^2)
1 - (0 a 2 m)	3,0	4,7	2,7	5,0	15,4	3,85
2 - (2 a 4 m)	9,0	10,0	8,0	11,3	38,3	9,58
3 - (4 a 6 m)	8,3	9,0	2,0	12,3	31,6	7,92
4 - (6 a 8 m)	3,3	4,7	0,7	5,0	13,7	3,43
5 - (8 a 10 m)	1,7	4,3	0,0	1,7	7,7	1,93
6 - (10 a 12 m)	0,3	1,0	0,0	0,3	1,6	0,40
7 - (12 a 14 m)	0,3	0,0	0,0	0,3	0,6	0,15
8 - (14 a 16 m)	0,0	0,3	0,0	0,3	0,6	0,15
Total (média geral)	26,0	34,0	13,3	36,3	109,7	27,43
Densidade Média	0,81	1,06	0,42	1,13	3,42	3,42

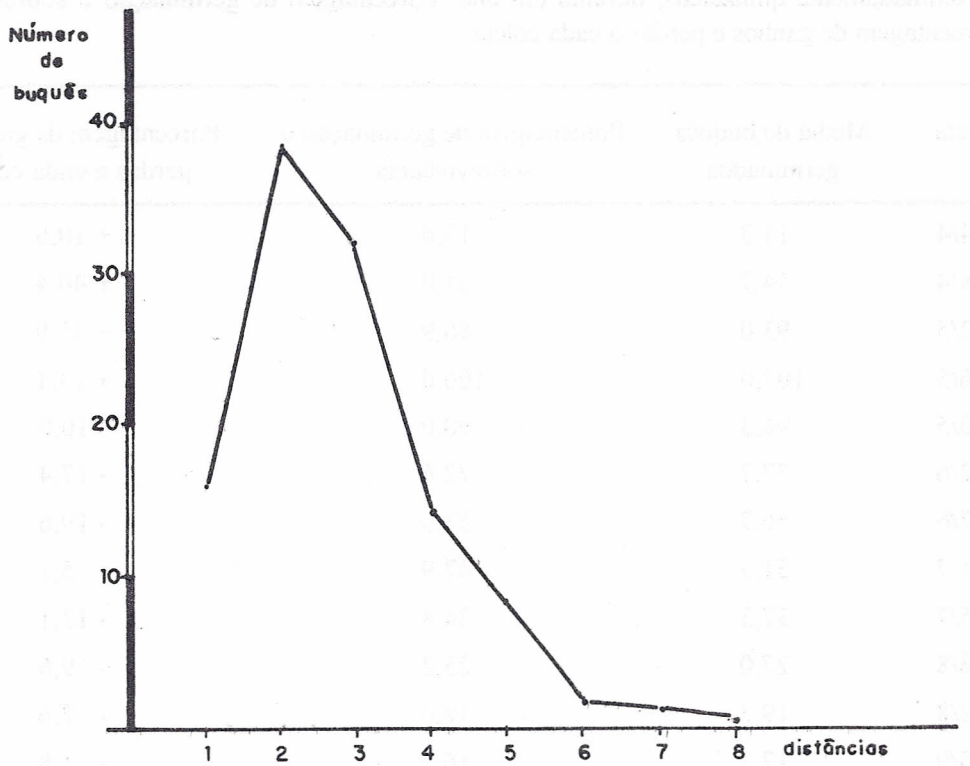


FIGURA 2 - Densidade de germinação de *Genipa americana* L., com a distância da árvore matriz. Diâmetro médio das copas: 5,7 m.

3.3 Germinação e Sobrevivência de Plântulas

Na TABELA 2 seqüenciam-se, da 1ª à 27ª coletas quinzenais, os resultados da contagem de "buquês germinados" para cada árvore, registrando-se a média das três matrizes em números absolutos e em porcentagem. Para o cálculo das porcentagens tomou-se como referência (100%) o resultado obtido em 16 de maio, quando a germinação foi completa. Apresentam-se ainda as porcentagens de ganhos e perdas, a cada coleta, calculadas pela diferença entre os resultados de uma coleta e a anterior.

Através da porcentagem de buquês germinados e sobreviventes presentes nas parcelas, a cada coleta, mostram-se as variações no ritmo dos processos, ao longo do ano. No início, a contagem representa o número de buquês; ao final, representa o número de mudas sobreviventes.

A Tabela de Vida da coorte, com base nas porcentagens apresentadas na tabela anterior é apresentada na FIGURA 3. Na linha horizontal estão registradas as coletas realizadas a intervalos quinzenais no período de um ano; no eixo vertical, as porcentagens de buquês e plântulas. Pela figura, observa-se que os processos de germinação e sobrevivência não ocorrem em ritmo uniforme. A germinação, que se havia iniciado lentamente há cerca de um mês, à data da 1ª coleta (0,4/4) toma um ritmo acelerado e, no prazo de um mês, todos os "frutos" estão germinados. A sobrevivência das plântulas nos sete intervalos de coletas seguintes, entre maio e agosto, sofre seu período mais crítico, apresentando altas porcentagens de perda, que variam entre 5,1% e 19,6% dos buquês, por intervalo. Da 12ª coleta até a 16ª, a mortalidade continua em ritmo menos acelerado, diminuindo 2,5% a cada coleta, no decorrer dos meses de setembro e outubro. Depois deste período, o ritmo da mortalidade é ainda mais lento até o final das coletas. Lentamente se define a taxa de sobrevivência: 1,9% em média, por árvore, no período de um ano.

TABELA 2 - Número médio de "buquês germinados", nas diferentes datas de coletas, realizadas a intervalos aproximadamente quinzenais, durante um ano. Porcentagem de germinação e sobrevivência e porcentagem de ganhos e perdas a cada coleta.

Coleta	Data	Média de buquês germinados	Porcentagem de germinação e sobrevivência	Porcentagem de ganhos e perdas a cada coleta
1ª	04/4	11,3	10,6	+ 10,6
2ª	18/4	54,7	51,0	+ 40,4
3ª	02/5	93,0	86,9	+ 35,9
4ª	16/5	107,0	100,0	+ 13,1
5ª	30/5	96,3	90,0	- 10,0
6ª	12/6	77,7	72,6	- 17,4
7ª	27/6	56,7	53,0	- 19,6
8ª	11/7	51,3	47,9	- 5,1
9ª	25/7	37,3	34,8	- 13,1
10ª	08/8	27,0	25,2	- 9,6
11ª	22/8	19,3	18,0	- 7,6
12ª	05/9	17,3	16,2	- 1,8
13ª	19/9	14,3	13,4	- 2,8
14ª	04/10	11,3	10,6	- 2,8
15ª	17/10	8,3	7,7	- 2,9
16ª	31/10	7,7	7,2	- 0,5
17ª	14/11	7,0	6,5	- 0,7
18ª	28/11	5,7	5,3	- 1,2
19ª	12/12	4,7	4,4	- 0,9
20ª	26/12	3,3	3,1	- 1,3
21ª	10/1	2,3	2,1	- 1,0
22ª	24/1	2,3	2,1	- 0,0
23ª	17/2	2,3	2,1	- 0,0
24ª	21/2	2,3	2,1	- 0,0
25ª	08/3	2,3	2,1	- 0,0
26ª	22/3	2,0	1,9	- 0,2
27ª	05/4	2,0	1,9	- 0,0

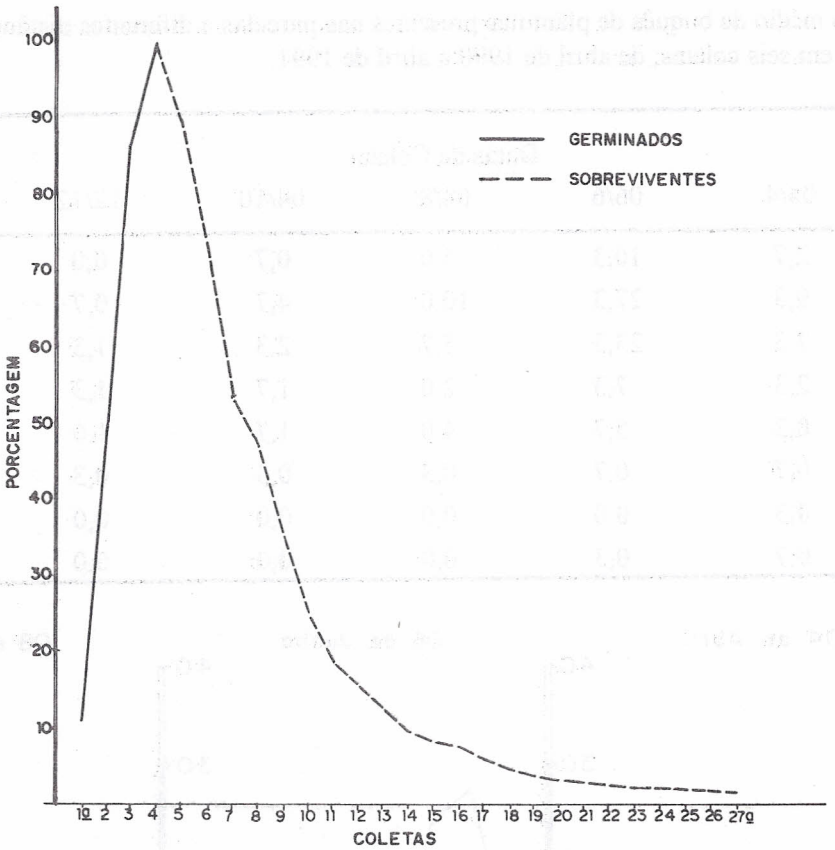


FIGURA 3 - Tabela de Vida da coorte. Porcentagem de buquês de *Genipa americana* L. germinados e sobreviventes nas coletas quinzenais realizadas durante um ano, de abril de 1990 a abril de 1991.

3.4 Relação entre Densidade, Distância e Idade das Plântulas

Na TABELA 3 e FIGURA 4 combinam-se as funções de densidade e sobrevivência, apresentando-se o número médio de buquês de plântulas presentes nas parcelas a diferentes distâncias da árvore matriz, em diferentes datas de coleta, a intervalos de dois meses, aproximadamente, no decorrer de um ano. Também podem-se comparar as funções de densidade de germinação e sobrevivência de plântulas ao longo do ano, com base nas médias das árvores matrizes observadas.

Nota-se que o período crítico de mortalidade situa-se entre os meses de junho e agosto, quando a maior parte das plântulas tem entre um e dois meses de idade.

As distâncias críticas de mortalidade são as que apresentam maior densidade de plântulas e situam-se na projeção do limite da copa. Ao final do processo encontram-se sobreviventes, em pequeno número, situados logo além desse limite (aproximadamente 5,0 m a partir da árvore matriz) ou um pouco mais (aproximadamente 11,0 m).

A partir desses resultados pode-se verificar que a sobrevivência não é decorrência direta da abundância de sementes germinadas, mas sim, que a densidade atua como fator de restrição ao recrutamento e que os poucos sobreviventes situam-se a certa distância da árvore matriz. Isso se repete anualmente e, quando as plantas completam 12 meses, sua incorporação à população enfrenta novas etapas, ao mesmo tempo em que o processo já está reiniciando, com frutos da nova safra.

A explicação de JANZEN-CONNELL (1970; 1971) *apud* FENNER (1985) e HOWE & WESTLEY (1988) é de que muitas espécies não têm regeneração bem sucedida na vizinhança imediata de um adulto coespecífico. A alta densidade de sementes e plântulas na vizinhança da árvore parental atrai predadores específicos, que impedem a regeneração nesse local.

TABELA 3 - Número médio de buquês de plântulas presentes nas parcelas a diferentes distâncias da árvore matriz, em seis coletas, de abril de 1990 a abril de 1991.

Distância	Datas de Coleta 04/4	06/6	08/8	04/10	12/12	07/2
1 - (0 a 2 m)	2,7	10,3	5,0	0,7	0,0	0,0
2 - (2 a 4 m)	9,3	27,3	10,0	4,7	0,7	0,7
3 - (4 a 6 m)	7,3	23,3	5,7	2,3	1,3	0,7
4 - (6 a 8 m)	2,3	7,3	2,0	1,7	1,3	0,0
5 - (8 a 10 m)	0,3	5,7	4,0	1,7	1,0	0,7
6 - (10 a 12 m)	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3
7 - (12 a 14 m)	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8 - (14 a 16 m)	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0

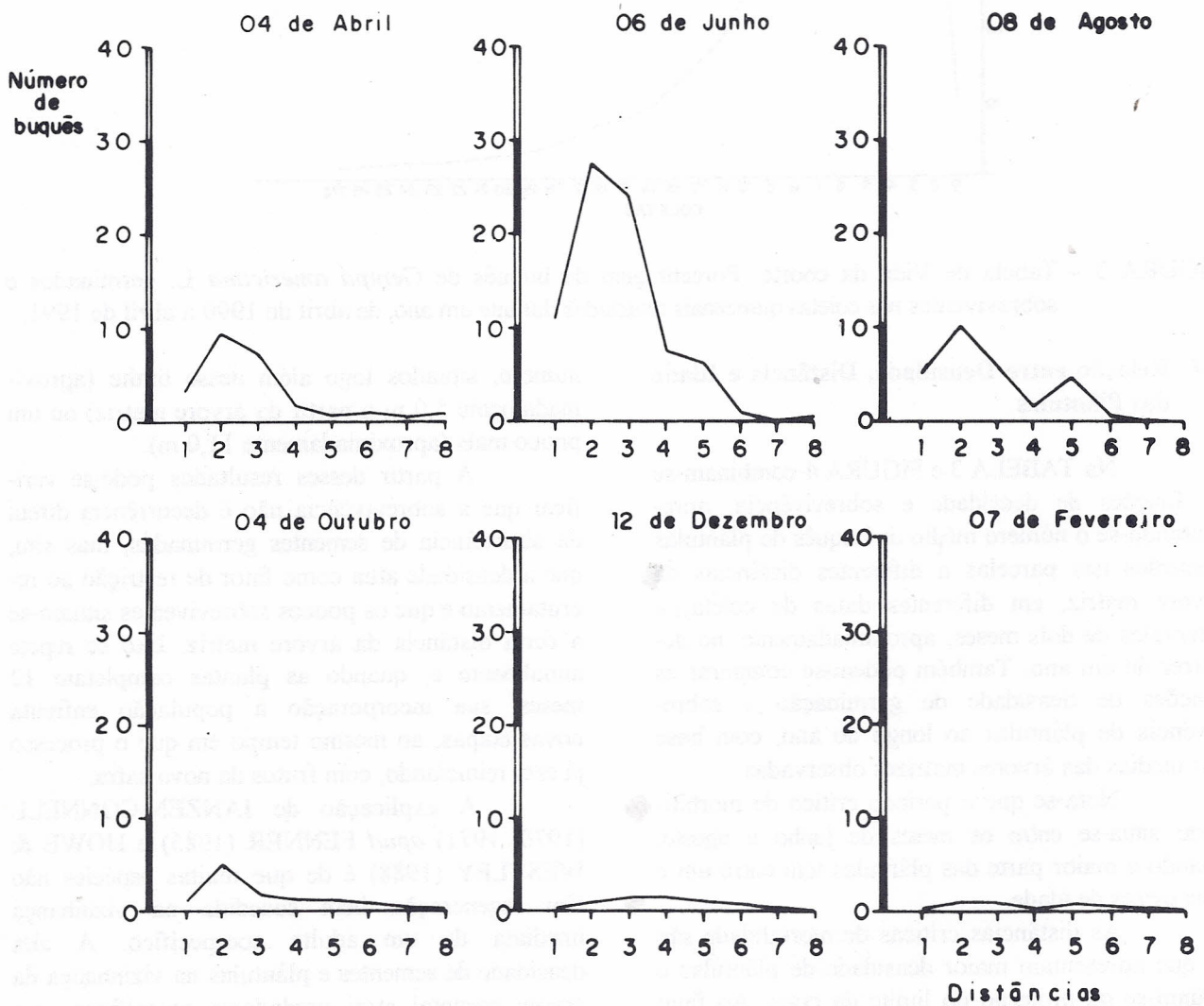


FIGURA 4 - Seqüência de germinação e sobrevivência de buquês de plântulas de *Genipa americana* L. presentes nas parcelas a diferentes distâncias da árvore matriz, a intervalos de dois meses.

Combinando a probabilidade de deposição de sementes, que diminui à medida que se afasta da árvore matriz, com a probabilidade de que uma semente ou plântula atinja a maturidade, que, pelo escape aos predadores, aumenta a essa mesma medida, JANZEN (1970) chega à função de recrutamento, que pode ser vista como um pico a uma certa distância da árvore matriz, que é a distância na qual um novo adulto tem maior probabilidade de se estabelecer.

De acordo com SCHUPP (1990) as variações no recrutamento são explicadas pela combinação entre queda e predação e explicam, por sua vez, a densidade de adultos na população. Por outro lado, a dispersão secundária por insetos, roedores ou água pouco alteraria o padrão de recrutamento, enquanto condições especiais de umidade no solo ou aberturas de luz podem aumentar a sobrevivência. O trabalho de HOWE (1989) diferencia os modos de dispersão esparsa e agrupada, como resultado da ação de pequenos e grandes frugívoros, que se refletem em padrão de distribuição espacial esparsa ou agrupada na população. Contraria o modelo de JANZEN-CONNELL (1970; 1971), opondo ao efeito escape, a hipótese de que espécies de dispersão agrupada, e que produzem buquês de plântulas, desenvolvem resistência à predação, de modo que a alta sobrevivência das plântulas sob e próximo às árvores parentais asseguraria densa agregação dessas espécies na população.

A distribuição espacial agregada seria também resultado do "efeito HUBBELL", de persistência de jovens perto dos pais devido à baixa sobrevivência, mas não nula, do grande número de sementes e plântulas dispersas perto dos parentais (HOWE, 1989).

Em *G. americana* confirmou-se o modelo de JANZEN-CONNELL pela alta mortalidade nas parcelas de maior densidade, próximas à árvore matriz, e pela localização dos sobreviventes.

3.5 Influência de Diferentes Condições de Luz sobre o Estabelecimento e Sobrevivência de Plântulas

Na TABELA 4 constam os valores de diâmetro e inclinação das copas e a situação geral de luz resultante da localização de cada árvore matriz, matriz, assim como as variações nas condições de luz nos transectos, nas diferentes direções e distâncias a partir da árvore matriz. Os seguintes registros foram verificados para as condições de luz: C - clara; C/M - clara para média; M - média; M/E - média para escura. A situação E - escura, não foi observada.

Os asteriscos indicam as parcelas nas quais estão localizadas as plântulas sobreviventes, ao final do monitoramento.

Localizadas na TABELA 4 as plantas sobreviventes, observa-se que a sobrevivência ocorreu quase que exclusivamente no eixo NO-SE e não nas direções de inclinação das copas, mais sombreadas (dossel). Observa-se ainda que a ocorrência deu-se em parcelas sob condições "médias" de luz, resultado que pouco esclarece sobre a influência dessa variável, não permitindo quantificá-la. A análise das condições gerais de luz em cada árvore poderá oferecer uma avaliação geral das condições favoráveis à sobrevivência.

Na TABELA 5, apresentada a seguir, são resumidas as condições de luz das três árvores matrizes.

O exame da TABELA 5 mostra que as árvores A e B, que tiveram sobreviventes, têm maior número de parcelas sob condições de luz média para clara, principalmente a árvore B. São árvores situadas sob clareiras. A árvore C, sem sobreviventes, apresenta a maior proporção de parcelas situadas em condições de luz de média para escura. A partir desses dados pode-se afirmar que, se não é possível relacionar a sobrevivência com condições de "micro-site", é possível relacioná-la com condições do ambiente um pouco mais amplo, correspondente à árvore e seu entorno.

Como resultado final depreende-se que a germinação e o desenvolvimento inicial ocorrem em condições de clareiras pequenas, ou seja, em claros que correspondem à árvore matriz e seu entorno, e não sob dossel.

A importância da luz no processo de recrutamento é coerente com o que foi discutido por BROKAW & SCHEINER (1989), CANHAM (1989) e POULSON & PLATT (1989). No caso de *G. americana*, espécie de estabelecimento dependente de clareiras pequenas e tolerante à sombra, pode-se esperar, portanto, baixa densidade e distribuição esparsa na população.

TABELA 4 - Dados individuais de diâmetro, inclinação da copa e situação geral de luz das árvores matrizes observadas. Condições de luz (clara; clara/média; média; média/escura ou escura) nas diferentes distâncias da árvore matriz e direções de transectos.

	Árvore A Diâmetro da copa = 5 m Inclinação - 60% a Nordeste Localização - sob clareira				Árvore B Diâmetro da copa = 6 m Inclinação - 70% a Sudoeste Localização - sob clareira				Árvore C Diâmetro da copa = 6 m Inclinação - 75% a Sudoeste Localização - sob dossel fechado			
	Transectos				Transectos				Transectos			
Distâncias das Parcelas	NE	NO	SE	SO	NE	NO	SE	SO	NE	NO	SE	SO
1 - (0 a 2 m)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
2 - (2 a 4 m)	M	M	M*	C	M	M	M*	M	M	M	C/M	M
3 - (4 a 6 m)	C/M	C/M	M	C	M	M	M*	M*	M	M	C/M	M
4 - (6 a 8 m)	C/M	C	C/M	C	M	C/M	M	M	M	M	C/M	M
5 - (8 a 10 m)	C/M	M*	C	C	M	M/E	M	M	M/E	M	M	C/M
6 - (10 a 12 m)	C/M	M*	C	C	M	M/E	M	M	M/E	M/E	C/M	M
7 - (12 a 14 m)	C/M	M/E	C	C/M	M	M/E	M	M	M/E	M/E	M	M/E
8 - (14 a 16 m)	M	M/E	C	C/M	M	M/E	M	M	M/E	M/E	M/E	M/E

(*) Parcelas que contêm plântulas sobreviventes.

TABELA 5 - Número e porcentagem de parcelas sob diferentes condições de luz, nas árvores A, B e C. Cl = clara; M = média; E = escura.

Condição de Luz	Árvore A		Árvore B		Árvore C		Média
	Número de Parcelas	%	Número de Parcelas	%	Número de Parcelas	%	
Cl	10	31,2	0	0	0	0	10,4
Cl/M	9	28,1	1	3,1	5	15,4	15,5
M	11	34,4	27	84,3	17	53,1	57,3
M/E	2	6,3	4	12,5	10	31,2	16,7
E	0	0	0	0	0	0	0

Para DENSLOW (1980) a dispersão de espécies especialistas em clareiras pequenas é fraca e a taxa de mortalidade das plântulas muito alta, o que configura, nas populações adultas da floresta, uma distribuição espacial pouco densa e bastante dispersa ou "suficientemente uniforme", na expressão de PIJL (1982). Nesse microclima de clareiras pequenas as sementes são grandes e têm pequena capacidade de dormência; mas as plântulas são grandes, com sistema radicular profundo, e muitas folhas grandes. As mudas podem ter desenvolvimento muito lento no ano.

Quanto à dispersão secundária por fatores abióticos, focalizando a ação da água, DIRZO & DOMÍNGUEZ (1986) consideram que, embora a flutuabilidade dos propágulos possa levá-los para longe da planta matriz, resultando em dispersão à longa distância, isso é altamente acidental, dependendo da coincidência entre períodos de flutuabilidade do fruto e cheias ou inundações, da mortalidade dos propágulos durante o transporte, e do encontro de condições favoráveis ao estabelecimento no lugar aonde a cheia os leva.

Em *G. americana* o efeito da cheia é o de um agente dispersor de pequena mobilidade e as sementes, uma vez depositadas, passam a sofrer as desvantagens desse dispersor. Os mesmos efeitos são salientados nos estudos de padrão de crescimento e incremento à população realizados por LIEBERMAN & LIEBERMAN (1987), registrando a mortalidade em conseqüência do regime hídrico, em qualquer idade.

Quanto às síndromes gerais de dispersão/recrutamento estabelecidas por MARTÍNEZ-RAMOS & ÁLVAREZ-BUYLLA (1986) os resultados obtidos com G. *americana* são coerentes com as espécies persistentes e tolerantes à sombra. A dispersão ampla (espacial e temporalmente) das espécies pioneiras é associada com recrutamento em clareiras grandes (> 100 m^2), que são pouco freqüentes no tempo e no espaço. Nas florestas neotropicais essas clareiras têm um índice de ocorrência de uma por hectare a cada 1,8 - 2,8 anos. A dispersão restrita das persistentes, tanto de dossel superior como inferior, é associada com recrutamento em clareiras pequenas (< 20 m^2), que são cerca de sete vezes mais freqüentes do que as clareiras grandes nas florestas neotropicais úmidas.

A distribuição desigual, no tempo e no espaço, das grandes clareiras, resulta na produção de "ondas" de recrutamento nas populações arbóreas, que se manifestam como "manchas" ou aglomerados (agregação), na distribuição espacial e como "degraus" de descontinuidade na distribuição de idades na população.

A distribuição mais freqüente, no tempo e no espaço das clareiras pequenas, resulta, ao contrário, em populações "sem ondas" de recrutamento, que se manifestam como distribuição espacial aleatória, não-segregação entre gerações de jovens e adultos e curvas contínuas ou tendentes à normalidade na distribuição de freqüência de idades. Configuram-se assim, florestas com grande diversidade, compostas por muitas espécies e poucos indivíduos por espécie.

Reconhecendo que uma das importantes interações planta-animal nas regiões tropicais úmidas é a frugivoria, MARTÍNEZ-RAMOS & ÁLVAREZ-BUYLLA (1986) destacam a coexistência de espécies vegetais que produzem frutos carnosos ou sementes ariladas e de frugívoros mamíferos e pássaros que levam os frutos a lugares distantes da árvore matriz, até locais de clareiras mais favoráveis ao estabelecimento. Em *G. americana,* sendo a deposição dependente de agentes bióticos e abióticos, o conjunto de relações pôde ser observado. Seria importante verificar, em estudo posterior, os reflexos dessas ocorrências na população.

4 CONCLUSÕES

Os resultados do monitoramento do processo de germinação e sobrevivência indicaram as seguintes características de *G. americana,* na mata ripária:

- abundância de sementes;
- germinação maciça;
- grande densidade de deposição a pequenas distâncias da árvore matriz;
- densidade como restrição ao recrutamento, e
- pequena taxa de sobrevivência, a certa distância da árvore matriz, sob condições de luz próprias de clareiras pequenas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGSPURGER, C. K. 1983. Seed dispersal of the tropical tree *Platypodium elegans,* and the scape of its seedlings from frugal pathogens. *Journal of Ecology,* London, *71*:759-771.

_____. 1984. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology*, New York, *65*:1705-1712.

BROKAW, N. V. L. & SCHEINER, S. M. 1989. Species composition in gaps and structure of a tropical forest. *Ecology,* New York, *70*(3):538-541.

CANHAM, C. D. 1989. Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. *Ecology,* New York, *70*(3):548-556.

CRESTANA, C. de S. M. *et al.* 1992. Fenologia do fruto de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em mata ciliar do Rio Moji-Guaçu, SP. *IPEF*, Piracicaba, (45):31-34.

CRESTANA, C. de S. M. 1996. Dispersão de frutos/sementes de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em mata ciliar do Rio Moji-Guaçu, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *8*(2):213-221.

CONNELL, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rainforest trees. In: BOER, P. J. den & GRADWELL, G.-R. (eds.) *Dynamics of populations*. Wageningen, Holland, Centre for Agricultural Publishing and Documentation. p. 298-312

DENSLOW, J. S. 1980. Gap partitioning among tropical rain forest trees. *Biotropica,* St. Louis, *12*: 47-55. (Tropical Succession)

DIRZO, R. & DOMÍNGUEZ, C. A. 1986. Seed shadow, seed predation and the advantages of dispersal. In: ESTRADA, A. & FLEMING, T. H. (eds.) *Frugivores and seed dispersal.* The Netherlands, Dordrecht, Dr. W. Junk Publishers. v. 19. p. 237-249.

DUKE, J. A. 1965. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in light forests types in Puerto Rico. *Ann. Mo. Bot. Garden,* St. Louis, *52*(3):314-350.

DE VUONO, Y. S.; BARBOSA, L. M. & BATISTA, E. A. 1982. A Reserva Biológica de Mogi-Guaçu. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, Campos do Jordão - SP, set. 12-18, 1982. *Anais ... Silvic. S. Paulo,* São Paulo, *16A*:548-558. Pt. 1. (Edição Especial)

FENNER, F. 1985. *Seed Ecology.* London, Chapman and Hall. 151p.

HARPER, J. L. & WHITE, J. R. 1974. The demography of plants. *Ann. Rev. Ecol. System. 5*:419-463.

HOWE, H. F. 1989. Scatter and clump-dispersal and seedling demography: hypothesis and implications. *Oecologia,* Berlin, (79):417-426.

_____. & WESTLEY, L. C. 1988. *Ecological relationships of plants and animals.* New York, Oxford University Press. 273p.

JANZEN, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. *The American Naturalist,* Chicago, (104):501-528.

LIEBERMAN, D. & LIEBERMAN, M. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology,* Cambridge, *3*:347-358.

MARTÍNEZ-RAMOS, M. & ÁLVAREZ-BUYLLA, E. 1986. Seed dispersal gap dynamics and tree recruitment: the case of *Cecropia obtusifolia* at Los Tuxtlas, Mexico. In: ESTRADA, A. & FLEMING, T. H. (eds.) *Frugivores and seed dispersal.* The Netherlands, Dordrechet, Dr. W. Junk Publishers. v. 25. p. 333-346.

PICKETT, S. T. A. 1983. Differential adaptation of tropical species to canopy gaps and its role community dynamics. *Tropical Ecology*, Varanasi, *24*(1):68-84.

PIJL, L. van der. 1982. *Principles of dispersal in higher plants.* 3ed. Berlin, Springer-Verlag. 214p.

POULSON, T. L. & PLATT, W. J. 1989. Gap light regimes influence canopy tree diversity. *Ecology*, New York, *40*(3):553-555.

SARUKHÁN, J. 1978. Studies of plant demography: *Ranunculus repens* L., *R. bulbosus* L. and *R. acris* L. II. Reproductive strategies and seed population dynamics. *Journal of Ecology,* London, *62*:151-177.

_____. 1980. Demographic problems in tropical systems. In: SOLBRIG, O. T. (ed.) *Demography and evolution in plant populations.* Oxford, England, Blackwell Scientific. 219p. (Botanical Monographs, 15)

SCHUPP, E. W. 1990. Annual variation in seedfall, postdispersal predation and recruitment of neotropical tree. *Ecology*, New York, *71*(2):504-515.

SORK, V. L. 1987. Effects of predation and light on seedling establishment in *Gustúvia superba. Ecology,* New York, *68*(5):1341-1350.

VASQUEZ-YÁNES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1984. Ecophysiology of seed gerrnination in the tropical humid forests of the world: a review. In: MEDINA, E.; MOONEY, H. A. & VASQUEZ-YÁNES, C. (eds.). *Physiological ecology of plants of the wet tropics*. La Haya, Dr. W. Junk Public. p. 37-51.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CANELA-PRETA (*Ocotea catharinensis* Mez-LAURACEAE) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE LUZ E TEMPERATURA*

Antonio da SILVA**
Ivor Bergemann de AGUIAR***

RESUMO

Estudou-se a germinação de sementes de *Ocotea catharinensis* na presença de luz branca, vermelha, vermelha-extrema e na ausência de luz, submetidas às temperaturas constante de 20°C e alternada de 20-25°C. Os testes de germinação foram instalados com quatro repetições de 20 sementes, sobre vermiculita. A contagem de sementes germinadas iniciou-se no 18º dia após a instalação dos testes, repetindo-se a cada sete dias, até o encerramento dos testes aos 81 dias. Foram avaliadas a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes e os resultados obtidos mostram que a interação entre luz e temperatura não foi significativa. Obteve-se elevada porcentagem de germinação nas diferentes condições de luz e temperatura testadas, mas as sementes tenderam a germinar melhor a 20°C, na ausência de luz e na presença de luz vermelha-extrema. Nestas condições, o teste padrão de germinação pode ter a duração de 39 dias.

Palavras-chave: semente florestal; germinação; qualidade de luz; regime de temperatura.

ABSTRACT

The germination of *Ocotea catharinensis* seeds was studied under white, red and far-red light, as well as in the dark and submitted to the constant of 20°C and alternate of 20-25°C temperatures. The germination tests were installed with four repetitions of 20 seeds on vermiculite. The counting of the germinated seeds began on the 18th day after the installation and was repeated every seven days until the end of the tests, after 81 days. It was evaluated the seeds percentage and speed of germination and the results showed that the interaction of light and temperature was not significant. A high percentage of germination under the different conditions of light and temperature tested was obtained. However, the seeds tended to germinate best at 20°C, in the dark as well as under far-red light. Under these conditions, the germination test may last 39 days.

Key words: forest seed; germination; light quality; temperature regime.

1 INTRODUÇÃO

Canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez) é uma espécie florestal de grande potencial econômico, cuja madeira tem múltiplas aplicações, podendo ser utilizada para construção civil, dormente, viga, caibro, ripado, taco, assoalho em geral, esquadria, caixilho, prancha e moirão (REITZ *et al.*, 1988).

A espécie ocorre em toda encosta oriental da Serra do Mar, na floresta pluvial atlântica, desde o sul do Estado de São Paulo até o norte do Estado do Rio Grande do Sul (INOUE *et al.*, 1984; REITZ *et al.*, 1988; LORENZI, 1992). Pertence ao grupo das espécies clímaxes (CORDINI, 1994) e está ameaçada de extinção, devido à destruição de seu habitat, sendo encontrada em estado nativo em áreas protegidas como Parques e Reservas (BAITELLO, 1992).

Informações sobre a germinação de sementes de *Ocotea catharinensis* são escassas na literatura. Assim, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de conhecer o comportamento germinativo de suas sementes, quando submetidas a diferentes qualidades de luz e regimes de temperatura.

(*) Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor em 21/02/97 à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) de Jaboticabal e aceito para publicação em abril de 1998.
(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.
(***) FCAV/UNESP, Rodovia Carlos Tonanni km 5, 14870-000, Jaboticabal, SP, Brasil. (Bolsista do CNPq)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A temperatura e a luz são dois fatores externos que influenciam a germinação das sementes. O efeito da temperatura na germinação das sementes pode ser expresso em termos de temperaturas cardinais, que são denominadas de mínima, ótima e máxima: a temperatura é denominada de ótima quando ocorre o máximo de germinação no menor período de tempo, e de mínima e máxima quando a germinação é nula (MALAVASI, 1988). A temperatura ótima e o intervalo dentro do qual a germinação ocorre variam entre as espécies; sementes de algumas espécies germinam melhor em temperatura constante, outras requerem alternância de temperatura e outras são termoblasticamente neutras (FIGLIOLIA *et al.*, 1993).

A faixa de 20 a 30°C tem se mostrado adequada para a germinação das sementes de grande número de espécies subtropicais e tropicais (BORGES & RENA, 1993). No caso de espécies cujas sementes requerem alternância de temperatura, flutuações de 5 a 15°C podem estimular a germinação, como verificaram Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia (1985), *apud* FIGLIOLIA *et al.* (1993). As sementes adaptadas a responder a flutuações de temperatura, segundo VÁZQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA (1984), possuem mecanismos enzimáticos que funcionam a diferentes temperaturas; assim, apenas quando ocorrem várias temperaturas, é possível o desencadeamento da germinação.

A luz nem sempre é um fator imprescindível e limitante para a germinação das sementes (FIGLIOLIA *et al.*, 1993). A sensibilidade das sementes à luz varia com a espécie, havendo sementes cuja germinação é influenciada positiva ou negativamente pela luz e sementes indiferentes a ela (BORGES & RENA, 1993).

A ativação das sementes pela luz está ligada ao fitocromo. Em geral, a luz vermelha (com pico de ação em 660 nm) estimula a germinação, ao passo que a vermelha-extrema (com pico de ação em 730 nm) inibe a germinação das sementes. A luz branca, devido à sua composição espectral e características de absorção do fitocromo, tem efeito semelhante ao da luz vermelha (POPINIGIS, 1985; MALAVASI, 1988; BORGES & RENA, 1993).

A germinação das sementes em relação à luz é uma resposta ecofisiológica da espécie, que tem estreita correspondência com o seu posicionamento no estádio sucessional da floresta (JESUS & PIÑA-RODRIGUES, 1991). O único grupo ecológico a responder com germinação plena quando as sementes são submetidas à luz vermelha é o das espécies pioneiras fotoblásticas, enquanto que as sementes dos demais grupos de espécies (oportunistas e clímaxes) têm condições de germinar à sombra do dossel da floresta, sem a necessidade de luz solar direta (KAGEYAMA & VIANA, 1991).

Para o tecnologista de sementes, é importante saber que existem diferenças entre espécies desses grupos ecológicos, em relação às suas exigências de temperatura, luz e umidade (FIGLIOLIA & PIÑA-RODRIGUES, 1995). Essas autoras apresentaram uma compilação, na forma de tabela, das condições de temperatura e de luz utilizadas para a germinação das sementes de 84 espécies florestais, a maioria delas nativas, não constando porém, *Ocotea catharinensis*. Conduzindo um experimento preliminar com essa espécie, SILVA (1997) testou as temperaturas constantes de 20°C, 25°C, 30°C e 35°C, sob luz branca (fotoperíodo de 8 horas), e verificou que as sementes germinaram melhor nas temperaturas mais baixas, principalmente a 20°C.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Frutos maduros de *Ocotea catharinensis*, apresentando coloração verde-amarelada com manchas pretas e 50,3% de água, foram colhidos de uma única árvore em 01 de agosto de 1994, em área de floresta natural do Parque Estadual da Cantareira, localizado no município de São Paulo e pertencente ao Instituto Florestal. O grau de umidade dos frutos recém-colhidos foi determinado pelo método de estufa a 105°C, prescrito pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), utilizando-se duas repetições de 50 sementes.

Para facilitar a extração da cúpula, que se encontrava aderida ao fruto, manteve-se o lote à sombra durante quatro dias. Após a extração da cúpula, os frutos foram armazenados na câmara fria (aproximadamente a 9°C e 45% de UR) do

Departamento de Fitotecnia da FCAV/UNESP de Jaboticabal, SP. Em 07 de agosto de 1994, após dois dias de armazenamento, as sementes foram extraídas dos frutos pela remoção do pericarpo, efetuada com bisturi, sendo a seguir instalado o experimento no Laboratório de Sementes desse Departamento.

As sementes foram colocadas para germinar sob luz branca, vermelha, vermelha-extrema e também na ausência de luz. As parcelas referentes às condições de luz vermelha, vermelha-extrema e ausência de luz foram preparadas em câmara iluminada com duas lâmpadas fluorescentes de 15 w envolvidas por duas folhas de papel celofane verde, onde foram posteriormente avaliadas. As parcelas referentes à luz branca foram preparadas e avaliadas sob iluminação normal de laboratório.

Cada parcela constou de um gerbox contendo 35 g de vermiculita do tipo 2, com granulometria de 0,71 a 3,36 mm, inicialmente umedecida com 70 ml de água destilada, sobre a qual foram colocadas 20 sementes. Os testes de germinação foram conduzidos em germinadores com quatro lâmpadas fluorescentes brancas, com fotoperíodo de 8 horas por dia, nas temperaturas constante de 20°C e alternada de 20-25°C. O substrato foi mantido com elevado grau de umidade durante todo o período de duração dos testes.

No tratamento referente à luz branca foram utilizados gerboxes transparentes e na ausência de luz gerboxes pretos envolvidos por papel alumínio. Para obter a luz vermelha, os gerboxes transparentes foram colocados dentro de sacos confeccionados com duas folhas de papel celofane vermelho, enquanto que para obter a luz vermelha-extrema, os gerboxes transparentes foram colocados dentro de sacos confeccionados com três folhas de papel celofane azul mais duas folhas de papel celofane vermelho (SOUZA & PEREIRA, 1992).

Foram consideradas germinadas as sementes que emitiram a raiz primária e o ápice caulinar. As contagens foram feitas a partir do 18º dia da instalação dos testes, em intervalos de sete dias, até o encerramento dos testes que ocorreu aos 81 dias. Os resultados foram expressos em porcentagem e velocidade de germinação, sendo esse último parâmetro representado pelo índice de velocidade de germinação, calculado de acordo com POPINIGIS (1985).

O experimento foi instalado no delineamento experimental inteiramente casualizado (PIMENTEL GOMES, 1976), com quatro repetições. Os resultados obtidos foram analisados no esquema fatorial 4 x 2 (quatro qualidades de luz e dois regimes de temperatura). Para fins de análise estatística, os dados de porcentagem foram transformados em arco seno, mas nas tabelas estão apresentados sem transformação. As médias dos parâmetros avaliados foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de porcentagem de germinação das sementes de *Ocotea catharinensis*, contidos na TABELA 1, mostram que a interação entre os dois fatores estudados não foi significativa, indicando que o efeito da qualidade de luz foi o mesmo nos dois regimes de temperatura testados. As sementes apresentaram elevada capacidade de germinação tanto na presença como na ausência de luz, comportamento esse característico das espécies dos estádios mais avançados da sucessão florestal, como as clímaxes, cujas sementes possuem condições de germinar tanto a pleno sol como à sombra do dossel da floresta (SEGHESE *et al.*, 1992).

No início e no final do período de duração dos testes de germinação, não houve efeito significativo da qualidade de luz na germinação das sementes (TABELA 1). Nas contagens efetuadas dos 39 aos 74 dias, entretanto, a germinação obtida na ausência de luz foi significativamente superior à constatada sob luz branca e luz vermelha. Dos 60 aos 74 dias após a instalação dos testes, a luz vermelha-extrema também proporcionou às sementes maior porcentagem de germinação do que a luz branca e a luz vermelha.

Nas áreas cobertas por vegetação, a clorofila da folhagem absorve maior quantidade de luz vermelha, de maneira que a radiação luminosa chega à superfície do solo com maior quantidade de luz vermelha-extrema, ou seja, com baixa relação vermelha/vermelha-extrema (VÁZQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA, 1984; PROBERT & SMITH, 1996). Assim, os resultados obtidos neste experimento indicam que as sementes de *Ocotea catharinensis* tendem a germinar melhor sob o dossel da floresta do que em áreas abertas.

TABELA 1 - Porcentagem de germinação das sementes de *Ocotea catharinensis* submetidas a diferentes qualidade de luz, considerando a média dos dois regimes de temperatura testados.

	Dias após a instalação dos testes de germinação									
Qualidade de luz	18	25	32	39	46	53	60	67	74	81
Branca	35,7 a	55,1 a	66,3 b	70,7 b	71,9 b	75,0 c	80,1 b	88,2 b	89,4 b	97,5 a
Vermelha	40,0 a	68,2 a	73,8 ab	76,3 b	76,9 b	79,4 bc	82,5 b	86,9 b	91,9 b	98,8 a
Vermelha-extrema	41,3 a	68,8 a	80,7 ab	83,8 ab	86,3 ab	90,7 ab	93,2 a	96,9 a	98,8 a	99,4 a
Ausência de luz	39,4 a	76,3 a	88,2 a	93,2 a	93,8 a	95,1 a	97,5 a	98,8 a	98,8 a	100,0 a
F para luz (L)	0,44 ns	3,66 *	3,86 *	6,44 **	7,41 **	9,48 **	13,45 **	11,32 **	14,89 **	2,33 ns
F para temperatura (T)	1,32 ns	2,17 ns	1,84 ns	3,77 ns	4,45 *	3,43 ns	7,48 *	4,92 *	7,60 *	1,80 ns
F para interação (LxT)	0,39 ns	1,14 ns	0,84 ns	0,52 ns	0,80 ns	0,77 ns	1,19 ns	0,30 ns	1,20 ns	0,73 ns
Coef. de variação (%)	16,55	14,09	18,55	15,89	14,57	12,33	10,44	9,27	7,41	5,86

(ns) Não significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

(*) e (**) Significativo ao nível de 5% e 1 % de probabilidade, respectivamente.

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade (P > 0,05).

A interação não significativa apresentada na TABELA 1 revela que o efeito da temperatura também foi o mesmo para as quatro qualidades de luz testadas. Na maioria das contagens, não foi constatado efeito da temperatura na germinação das sementes. Apenas nas contagens efetuadas aos 46, 60, 67 e 74 dias após a instalação dos testes, a germinação das sementes foi maior a 20°C do que a 20-25°C (TABELA 2).

Ficou evidenciada, portanto, uma tendência das sementes de *Ocotea catharinensis* germinarem melhor sob temperatura constante do que alternada. Segundo VÁZQUES-YANES & OROZCO-SEGOVIA (1984), sob o dossel não alterado da floresta, a temperatura do solo tende a ser constante ao longo do dia, favorecendo a germinação das sementes dos estádios mais adiantados da sucessão, como as clímaxes.

TABELA 2 - Porcentagem de germinação das sementes de *Ocotea catharinensis* submetidas a diferentes regimes de temperatura, considerando a média das quatro qualidades de luz testadas.

	Dias após a instalação dos testes de germinação									
Regime de temperatura	18	25	32	39	46	53	60	67	74	81
20°C	36,9 a	70,4 a	81,3 a	85,4 a	86,9 a	88,5 a	92,2 a	95,0 a	97,2 a	99,4 a
20–25°C	41,3 a	63,8 a	73,1 a	76,6 a	77,5 b	81,6 a	84,4 b	90,3 b	92,2 b	98,5 a
Valor de F	ns	ns	ns	ns	4,45 *	ns	7,48 *	4,92 *	7,60 *	ns

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (P > 0,05).

Com relação à velocidade de germinação das sementes, verifica-se pela TABELA 3 que não houve efeito significativo da temperatura e da interação em todas as contagens, nem da qualidade de luz na primeira e na última contagens efetuadas. Nas demais contagens, a germinação no escuro ocorreu mais rapidamente do que sob luz branca.

A velocidade de germinação das sementes sob luz vermelha e vermelha-extrema não diferiu da obtida sob luz branca e na ausência de luz, durante todo o período de duração dos testes, comprovando o bom comportamento germinativo das sementes de *Ocotea catharinensis* em qualquer condição de luz, já discutido com relação à porcentagem de germinação.

TABELA 3 - Índice de velocidade de germinação das sementes de *Ocotea catharinensis* submetidas a diferentes qualidade de luz, considerando a média dos dois regimes de temperatura testados.

	Dias após a instalação do teste de germinação									
Qualidade de luz	18	25	32	39	46	53	60	67	74	81
Branca	0,40 a	0,55 b	0,63 b	0,65 b	0,66 b	0,67 b	0,69 b	0,71 b	0,71 b	0,76 a
Vermelha	0,44 a	0,67 ab	0,70 ab	0,72 ab	0,72 ab	0,73 ab	0,74 ab	0,76 ab	0,77 ab	0,79 a
Vermelha-extrema	0,46 a	0,68 ab	0,75 ab	0,77 ab	0,76 ab	0,78 ab	0,78 ab	0,79 ab	0,80 ab	0,80 a
Ausência de luz	0,45 a	0,75 a	0,83 a	0,84 a	0,85 a	0,85 a	0,86 a	0,87 a	0,87 a	0,87 a
F para luz (L)	0,39 ^{ns}	3,18 *	3,14 *	3,90 *	3,71 *	4,00 *	4,00 *	3,71 *	3,66 *	1,93 ^{ns}
F para temperatura (T)	1,19 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,82 ^{ns}	1,42 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,37 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,28 ^{ns}
F para interação (LxT)	0,43 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,62 ^{ns}
Coef. de variação (%)	27,15	18,86	18,04	16,02	16,03	14,74	13,85	12,62	12,22	12,07

(^{ns}) Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(*) Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra não difere entre si (P > 0,05).

Os resultados obtidos neste trabalho permitem recomendar que os testes de germinação com sementes de *Ocotea catharinensis* sejam encerrados aos 39 dias após sua instalação, quando conduzidos a 20°C e na ausência de luz, ocasião em que cerca de 93% das sementes já haviam germinado (TABELA 1).

O substrato utilizado (vermiculita) e o tratamento pré-germinativo adotado (remoção do pericarpo) neste trabalho foram os recomendados por SILVA (1997). Considerando que a ausência de luz foi favorável à germinação, as sementes poderão ser colocadas para germinar tanto sobre como entre vermiculita. Uma camada de aproximadamente 3 mm de vermiculita poderá cobrir as sementes, contribuindo para maior contato e aderência ao substrato úmido.

5 CONCLUSÕES

Pelos dados de germinação obtidos com sementes de *Ocotea catharinensis* nas condições do presente trabalho, concluiu-se que:

1. a interação entre luz e temperatura não foi significativa para a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes;
2. as sementes apresentaram elevada porcentagem de germinação, na presença e ausência de luz;
3. as sementes tenderam a germinar melhor sob luz vermelha-extrema e na ausência de luz;
4. a temperatura constante de 20°C foi a mais adequada para a germinação das sementes, e
5. nas melhores condições de luz e temperatura, o teste padrão de germinação pode ser encerrado aos 39 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAITELLO, J. B. 1992. *Ocotea catharinensis*. In: *Centuria plantarum brasiliensuim exstintionis minitata*. Rio de Janeiro, Sociedade Botânica do Brasil. p. 167.

BORGES, E. E. L. & RENA, A. B. 1993. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. & FIGLIOLIA, M. B. (coord.) *Sementes florestais tropicais*. Brasília, ABRATES. p. 83-136.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 1992. *Regras para análise de sementes*. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV. 365p.

CORDINI, C. 1994. Grupos ecológicos de espécies florestais nativas de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, *7*(1):40-43.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C. & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. 1993. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. & FIGLIOLIA, M. B. (coord.) *Sementes florestais tropicais*. Brasília, ABRATES. p. 137-174.

FIGLIOLIA, M. B. & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. 1995. Considerações práticas sobre o teste de germinação. In: SILVA, A. da; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. & FIGLIOLIA, M. B. (coord.) *Manual técnico de sementes florestais*. São Paulo, Instituto Florestal. p. 45-59. (IF Série Registros, 14)

INOUE, M. T.; CARLOS, V. R. & KUNYOSHI, Y. 1984. *Projeto madeira do Paraná*. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 260p.

JESUS, R. M. & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. 1991. Programa de produção e tecnologia de sementes florestais da Florestas Rio Doce S. A.: uma discussão dos resultados obtidos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, Atibaia-SP, out. 16-19, 1989. *Anais*... São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal. p. 59-86. (Série Documentos)

KAGEYAMA, P. Y. & VIANA, V. M. 1991. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, Atibaia-SP, out. 16-19, 1989. *Anais*... São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal. p. 197-215. (Série Documentos)

LORENZI, H. 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa, Plantarum. 352p.

MALAVASI, M. M. 1988. Germinação de sementes. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. (coord.) *Manual de análise de sementes florestais*. Campinas, Fundação Cargill. p. 25-40.

PIMENTEL GOMES, F. 1976. *Curso de estatística experimental*. 4ed. Piracicaba, ESALQ/USP. 430p.

POPINIGIS, F. 1985. *Fisiologia da semente*. Brasília, AGIPLAN. 289p.

PROBERT, R. & SMITH, R. 1996. The environmental control of seed germination. In: CURSO INTERNACIONAL: SEED CONSERVATION TRAINING COURSE. Jaboticabal, FCAV/UNESP. 11p.

REITZ, P.; KLEIN, R. M. & REIS, A. 1988. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. *Sellowia*, Itajaí, (34/35):233-239.

SEGHESE, F.; ISSHIKI, K. & VITTI, A. P. 1992. Ecofisiologia da germinação de espécies arbóreas. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, *8*(25):9-11.

SILVA, A. da. 1997. *Padrão de florescimento e frutificação, caracterização de diásporos e germinação de sementes de canela-preta (***Ocotea catharinensis** *Mez)*. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista. 94p. (Dissertação de Mestrado)

SOUZA, R. P. & PEREIRA, M. F. D. A. 1992. Interação de luz, Ga_3 e estratificação na germinação de sementes de *Impatiens wallerana*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Paulo, *4*(1):21-25.

VÁZQUEZ-YANES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1984. Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical. *Ciência*, México, *35*(4):191-201.

ZONEAMENTO DE USO DAS TERRAS DA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE TUPI, SP*

Dimas Antonio da SILVA**
Rui Marconi PFEIFER**

RESUMO

É apresentado o zoneamento de uso das terras da Estação Experimental de Tupi, SP, Brasil, baseado nas características pedológicas e na metodologia de levantamento do uso do solo para fins recreativos. As condições específicas do local levaram a concluir que é possível aliar as atividades de planejador, pesquisador e do usuário, dando um aproveitamento integral e racional à área, proporcionando assim, condições adequadas ao uso da produção e preservação dos recursos naturais, bem como ao lazer, que devido à demanda, carece cada vez mais da abertura de áreas verdes.

Palavras-chave: solo; zoneamento; recreação; conservação.

ABSTRACT

A land evaluation procedure was carried out in Tupi Experimental Station located at Piracicaba, São Paulo State, Brazil, using soil survey as basic information and based on the use of soil surveys in recreation planning. The results indicated that it is possible to combine different land utilization types with research, production, natural resources preservation and recreation.

Key words: soil; land evaluation; recreation; conservation.

1 INTRODUÇÃO

A Estação Experimental de Tupi, segundo SÃO PAULO (1991), é originária da antiga Estação Experimental de Piracicaba, constituída pela Fazenda Nacional dos Estados Unidos do Brasil, de propriedade do Ministério da Agricultura. Em 1949, esta área de 198 ha passa a ser administrada pelo Instituto Florestal, então Serviço Florestal do Estado de São Paulo.

Nesta época, não havia mais espécies remanescentes da floresta original na Unidade. O fator responsável pela intensa devastação florestal da região é o avanço da cultura canavieira, aumento da densidade demográfica e o crescimento industrial.

Já como Unidade de produção florestal e com a vegetação natural reduzida é que se instalam no local, experimentos de *Pinus* e *Eucalyptus*. Atualmente desenvolve-se também experimentos com palmito, essências exóticas e nativas, viveiro de produção de mudas e criação de peixes.

Concomitantemente, a Unidade passa a oferecer atividades de recreação e educação ambiental, atendendo a demanda da população local e do entorno, por necessidade de lazer e espaços naturais.

Neste sentido, MONTGOMERY & EDMINSTER (1966) comentam que algumas propriedades dos solos, contrárias ao uso agrícola, afetam o uso recreativo e que as interpretações para os dois casos são diferentes, mas mostram preocupações básicas com relação à movimentação de água, potencial de contração/dilatação e susceptibilidade à erosão. Concluem ainda que o conhecimento das características e qualidades dos solos indica o tipo e a localização de áreas recreativas, e, que as propriedades como solos sujeitos a inundações, solos úmidos, classes de declive, profundidade, textura superficial e presença de rochas, afetam, ou limitam, o uso recreativo das terras.

Normalmente, os levantamentos pedológicos estão voltados para um correto aproveitamento agrícola das terras, indicando as culturas mais apropriadas e medidas de conservação, porém,

(*) Trabalho apresentado no XIII Congresso Latinoamericano de Ciência do Solo-Suelo, realizado em Águas de Lindóia, SP, em 04/08/1996. Aceito para publicação em abril de 1998.
(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

com a crescente procura de áreas naturais para recreação e lazer, as características dos solos estão sendo analisadas de forma a determinar setores favoráveis ao uso recreativo, como é apresentado por PFEIFER *et al.* (1981) no zoneamento de uso recreativo dos solos da Vila Amália e por SILVA & PFEIFER (1989) no zoneamento do Parque Estadual de Carlos Botelho, ambos no Estado de São Paulo.

Visando contribuir para a preservação da área e proporcionar um uso mais racional dos solos, é apresentado o levantamento das potencialidades e limitações das terras para o uso recreativo. Este trabalho fornece também, subsídios ao plano de manejo, à medida que é apresentado um zoneamento em função das características do meio biofísico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A Estação Experimental de Tupi com aproximadamente 198 ha, situada no município de Piracicaba-SP, localiza-se entre as coordenadas 22°43'21" e 22°44'24" de Latitude S e 47°31'47" e 47°32'30" de Longitude W Grw (FIGURA 1).

Segundo VEIGA (1975) as características edafo-climáticas dessa Unidade são:

- altitude média - 515 m;
- solo - Podzólico Vermelho-Amarelo - variação laras (PVls);
- temperatura - média do mês mais quente de 23,7°C (em janeiro) e média do mês mais frio de 17,1°C (em julho);
- precipitação - média anual de 1351 mm e média do mês mais seco de 27,0 mm (em julho);
- tipo climático - Cwa (Köppen), mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, e
- deficiência anual de água - de 19 mm.

A Estação Experimental de Tupi (FIGURA 2) apresenta rochas sedimentares paleozóicas do Grupo Tubarão, representado principalmente pela formação Itararé (membro arenoso) e secundariamente pela formação Tatuí. VIDAL TORRADO (1994) identifica no Distrito de Tupi formações superficiais recentes (cobertura cenozóica, depósitos de encosta e níveis de terraço) que podem ocorrer localmente na Estação Experimental. Nas planícies dos ribeirões que drenam a área de estudo ocorrem depósitos aluviais.

O Ribeirão Tijuco Preto e pequenos afluentes apresentam seus cursos adaptados e extensos falhamentos. Uma falha normal (A/B) condiciona o traçado do Ribeirão Batistada e separa dois membros da formação Itararé.

Segundo a "Divisão Geomorfológica do Estado de São Paulo" (PONÇANO *et al.*, 1981) a área localiza-se na Depressão Periférica, Zona do Médio Tietê.

Apresenta relevo de "Morrotes Alongados e Espigões" e "Colinas Amplas" (CARNEIRO *et al.*, 1981). Ao longo dos Ribeirões do Tijuco Preto e Batistada ocorrem "Planícies Aluviais" caracterizadas pelos terrenos baixos e mais ou menos planos junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações (FIGURA 3).

Utilizando da nova nomenclatura das legendas de mapas pedológicos, VIDAL TORRADO (1994) apresenta, na FIGURA 4, a distribuição espacial dos solos, concluindo a ocorrência das seguintes unidades:

- PE2 - Podzólico Vermelho Escuro Álico, Tb, A moderado, textura média;
- PV1 - Podzólico Vermelho-Amarelo Álico, Tb, A moderado (com A + E espesso ou não), abrupto, textura arenosa/média. Os solos desta unidade predominam na área de estudo;
- PV2 - Podzólico Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico, Tb, A moderado, textura média/argilosa;
- PV3 - Associação Podzólico Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico, Tb, A moderado, textura arenosa/média pouco profundo ou não + Solos Litólicos indiscriminados substrato arenitos, siltitos e diamictitos da formação Itararé;
- Li - Associação de Solos Litólicos e Cambissolos indiscriminados substrato siltito e arenitos do grupo Tubarão e Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média, fase pouco profundo;
- C - Cambissolo eutrófico ou oligotrófico, textura média ou argilosa, A moderado, substrato sedimentos aluviais, e
- G - Gleissolos indiscriminados.

Na FIGURA 5 é representado o mapa da vegetação da Estação Experimental de Tupi, com a localização de dois fragmentos da cobertura vegetal natural e dos diversos talhões experimentais de essências exóticas, compostas principalmente, pelos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, e nativas (pau-marfim, guarantã, cabreúva, caviúna, jequitibá vermelho e outros).

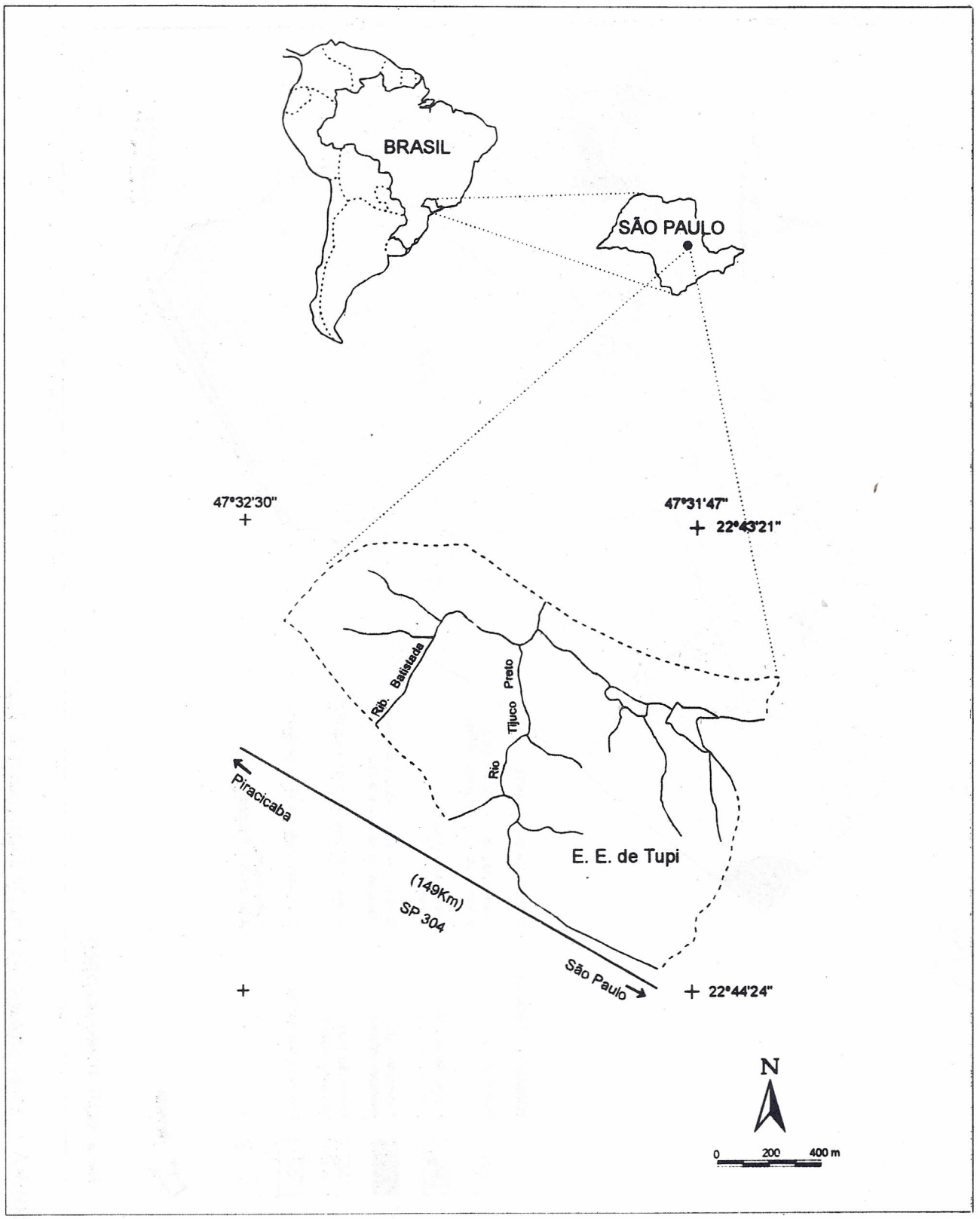


FIGURA 1 - Mapa de localização da Estação Experimental de Tupi.

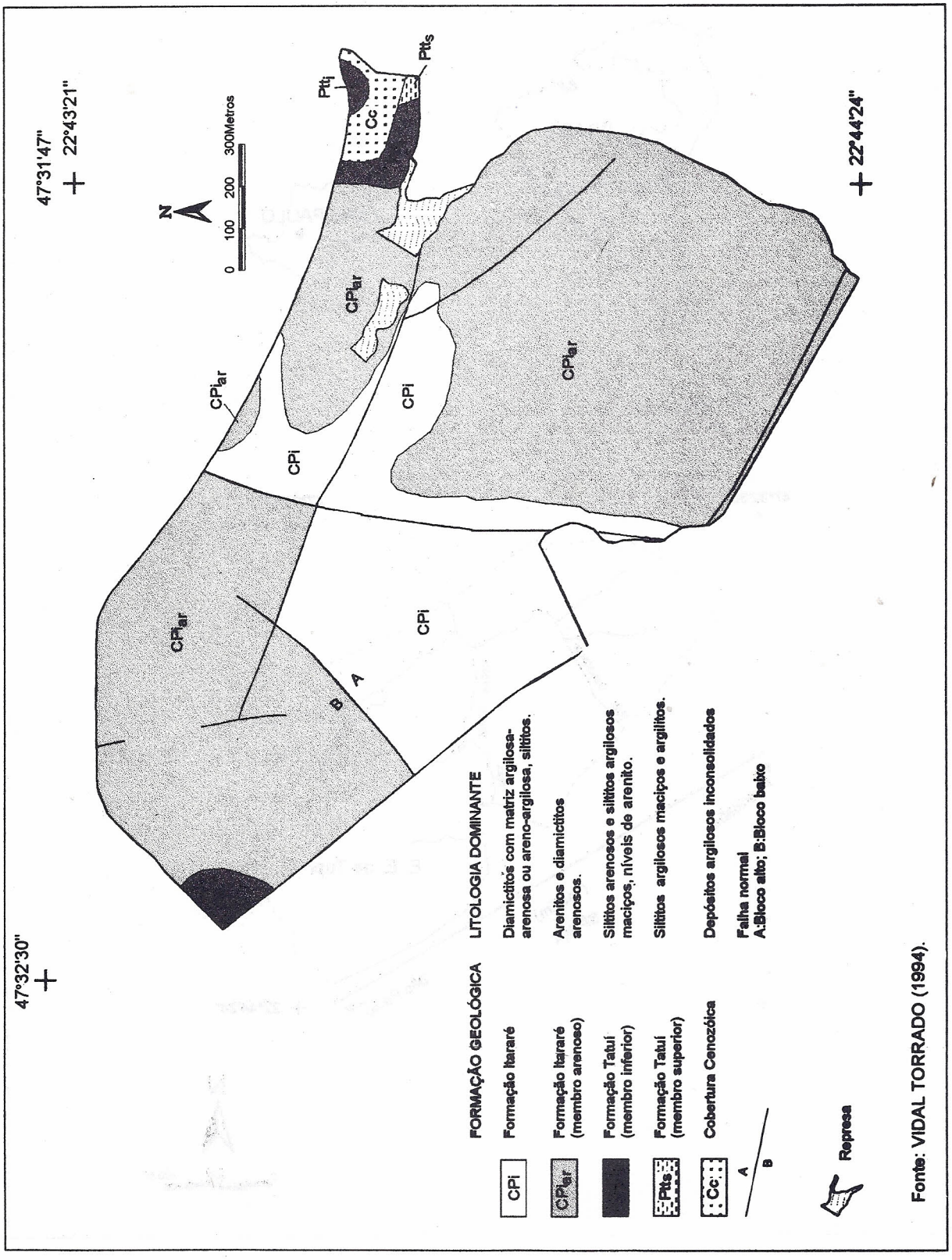


FIGURA 2 - Mapa geológico da Estação Experimental de Tupi.

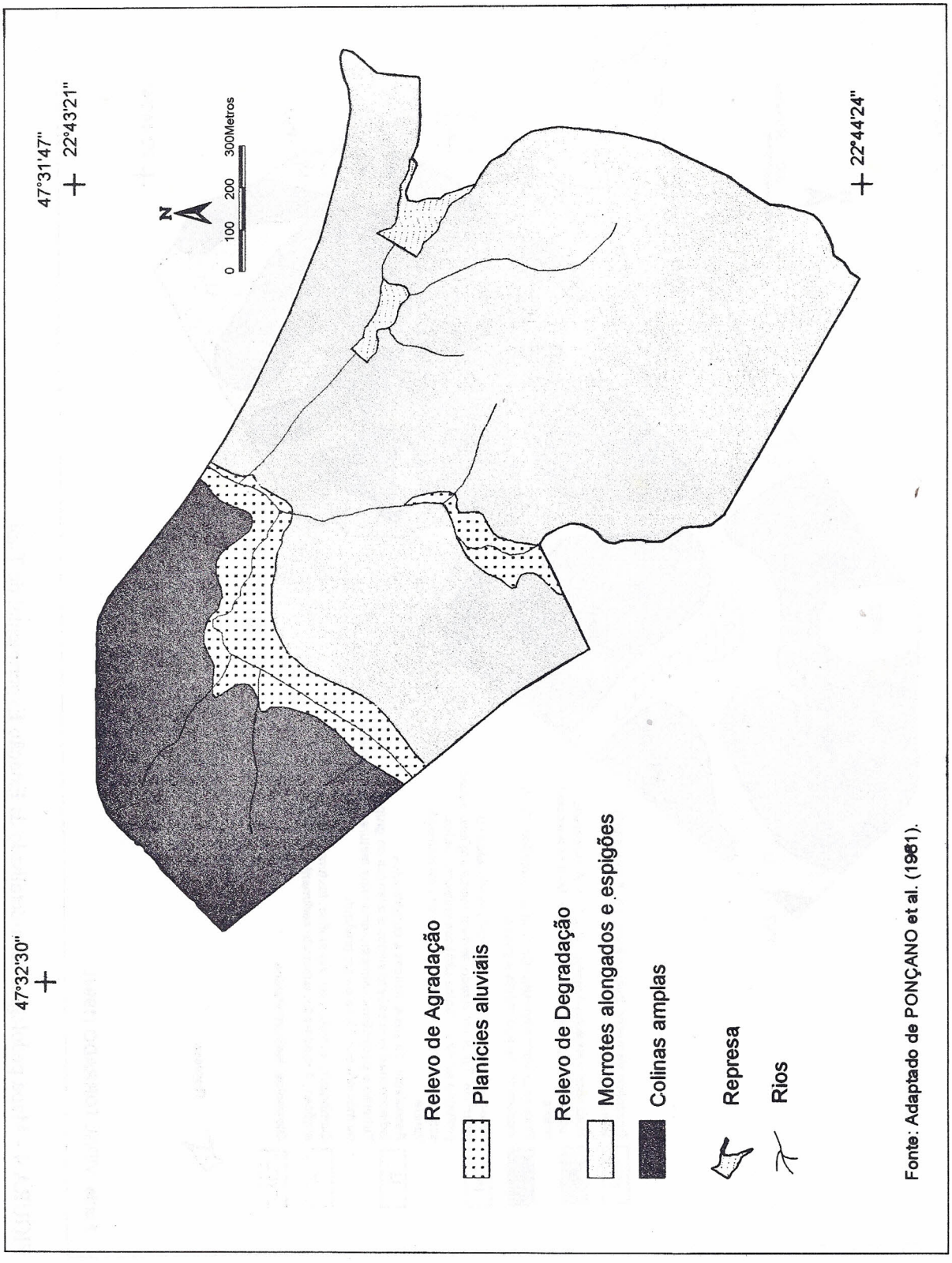


FIGURA 3 - Mapa geomorfológico da Estação Experimental de Tupi

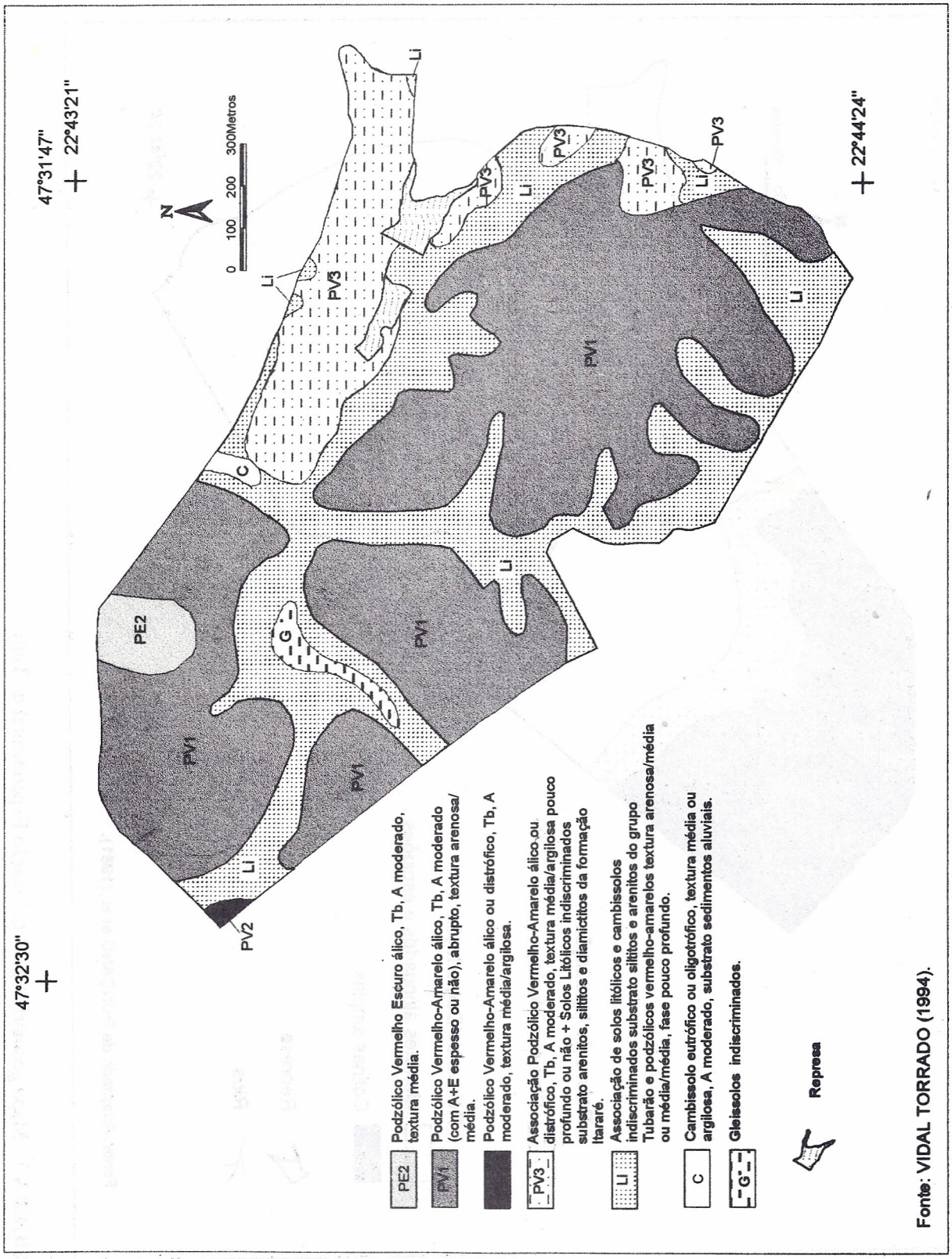


FIGURA 4 - Mapa pedológico semi-detalhado da Estação Experimental de Tupi.

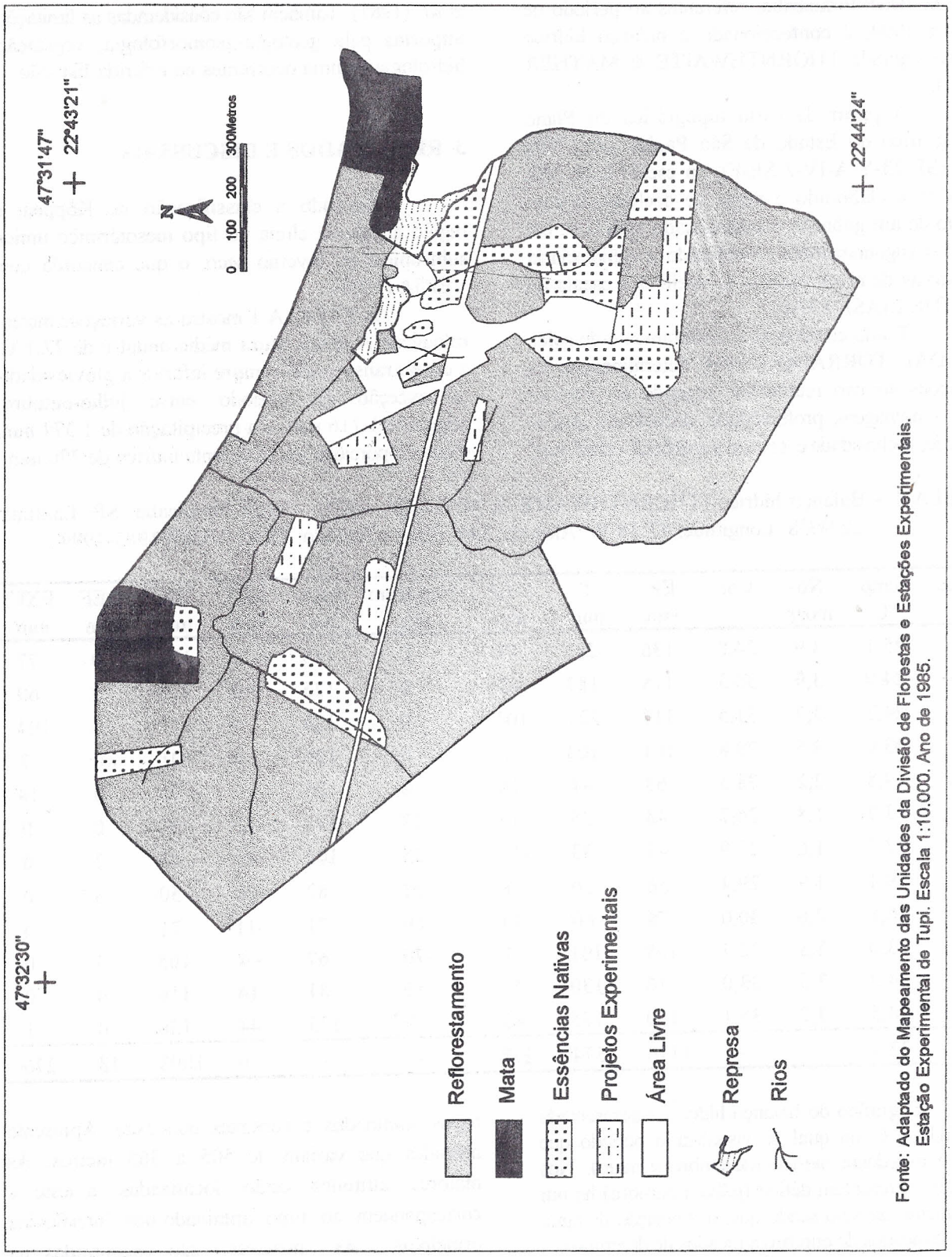


FIGURA 5 - Mapa de vegetação da Estação Experimental de Tupi.

Com os dados meteorológicos fornecidos pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP/Piracicaba, referentes ao período de 1985 a 1994, é confeccionado o balanço hídrico mensal segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955).

A partir da carta topográfica do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, folha Vila Tupi (SF-23-Y-A-IV-2-SE-F), na escala 1:10.000, de 1979, é elaborado o mapa de declividade com auxílio de um gabarito confeccionado com base em cálculos trigonométricos, envolvendo a eqüidistância das curvas de nível, classes de declives e escala da carta (DE BIASI, 1970).

Tendo como base o levantamento de solos de VIDAL TORRADO (1994), determinam-se as limitações ao uso recreativo, segundo as propriedades - drenagem, profundidade, declividade, pedregosidade, rochosidade e textura superficial - conforme metodologia proposta por MONTGOMERY & EDMINSTER (1966) e modificada por PFEIFER *et al.* (1981). Também são consideradas as limitações impostas pela geologia-geomorfologia, vegetação, hidrologia e clima ocorrentes na referida Estação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima do tipo mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, o que concorda com VEIGA (1975).

A TABELA 1 mostra as variações meteorológicas. A temperatura média anual é de 22,1°C; a evapotranspiração sempre inferior à pluviosidade, (a exceção do período entre julho-outubro) atingindo 1.116 mm; e a precipitação de 1.374 mm, o que proporciona um excedente hídrico de 276 mm.

TABELA 1 - Balanço hídrico (THORNTHWAITE & MATHER, 1955). Local: Piracicaba, SP. Latitude: 22°43'S. Longitude: 47°38'W. Altitude: 545. Fonte e Período: ESALQ-USP/1985-1994.

Meses	Temp. °C	No-mogr.	Cor	EP mm	P mm	P-EP mm	Neg.acum mm	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
Jan.	25,1	3,9	34,8	136	213	77	0	125	0	136	0	77
Fev.	24,9	3,9	30,3	118	187	69	0	125	0	118	0	69
Mar.	24,3	3,7	31,5	117	221	104	0	125	0	117	0	104
Abr.	23,9	3,5	28,8	101	108	7	0	125	0	101	0	7
Maio	19,8	2,2	28,5	63	81	18	0	125	0	63	0	18
Jun.	17,7	1,8	26,7	48	35	-13	-13	112	-13	48	0	0
Jul.	17,5	1,6	27,9	45	33	-12	-25	102	-10	43	2	0
Ago.	19,1	1,9	29,4	56	30	-26	-51	82	-20	50	6	0
Set.	20,8	2,6	30,0	78	60	-18	-69	71	-11	71	7	0
Out.	23,0	3,3	32,7	108	101	- 7	-76	67	- 4	105	3	0
Nov.	24,2	3,5	33,0	116	130	14	53	81	14	116	0	0
Dez.	24,5	3,7	35,1	130	175	45	0	125	44	130	0	1
Ano	22,1	-	-	1116	1374	258	-	-	0	1098	18	276

O gráfico do balanço hídrico é apresentado na FIGURA 6, no qual se visualiza o período que ocorre o excedente hídrico (dezembro e maio). Nos meses que apresentam déficit (julho a outubro) há um ressecamento do solo sendo que, a reposição de água ocorre de meados de outubro a meados de dezembro.

A Estação Experimental de Tupi caracteriza-se pelo relevo colinoso, formado por topos aplainados e vertentes convexas. Apresenta altitudes que variam de 505 a 565 metros. As maiores altitudes estão localizadas a leste, e correspondem ao topo aplainado dos interflúvios principais. As menores são encontradas na planície aluvial do Ribeirão Tijuco Preto (FIGURA 7).

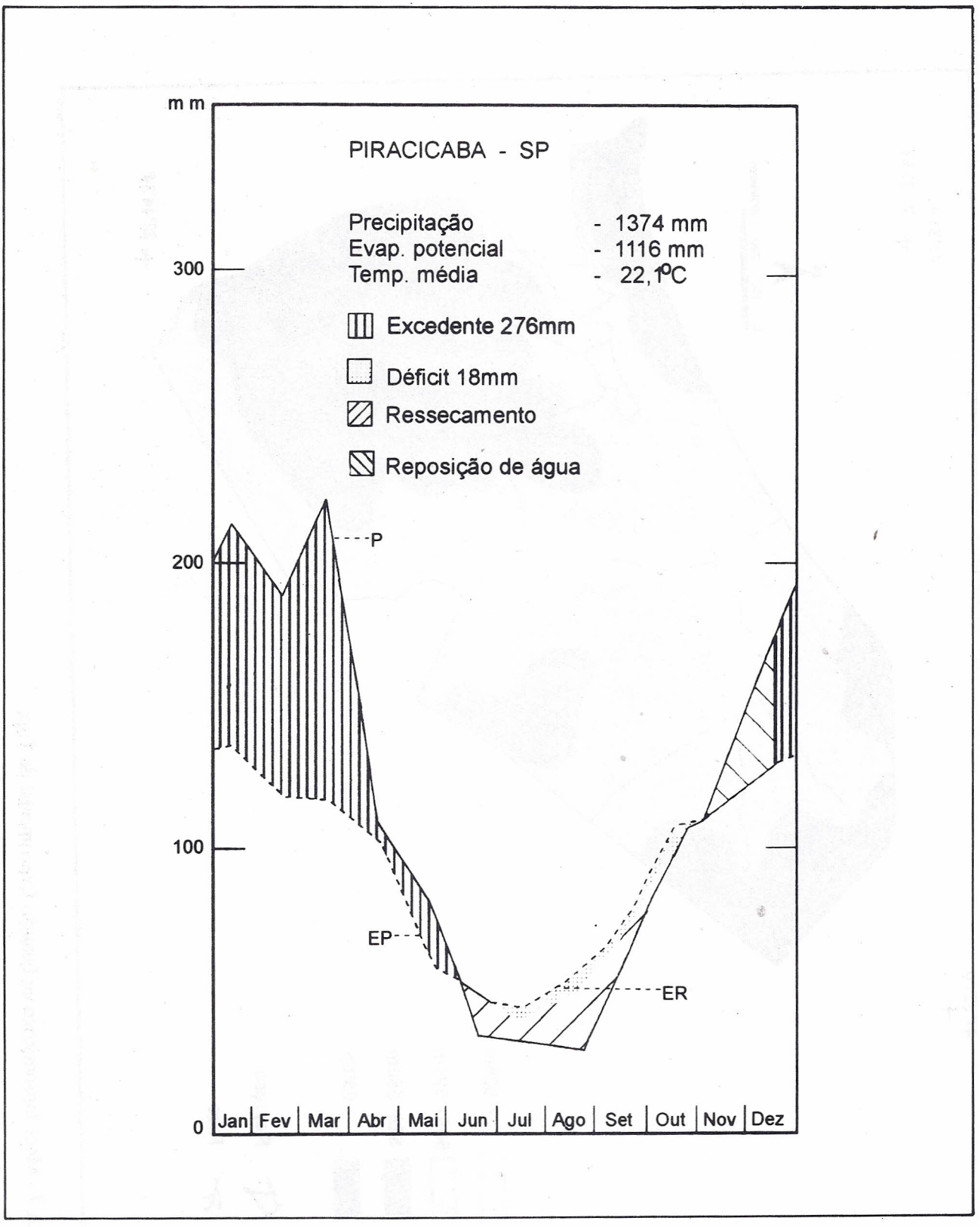


FIGURA 6 - Gráfico do balanço hídrico, segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955), da região de Piracicaba, SP.

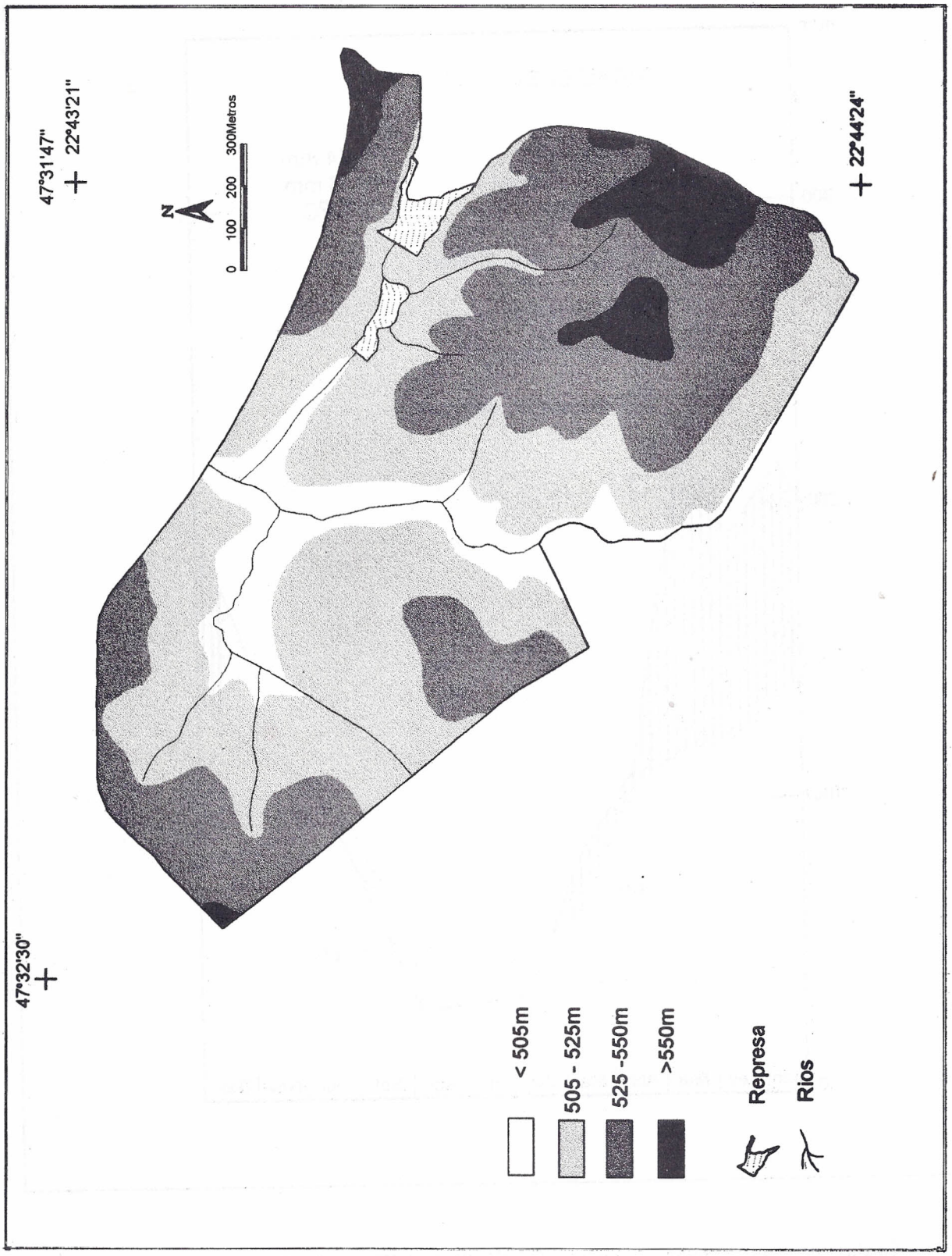


FIGURA 7 - Mapa hipsométrico da Estação Experimental de Tupi.

Na FIGURA 8, o mapa de declividade mostra que a área, com relevo suave ondulado, possui, em geral, declividades inferiores a 12%. Alguns locais à NE apresentam declives acima de 30%, em áreas com Associações de solos (PV3 e Li) e que portanto, podem oferecer alguma restrição ao uso recreativo, concordando com SILVA & PFEIFER (1989). Desta forma, a declividade das áreas próximas à margem direita da primeira barragem (independente do tipo de solo), é o principal fator limitante, com restrições muito severas à instalação de áreas para jogos de recreação e de piquenique, além de apresentar restrições moderadas para a abertura de trilhas e caminhos.

Os riachos, que formam as duas barragens da área de estudo, entalham mais profundamente as rochas sedimentares das formações Itararé e Tatuí, expondo as suas diferentes litofácies. As vertentes apresentam maior declividade e os vales são, por conseguinte, mais encaixados, com corredeiras e pequenas quedas d'água, de grande beleza cênica e portanto, próprias para visualização em caminhadas monitoradas. Leques aluviais são observados na foz desses riachos. Canais temporários aparecem em toda a área apresentando geralmente, vales abertos e ocorrem ainda, algumas nascentes próximas à cota de 525 metros.

Os principais riachos formadores da primeira barragem possuem suas nascentes fora da área de estudo. Por este motivo, recomenda-se a ampliação da área da Estação Experimental, de modo a englobar as bacias hidrográficas desses riachos ou, conscientizar os proprietários locais no sentido de que utilizem práticas conservacionistas no manejo dos solos, recuperando as matas ciliares a fim de proteger as cabeceiras de drenagem. Interagindo assim, procura-se garantir a perenidade e a qualidade da água dos riachos que deságuam na barragem.

Verifica-se na área a ocorrência de vários sulcos erosivos ao longo dos caminhos e aceiros, provavelmente, resultantes do escoamento superficial concentrado. Além dos processos de erosão linear, os processos de erosão em lençol são muito ativos e diminuem a espessura do solo (VIDAL TORRADO, 1994). Fenômenos de rastejo são observados com freqüência nas vertentes de maior declividade. Há ainda, duas pequenas áreas de empréstimo, com solo exposto, de onde se retira material utilizado para a conservação de estradas. A partir destas observações, recomenda-se continuar a conservação dos aceiros e caminhos, porém, deve-se suspender a retirada de material das áreas de empréstimos e promover a recuperação das mesmas, evitando-se o desenvolvimento de processos erosivos e o assoreamento das bacias de drenagem, o que concorda com as conclusões de PENTEADO (1976), nas quais a modificação ou retirada da cobertura vegetal deixa os solos desprotegidos e expostos aos agentes de erosão. Deste modo, a esculturação do relevo processa-se de forma acelerada, com a degradação das vertentes, aumento do volume d'água escoada na superfície, aumento da contribuição sólida e o aprofundamento dos talvegues.

De acordo com as sugestões de MONTGOMERY & EDMINSTER (1966) e adaptações para os solos do Estado de São Paulo de PFEIFER *et al.* (1981), são apresentadas nas TABELAS 2 a 5 as características predominantes e limitantes de cada unidade de mapeamento, bem como as restrições que as mesmas oferecem ou impõem para a abertura de áreas para jogos de recreação, áreas de piquenique e áreas para implantação de caminhos e trilhas de interpretação, que os programas de educação ambiental do plano de manejo da área possam vir a propor.

Observando as referidas tabelas pode-se notar que os solos PE2 e PV1 não oferecem restrições severas para a implantação de qualquer atividade recreativa.

Os demais tipos de solos apresentam características que impõem algum tipo de limitação ao manejo como:

- a drenagem para o Li, C e G apresenta severa restrição para a implantação de qualquer tipo de atividade recreativa em suas áreas de ocorrência;
- a profundidade para o Li e C apresenta severa limitação para a implantação de áreas para piquenique, assim como para áreas de jogos;
- a declividade para PV2, PV3 e localmente em Li é muito severa para a implantação de áreas para piquenique;
- a rochosidade para o Li apresenta severa limitação para área de jogos de recreação;
- a pedregosidade para Li e C apresenta moderada a severa restrição à implantação de qualquer atividade recreativa, e
- a textura superficial para o PV2 também apresenta severa limitação à implantação de todo e qualquer tipo de atividade recreativa.

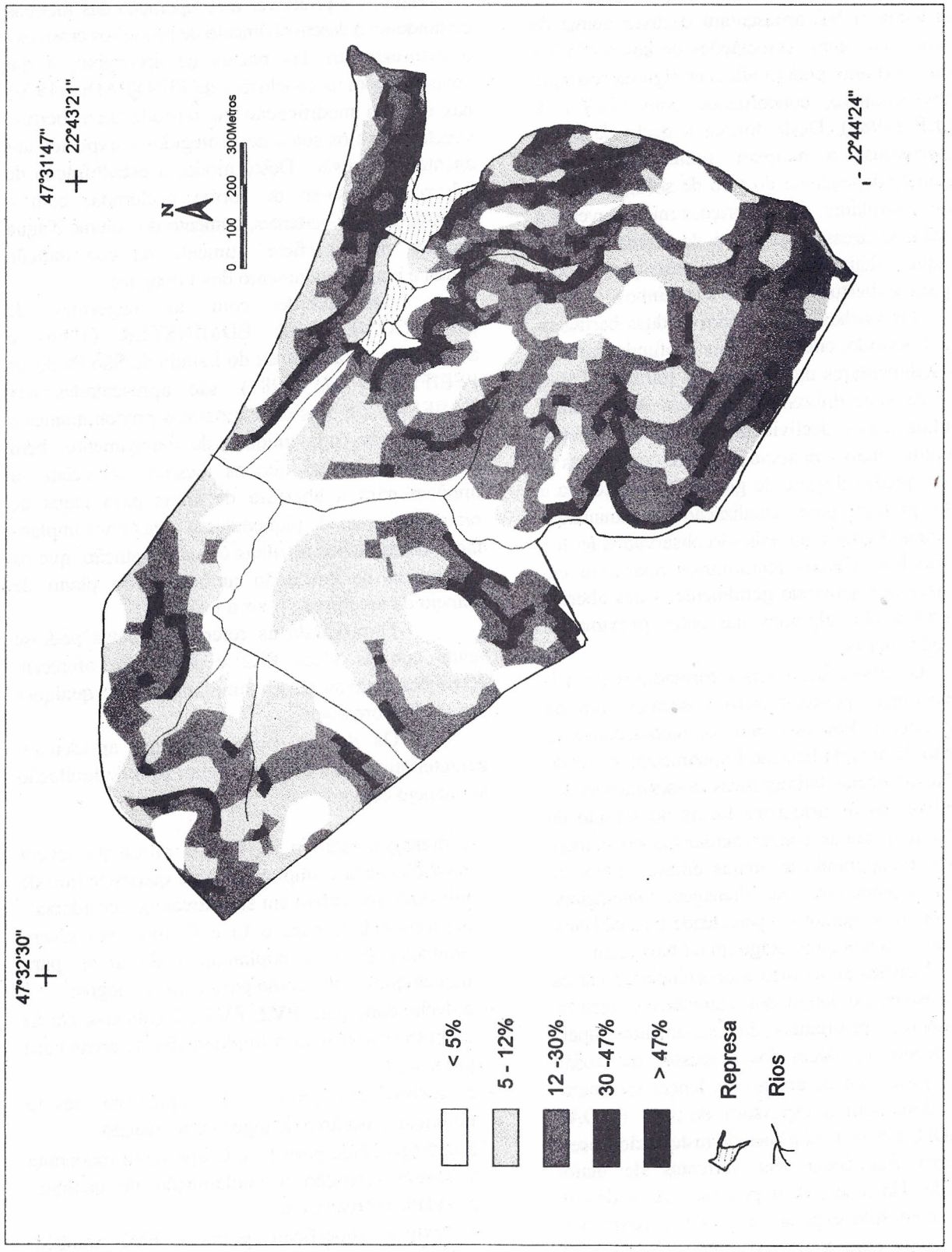


FIGURA 8 - Mapa de declividade da Estação Experimental de Tupi.

TABELA 2 - Características predominantes e limitantes de cada unidade de solo da Estação Experimental de Tupi, SP.

Característica dos solos	UNIDADES DE SOLO						
	PE2	PV1	PV2	PV3	Li	C	G
Drenagem	moderadamente bem drenado	moderadamente bem drenado	moderadamente bem drenado	moderadamente bem drenado	imperfeita	imperfeita	mal drenado
Profundidade	profundo	profundo	profundo	profundo	pouco profundo	pouco profundo	pouco profundo
Declividade	< 12%	< 12%	> 12%	30 - 47%	< 12% e localmente > 30%	< 5%	< 5%
Rochosidade	não rochoso	não rochoso	não rochoso	não rochoso	moderadamente rochoso	não rochoso	não rochoso
Pedregosidade	não pedregoso	não pedregoso	não pedregoso	não pedregoso	moderadamente pedregoso	moderadamente pedregoso	não pedregoso
Textura superficial	textura média	fino arenoso	fino arenoso barrenta e barrenta	arenosa média	arenosa média	média argilosa	variável

TABELA 3 - Grau de restrição dos solos da Estação Experimental de Tupi, SP, para jogos de recreação.

Característica dos solos	GRAUS DE LIMITAÇÃO						
	PE2	PV1	PV2	PV3	Li	C	G
Drenagem	moderado	moderado	moderado	moderado	severa	severa	severa
Profundidade	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	severa	severa	nenhuma a ligeira
Declividade	moderada	moderada	muito severa	muito severa	moderada e localmente muito severa	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira
Rochosidade	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	severa	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira
Pedregosidade	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	moderada a severa	moderada a severa	nenhuma a ligeira
Textura superficial	moderada	nenhuma a ligeira	severa	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	moderada	variável

TABELA 4 - Grau de restrição dos solos da Estação Experimental de Tupi, SP, para piquenique.

Característica dos solos	GRAUS DE LIMITAÇÃO						
	PE2	PV1	PV2	PV3	Li	C	G
Drenagem	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	severa	severa	muito severa
Profundidade	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	severa	moderada	nenhuma a ligeira
Declividade	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	severa	muito severa	nenhuma a ligeira e localmente muito severa	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira
Rochosidade	nenhuma	nenhuma	nenhuma	nenhuma	moderada	nenhuma	nenhuma
Pedregosidade	nenhuma	nenhuma	nenhuma	nenhuma	moderada	moderada	nenhuma
Textura superficial	moderada	nenhuma a ligeira	severa	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	moderada	variável

TABELA 5 - Grau de restrição dos solos da Estação Experimental de Tupi, SP, para caminhos e trilhas.

Característica dos solos	GRAUS DE LIMITAÇÃO						
	PE2	PV1	PV2	PV3	Li	C	G
Drenagem	ligeira	ligeira	ligeira	ligeira	severa	severa	severa
Profundidade	nenhuma	nenhuma	nenhuma	nenhuma	moderada	ligeira	moderada
Declividade	ligeira	ligeira	moderada	moderada	ligeira e localmente severa	nenhuma	nenhuma
Rochosidade	nenhuma	nenhuma	nenhuma	nenhuma	ligeira	nenhuma	nenhuma
Pedregosidade	nenhuma	nenhuma	nenhuma	nenhuma	moderada	moderada	nenhuma
Textura superficial	moderada	nenhuma a ligeira	severa	nenhuma a ligeira	nenhuma a ligeira	moderada	variável

Assim sendo, as áreas onde ocorrem o PV1 e PE2, são propícias a instalação de qualquer tipo de uso ou atividade, não fosse a tradição do Horto de Tupi ser destinada à experimentação com essências exóticas e nativas. Portanto, para as demais áreas de ocorrência de outros tipos de solos, deve-se tomar certos cuidados com as atividades que possam vir a ser implantadas, devido às limitações impostas pelas características das unidades de mapeamento.

Observando os graus de restrições impostos pelas características dos solos mapeados e do meio biofísico, o zoneamento de uso das terras da Estação Experimental de Tupi é apresentado na FIGURA 9.

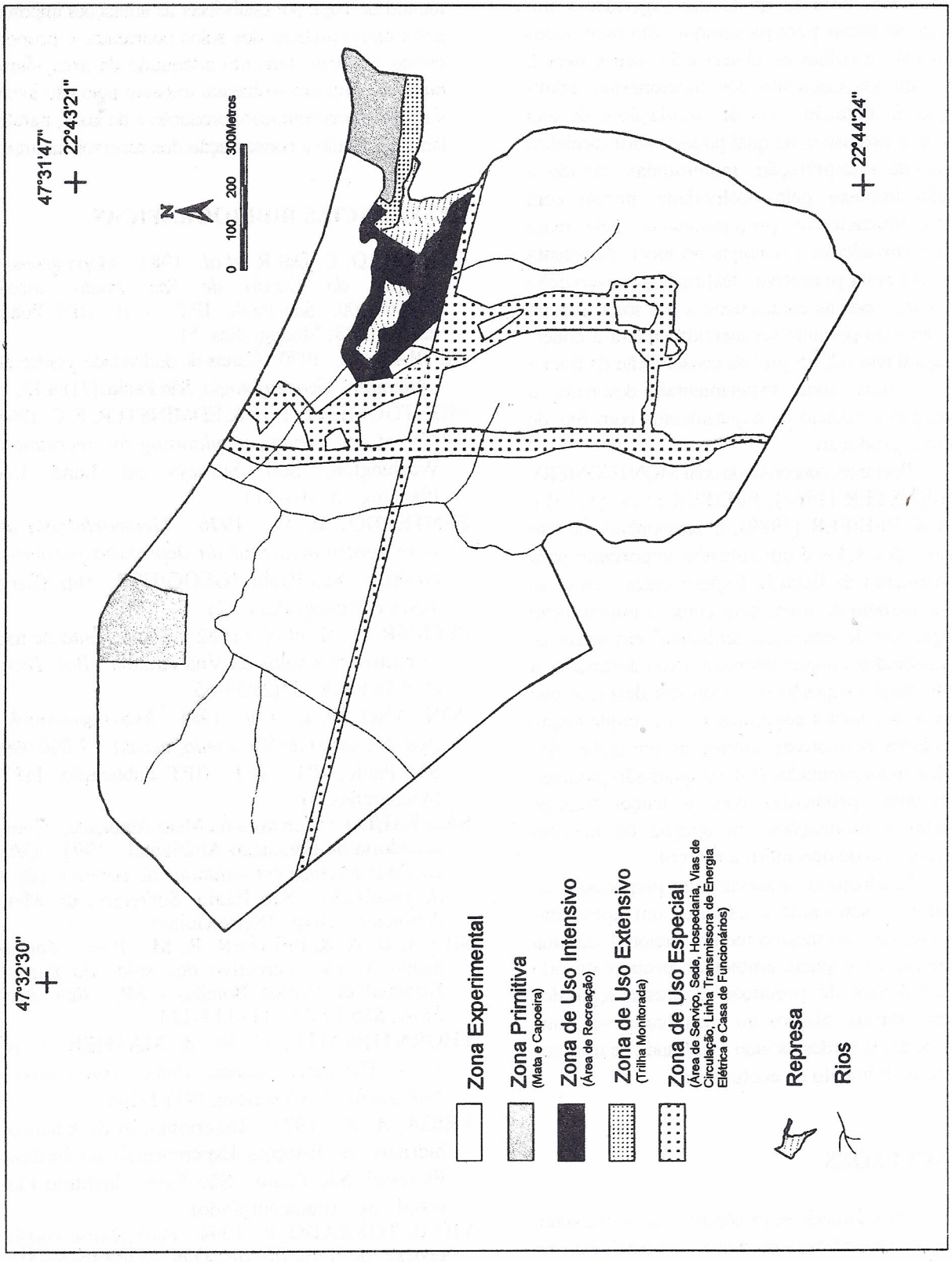


FIGURA 9 - Zoneamento de uso das terras da Estação Experimental de Tupi.

Analisando a figura, nota-se que o zoneamento apresenta indicações de áreas passíveis de: **uso intensivo**, para as quais são sugeridas a implantação de locais para piquenique, camping, jogos de recreação e trilhas de observação; **uso especial**, passível do assentamento dos funcionários, administração da Estação, vias de circulação e de alta tensão; **uso extensivo**, na qual pode-se abrir caminhos e trilhas de interpretação, monitoradas, devido à limitação imposta pela declividade, porém com aspectos educacionais proporcionados pela mata natural e corredeiras existentes no local. Apresenta ainda, uma **zona primitiva**, destinada a preservação permanente, onde as características dos solos limitam o uso, devendo portanto ser mantida intacta a cobertura vegetal natural, em prol da conservação da flora e fauna, e, uma **zona experimental**, destinada à implantação e manejo de experimentos com fins de pesquisa e produção.

Portanto, concordando com MONTGOMERY & EDMINSTER (1966), PFEIFER *et al.* (1981) e SILVA & PFEIFER (1989), o zoneamento de uso recreativo dos solos é um subsídio importante para o planejamento da Estação Experimental, isto é, ao plano de manejo da área, bem como à implantação de programas de educação ambiental em áreas de lazer, instalados conjuntamente à áreas destinadas a experimentação e pesquisas. Convém destacar que a maioria dos locais sugeridos para a implantação de atividades recreativas elimina as limitações dos gleissolos indiscriminados (G), os quais são passíveis de apresentar problemas com o lençol freático superficial e inundações em épocas de maiores cheias (período de dezembro a março).

Finalizando, o zoneamento proporciona ao planejador, pesquisador e usuário, um aproveitamento integral e ao mesmo tempo, racional, de uma área. Diminui o impacto ambiental, proporcionando ainda condições de produção e preservação dos recursos naturais, aliados ao lazer (cada vez mais carente de áreas verdes, devido à demanda de usuários e ao desenvolvimento de ecoturismo).

4 CONCLUSÕES

Considerando-se os objetivos deste trabalho, as condições específicas sob as quais foi conduzido, os resultados obtidos e interpretados com a metodologia utilizada permitiu chegar à seguinte conclusão:

– o zoneamento do uso das terras é um subsídio importante para o plano de manejo da Estação Experimental de Tupi, por estabelecer as limitações impostas pelas características dos solos ocorrentes e proporcionar o aproveitamento adequado da área, diminuindo o impacto ambiental imposto pelo uso intensivo da experimentação, produção e do lazer, paralelamente, aliado à conservação dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARNEIRO, C. Dal R. *et al.* 1981. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo; escala 1:1.000.000.* São Paulo, IPT. v. II. (IPT Publicação, 1183; Monografias, 5)

DE BIASI, M. 1970. Cartas de declividade: confecção e utilização. *Geomorfologia*, São Paulo, (21):8:13.

MONTGOMERY, P. H. & EDMINSTER, F. C. 1966. *Use of soil surveys in planning for recreation.* Washington, Soil Surveys ad Land Use Planning. p. 104-111.

PENTEADO, M. M. 1976. *Geomorfologia do setor centro-ocidental da depressão periférica paulista.* São Paulo, IGEOG/USP. 86p. (Série Teses e Monografias, 22)

PFEIFER, R. M. *et al.* 1982. Zoneamento de uso recreativo dos solos da Vila Amália. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, *35*(2):53-65.

PONÇANO, W. L. *et al.* 1981. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo; escala 1:1.000.000.* São Paulo, IPT. v. I. (IPT Publicação, 1183; Monografias, 5)

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. 1991. *Educação ambiental em unidades de conservação e de produção.* São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 104p. (Série Guias)

SILVA, D. A. & PFEIFER, R. M. 1989. Zoneamento de uso recreativo dos solos do Parque Estadual de Carlos Botelho - SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *1*(1):117-133.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. 1955. The water balance. *Pubs. Clim. Drexel - Inst. Technol.*, Centerton, *8*(1):1-104.

VEIGA, A. A. 1975. Determinação de balanços hídricos nas Estações Experimentais do Instituto Florestal, São Paulo. São Paulo, Instituto Florestal. 3p. (mimeografado)

VIDAL TORRADO, P. 1994. *Pedogênese morfogênese no Distrito de Tupi (Piracicaba-SP).* Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 169p. (Tese de Doutorado)

BALANÇO HÍDRICO DE DUAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NO LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL WALTER EMMERICH, SÃO PAULO*

Francisco Carlos Soriano ARCOVA**
Walter de Paula LIMA***
Valdir de CICCO**

RESUMO

O balanço hídrico das microbacias hidrográficas experimentais B e D do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich foi estudado para um período de seis anos. Os componentes determinados foram a precipitação e o deflúvio anual. Pela diferença entre ambos estimou-se a evapotranspiração, desconsiderando-se as variações de armazenamento de água no solo. A média anual da precipitação, do deflúvio e da evapotranspiração foram, respectivamente - microbacia B: 2013 mm, 1473 mm e 540 mm; microbacia D: 2159 mm, 1555 mm e 604 mm. Os resultados mostram que a floresta secundária de Mata Atlântica é conservativa em termos de consumo de água.

Palavras-chave: microbacias; balanço hídrico; evapotranspiração; hidrologia florestal; Mata Atlântica.

ABSTRACT

The water balance of B and D experimental watersheds in "Walter Emmerich Hydrologic Laboratory" was studied considering a period of six years. The measured components were annual precipitation and streamflow. From the difference between them it was estimated the evapotranspiration, neglecting the changes in soil moisture storage. The mean annual precipitation, streamflow and evapotranspiration, were respectively - B watershed: 2,013 mm, 1,473 mm and 540 mm; D watershed: 2,159 mm, 1,555 mm and 604 mm. The results demonstrates that Mata Atlântica forest is conservative in terms of water consumption.

Key words: small watersheds; water balance; evapotranspiration; forest hydrology; Mata Atlântica.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação da humanidade frente a escassez iminente dos recursos hídricos e do conseqüente comprometimento do desenvolvimento econômico e social, faz-se presente de forma intensa nos nossos dias, a ponto de a "Agenda 21", documento base da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, dedicar um capítulo inteiro sobre o assunto.

As modificações no ambiente natural, com as transformações de florestas em cidades ou campos de agricultura e pastagem, contribuem para a alteração do ciclo hidrológico de bacias hidrográficas, agravando a situação acima exposta.

As porções altas do Vale do Paraíba apresentam relevo montanhoso e sofrem um processo gradativo de depauperamento de seus solos, em função do uso inadequado. Historicamente, ao substituir-se a vegetação florestal natural pelo cultivo de cultura de café e, posteriormente, pelo uso na pecuária extensiva de leite com baixa produtividade, presente até nossos dias. Como conseqüência, estas áreas encontram-se em adiantado estágio de degradação, com acentuados processos erosivos e movimentos de solos, que provocam a sedimentação e assoreamento de cursos de água e reservatórios, mudança do regime de descarga dos rios e a deterioração da qualidade da água para diversos fins, comprometendo assim seus recursos hídricos.

O aproveitamento sustentado dos recursos hídricos gerados na região requer informações básicas sobre o comportamento da água nas suas microbacias e sobre os fatores que o influenciam, como clima, tipo de vegetação, solo, geologia e intervenções antrópicas.

(*) Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada em 19/12/96 à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- USP, Piracicaba e aceito para publicação em abril de 1998.
(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.
(***) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Florestais - USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

Pesquisas sobre os mecanismos do ciclo hidrológico em microbacias florestadas nesta região são conduzidas desde 1982, com a instalação do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, do Instituto Florestal de São Paulo. Estudos sobre o balanço hídrico, o processo de interceptação das chuvas pela floresta, dinâmica da água no solo, dentre outros, têm produzido informações sobre a hidrologia da área (CICCO *et al.*, 1985a; 1985b; 1986/88; 1989; CARVALHO *et al.*, 1992; CICCO & FUJIEDA, 1992 e FUJIEDA *et al.*, 1993).

Todo estudo que envolve as relações floresta-recursos hídricos tem como ponto de partida a realização do balanço hídrico, estimando seus principais componentes. Do menor vale a maior bacia hidrográfica, sempre existe uma discreta área do terreno que recebe a água da chuva, evapora parte desta e produz a diferença como deflúvio ou recarga de água subterrânea (HEWLETT, 1982).

Uma microbacia instrumentada para a medição da precipitação e do deflúvio pode ser considerada como um grande lisímetro. Pela diferença entre estes dois componentes do ciclo hidrológico é possível estimar a evapotranspiração para qualquer período no qual o armazenamento de água inicial é igual ao final, isto é, a variação de armazenamento de água na bacia seja nula. Esta restrição freqüentemente possibilita o uso de bacias hidrográficas apenas para a estimativa da evapotranspiração de valores anuais (FEDERER, 1975). O período utilizado para tanto é aquele correspondente ao do ano hídrico.

Para que uma microbacia possa ser utilizada na determinação do balanço hídrico, é necessário que todos fluxos de água estejam sob controle, ou seja, que não haja possibilidades de vazamentos. Conforme LEE (1980), uma bacia hidrográfica pode estar sujeita a vazamentos de água de dentro para fora da bacia, como de outra bacia vizinha para o interior da bacia experimental. Outra possibilidade é a ocorrência de falhas no substrato rochoso da área.

A existência de vazamentos pode resultar na subestimativa ou superestimativa do deflúvio e conseqüentemente em erros na determinação da evapotranspiração. O emprego de microbacias experimentais com vazamento é um problema real na interpretação de dados de consumo de água pela vegetação, conforme constatado por BRUIJNZEEL (1990). O autor menciona que muito da grande variação de resultados de evapotranspiração determinada em florestas tropicais, deve-se a vazamentos nas bacias hidrográficas utilizadas.

No contexto do balanço hídrico, o conhecimento das taxas anuais de evapotranspiração é de grande importância, uma vez que o rendimento hídrico de uma bacia hidrográfica é afetado pelo consumo total de água pela vegetação. Este componente do balanço pode mesmo suplantar a produção de água da bacia.

Resultados de estudos de evapotranspiração levantados por BRUIJNZEEL (1990) mostram uma grande amplitude de valores para florestas tropicais. Em geral, tanto para florestas de baixas altitudes quanto para florestas de montanha, as perdas anuais pela evapotranspiração ultrapassam a 1000 mm. No primeiro caso a média está próxima de 1400 mm. Para regiões de maiores altitudes a evapotranspiração tende a ser menor, em termos médios da ordem de 1200 mm.

LIMA (1993) analisando dados de balanço hídrico de microbacias em diversas regiões, observa que em regiões tropicais a evapotranspiração atinge um valor médio ao redor de 1500 mm/ano, e que florestas naturais de folhosas mistas de clima temperado, tendem a apresentar uma taxa média anual de evapotranspiração entre 1000 mm e 1100 mm, sob precipitação anual superior a 1500 mm.

O objetivo do presente estudo é determinar o balanço hídrico médio das microbacias B e D para um período de seis anos, estimando as perdas evaporativas anuais pela vegetação de Mata Atlântica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características do Meio Biofísico da Área de Estudo

O Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich está situado no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, Município de Cunha, no limite entre a Serra do Mar e o Planalto Atlântico, no Estado de São Paulo. Dista aproximadamente 170 km da capital paulista e 15 km do Oceano Atlântico. Está localizado entre os paralelos 23° 13' e 23° 16' de Latitude Sul e os meridianos 45° 02' e 45° 05' de Longitude Oeste de Greenwich.

A área abrange uma parte do alto ao médio vale do rio Paraibuna, pertencente ao planalto de Paraitinga, no Planalto Atlântico. As nascentes do rio Paraibuna localizam-se a sudeste da cidade de Cunha, em compartimento mais interiorizado da Serra do Mar, em altitudes variando entre 1.300 m e 1.600 m (FURIAN, 1987).

Com área de 36,68 ha e 56,04 ha, as microbacias B e D distam aproximadamente 3 quilômetros entre si, sendo seus cursos de água tributários do rio Paraibuna (FIGURA 1).

O relevo da região é montanhoso, apresentando fortes oscilações topográficas, onde predominam altitudes superiores a 1.000 m e declividades de encostas acima de 15° (FURIAN & PFEIFER, 1986).

Os solos da região são predominantemente Latossolos e Cambissolos Álicos. FURIAN & PFEIFER (1986) classificam os solos do Laboratório como Latossolo Vermelho Amarelo Fase Rasa, provenientes de rochas duras, orientadas e de difícil decomposição, como gnaisses, migmatitos e granitos.

As microbacias apresentam cobertura natural secundária de Mata Atlântica, resultado de exploração ocorrida há aproximadamente 45 anos. Há remanescentes de vegetação primária nos terrenos de maior declividade. O. T. Aguiar (comunicação pessoal) amostrou 102 espécies arbóreas e/ou arbustivas, pertencentes a 65 gêneros e 38 famílias, das quais se destacam Myrtaceae, Lauraceae, Solanaceae, Asteraceae e Melastomaceae.

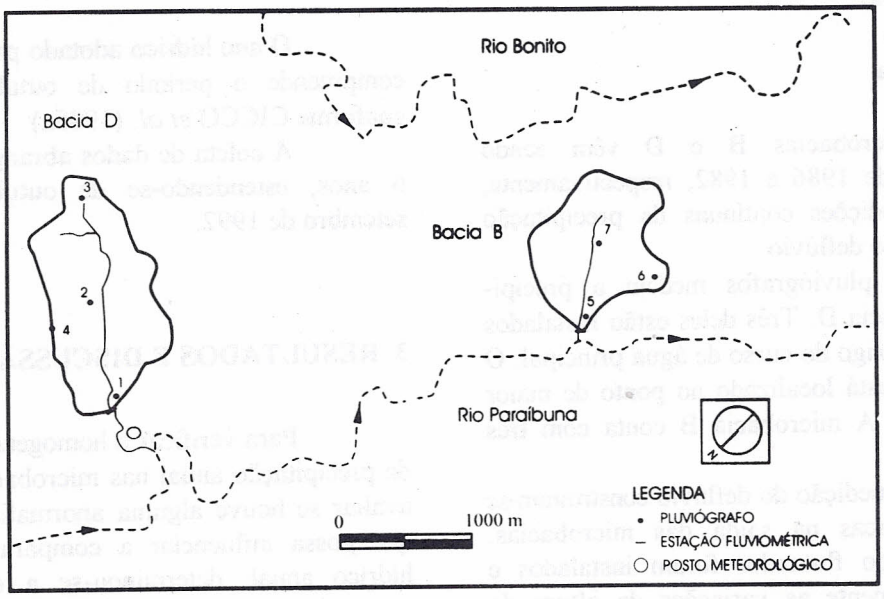


FIGURA 1 - Localização das microbacias B e D.

Massas de ar equatoriais e tropicais imprimem à área uma dinâmica climática caracterizada por um clima úmido, com fortes influências da altitude e dos efeitos orográficos da Serra do Mar (FURIAN, 1987).

A precipitação média anual de 12 anos, período compreendido entre outubro de 1982 a setembro de 1994, é de 2.241 mm, com valores extremos de 1.815 mm e 3.088 mm. O maior valor ocorreu em função de uma chuva de 430 mm em 24 horas, registrada entre os dias 23 e 24 de janeiro de 1985.

Com relação às chuvas locais, o ano pode ser dividido em um período caracterizado como úmido, que se estende de outubro a março (estação chuvosa) e um período caracterizado como seco ou pouco úmido, compreendendo os meses de abril a setembro.

Os tipos de precipitação são distintos em função da época do ano. As chuvas no período úmido são freqüentemente fortes e podem estar associadas a trovoadas, enquanto na estação seca ocorrem chuvas uniformes que podem se estender por todo o dia (JICA, 1986).

A temperatura média anual do ar é de 15,5 °C (média de 10 anos). As maiores temperaturas ocorrem em fevereiro, sendo julho o mês mais frio. Valores negativos podem ser registrados em alguns dias, durante os meses de junho e julho. As temperaturas médias de inverno e de verão estão em torno de 10 °C e 22 °C, respectivamente.

A umidade relativa média mensal do ar está entre 80% a 85% na estação chuvosa, sendo inferior a 80% para o restante do ano. Os ventos locais são fracos sendo a freqüência de dias calmos correspondente a 50% do período observado (JICA, 1986). A ocorrência de nevoeiros densos é freqüente. Normalmente se iniciam no começo da tarde, estendendo noite adentro, envolvendo toda a área do laboratório.

2.2 Metodologia

As microbacias B e D vêm sendo monitoradas desde 1986 e 1982, respectivamente, por meio de medições contínuas da precipitação pluviométrica e do deflúvio.

Quatro pluviógrafos medem a precipitação na microbacia D. Três deles estão instalados em clareiras ao longo do curso de água principal. O quarto aparelho está localizado no ponto de maior altitude da área. A microbacia B conta com três pluviógrafos.

Para a medição do deflúvio construíram-se estações linimétricas na saída das microbacias. Linígrafos do tipo flutuador foram instalados e medem continuamente as variações da altura da lâmina de água nos vertedores de cada estação.

A conversão dos valores de altura da lâmina da água em descarga das microbacias B e D é realizada por meio da curva chave dos vertedores, conforme as equações 1 e 2:

$$Q = 0{,}0180 \cdot (H)^{2{,}4887} \quad \text{.....(1)}$$

$$Q = 2{,}9148 \cdot (H)^{1{,}6983} \quad \text{.....(2)}$$

onde,

Q = descarga (vazão) em litros/segundo;

H = altura da lâmina da água em centímetros.

Considerando que as microbacias B e D não apresentam vazamentos e tomando o período de 12 meses do ano hidrológico, o balanço hídrico anual é determinado pela equação 3:

$$P = Q + ET \quad \text{.....(3)}$$

onde,

P = quantidade de precipitação (mm);

Q = deflúvio (mm);

ET = evapotranspiração (mm).

O ano hídrico adotado para o Laboratório compreende o período de outubro a setembro, conforme CICCO *et al.* (1985a).

A coleta de dados abrange um período de 6 anos, estendendo-se de outubro de 1986 a setembro de 1992.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificar a homogeneidade dos dados de precipitação anual nas microbacias, isto é, para avaliar se houve alguma anormalidade no período que possa influenciar a comparação do balanço hídrico anual, determinou-se a curva de dupla massa deste parâmetro hidrológico (FIGURA 2).

Uma avaliação visual do gráfico sugere uma elevada consistência da precipitação entre as duas áreas. Os dados acumulados da precipitação anual de uma microbacia versus os dados acumulados da mesma variável da outra microbacia alinham-se linearmente, não havendo qualquer alteração da inclinação da reta que poderia ser causada por mudanças na relação das variáveis.

Portanto, as duas microbacias apresentam registros anuais de precipitação com adequada consistência para a realização de estudos hidrológicos comparativos. Também, não se detecta qualquer mudança natural de comportamento entre as duas microbacias ano após ano para este parâmetro.

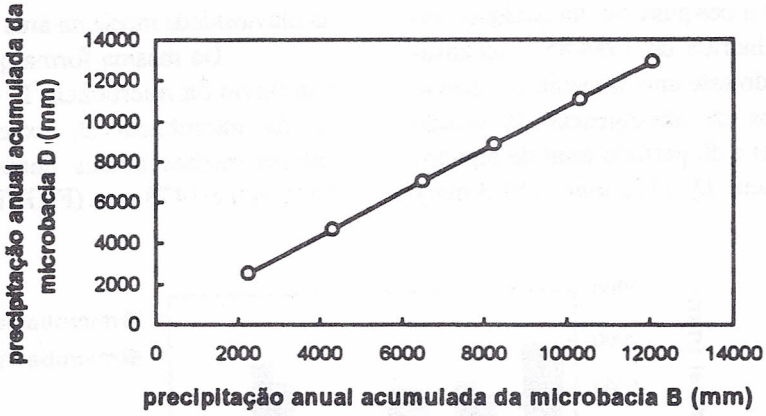


FIGURA 2 - Curva de dupla massa da precipitação anual das microbacias B e D.

A FIGURA 3 mostra a distribuição das precipitações anuais das microbacias. A microbacia D apresenta precipitação ligeiramente superior, não excedendo mais que 12% da precipitação da microbacia B. As médias anuais durante o período são 2159 mm e 2013 mm, respectivamente.

Observa-se uma grande variação entre anos úmidos e anos mais secos, com uma amplitude de 737 mm para a microbacia D e 515 mm para a microbacia B. O desvio padrão da média para a precipitação da microbacia B é de 201 mm e para a microbacia D é 272 mm, correspondendo a 10% e 13% dos valores médios, respectivamente.

A diferença de precipitação entre as duas microbacias é explicada parcialmente, pela localização das áreas em relação à proximidade do oceano e também em função dos efeitos orográficos da Serra do Mar. A microbacia D está localizada próxima do limite da Serra do Mar com o Planalto Atlântico. Conseqüentemente, esta bacia sofre intensamente os efeitos orográficos da Serra do Mar, recebendo diretamente massas de ar carregadas de umidade vindas do oceano. A microbacia B, ao contrário, está situada mais no interior do Planalto Atlântico. Nesta área, seu limite se faz com a bacia do rio Bonito, sendo os efeitos orográficos menos acentuados.

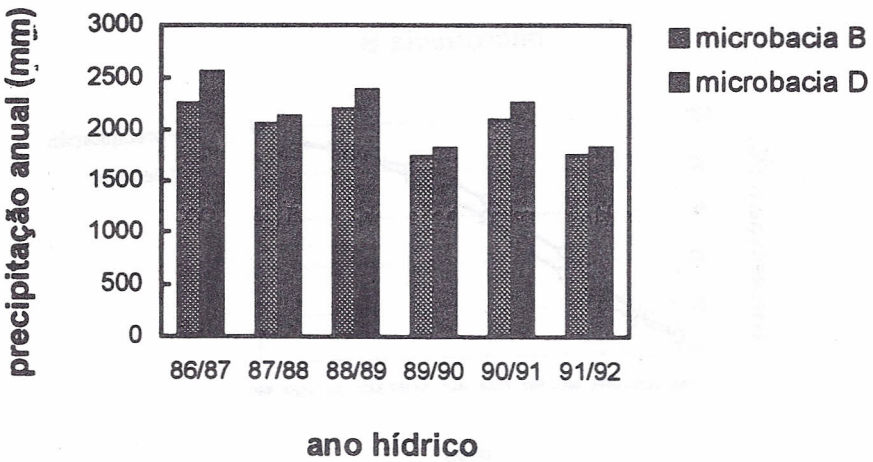


FIGURA 3 - Precipitação anual das microbacias B e D.

Em comparação com um período mais prolongado de registro de chuvas no laboratório verifica-se que durante a pesquisa não há qualquer ano atípico, como o ano hídrico de 1984/85, excessivamente úmido. Excluindo este ano, a média e o desvio padrão dos seis anos de abrangência do estudo (2159 mm; 271,5 mm) e do período total de registro de chuvas da microbacia D (2132 mm; 257,3 mm) são praticamente os mesmos. Portanto, o período de outubro de 1986 a setembro de 1992 é representativo da pluviosidade média da área experimental.

Da mesma forma que para a precipitação, o deflúvio da microbacia D é ligeiramente superior ao da microbacia B, excedendo-o em 7%. Os valores médios anuais durante o experimento são 1555 mm e 1473 mm (FIGURA 4).

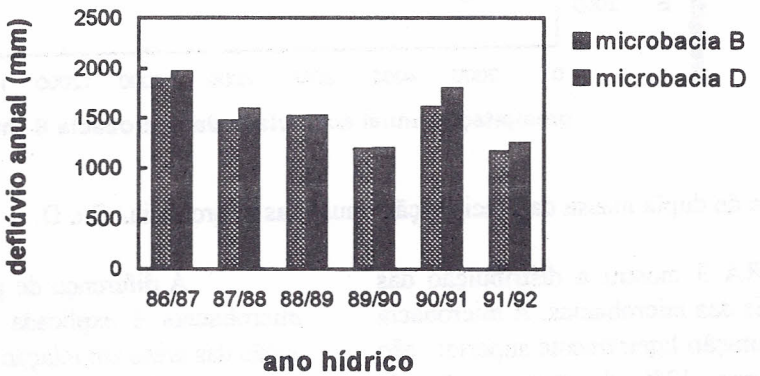


FIGURA 4 - Deflúvio anual das microbacias B e D.

As variações sazonais da precipitação e do deflúvio em ambas as áreas, expressas como percentual da precipitação e do deflúvio mensal acumulados, são ilustradas nas FIGURAS 5 e 6.

Aproximadamente 65% da precipitação ocorre durante a estação úmida, com o restante das chuvas alcançando as bacias no período seco. Quanto ao deflúvio, não há grande diferença no montante que deixa as bacias entre as duas épocas do ano. Cerca de 55% do volume total de água deixa as microbacias na estação das chuvas e 45% no período de menor precipitação.

As quantidades anuais de água evapotranspirada das áreas experimentais constam da FIGURA 7. Os valores médios são de 540 mm para a microbacia B e 604 mm para a microbacia D. É observada uma grande variação de ano para ano, com desvio padrão da média da ordem de 20%.

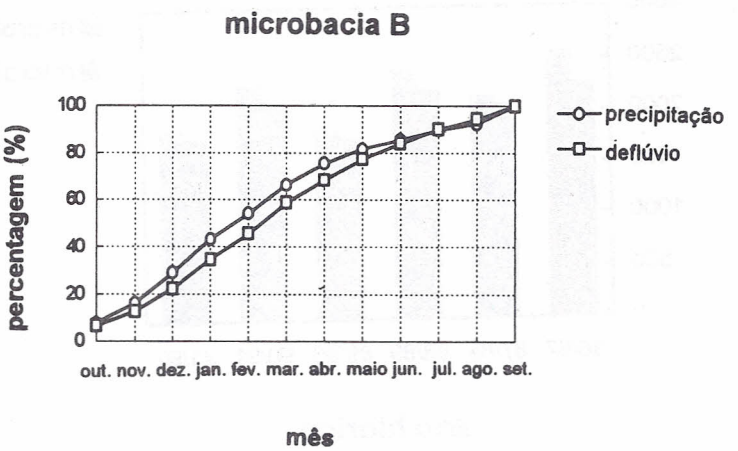


FIGURA 5 - Precipitação e deflúvio mensal médio acumulados, expressos como percentuais dos totais anuais da microbacia B.

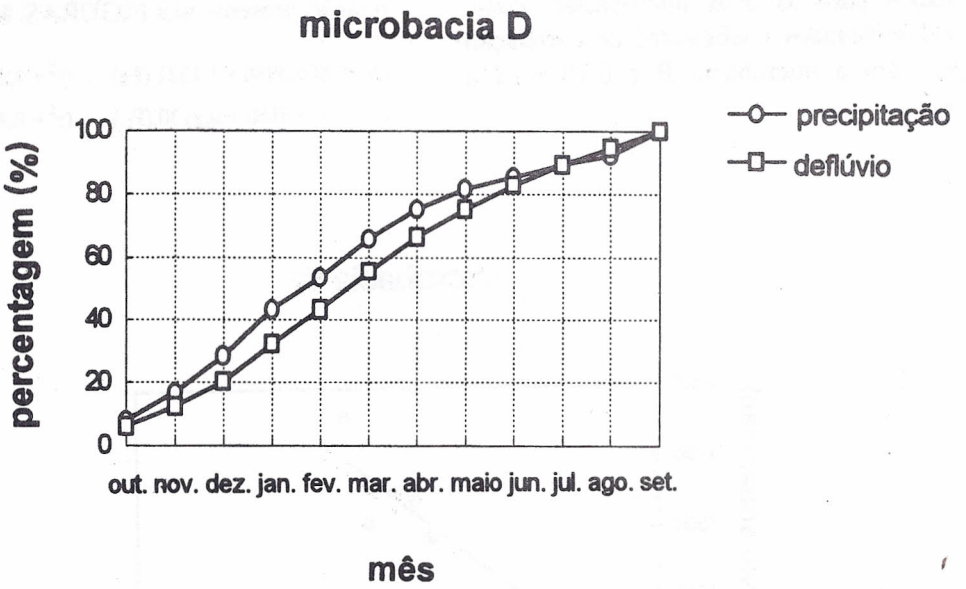


FIGURA 6 - Precipitação e deflúvio mensal médio acumulados, expressos como percentuais dos totais anuais da microbacia D.

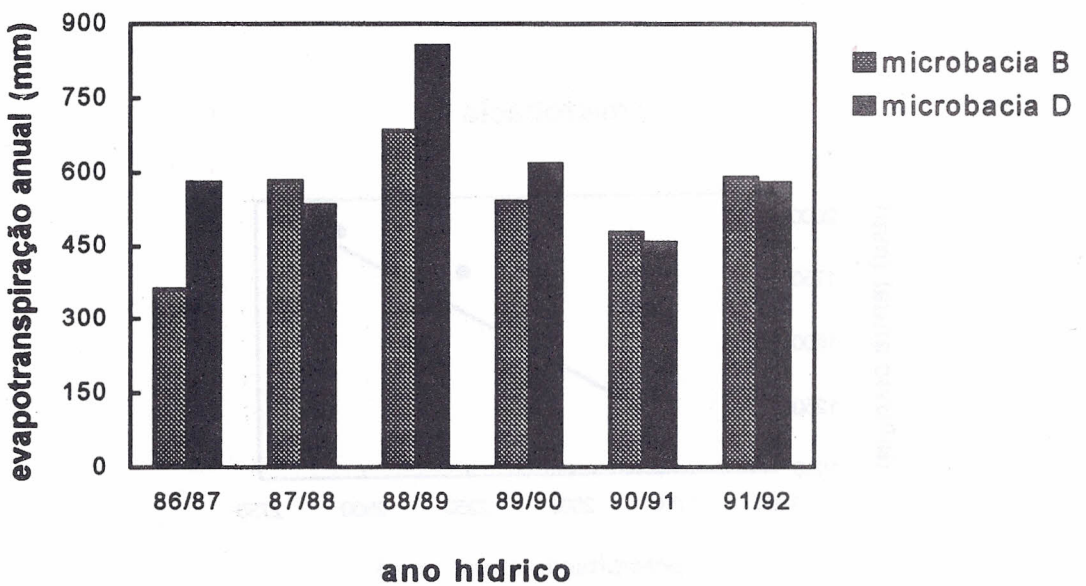


FIGURA 7 - Evapotranspiração anual das microbacias B e D.

Há uma clara tendência de aumento do deflúvio anual com a precipitação. Estes dois componentes do balanço hídrico são altamente correlacionados para as duas microbacias, como expresso pelos elevados coeficientes de correlação (r) de 0,92 para a microbacia B e 0,90 para a microbacia D.

O deflúvio e a precipitação anual das microbacias são relacionados linearmente pelas equações 4 e 5, com a representação gráfica desta relação presente nas FIGURAS 8 e 9.

$Q_B = -805{,}3936 + 1{,}1321.(P_B)$ $(r^2 = 0{,}8072)$.....(4)

$Q_D = -415{,}8160 + 0{,}9130.(P_D)$ $(r^2 = 0{,}8065)$.....(5)

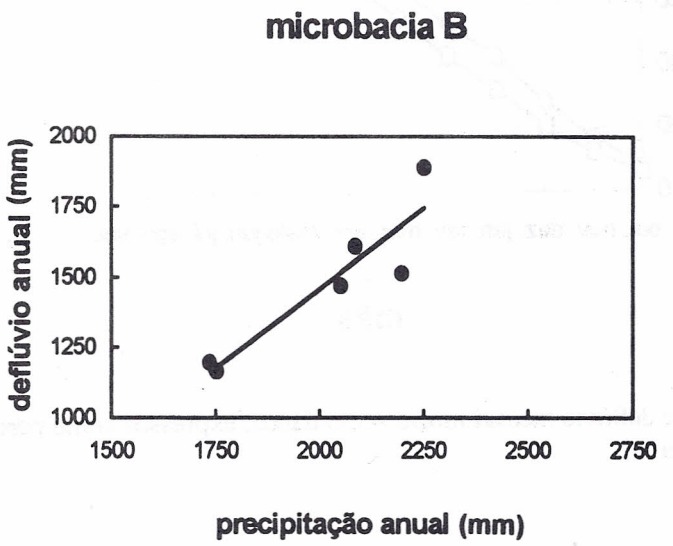


FIGURA 8 - Relação entre a precipitação e o deflúvio anual da microbacia B.

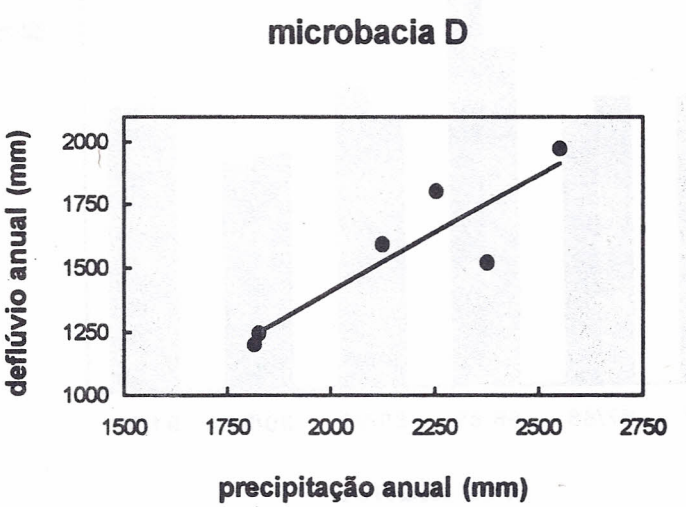


FIGURA 9 - Relação entre a precipitação e o deflúvio anual da microbacia D.

A evapotranspiração, por outro lado, mostra-se pouco correlacionada com a precipitação, isto é, não é percebida qualquer tendência de comportamento entre a entrada de água e as perdas evaporativas anuais (FIGURAS 10 e 11). Os coeficientes de correlação não superam o valor de 0,24 da microbacia B.

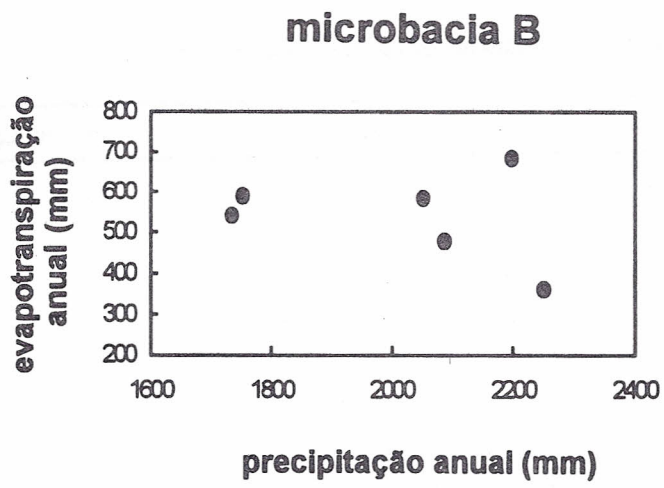


FIGURA 10 - Relação entre a precipitação e a evapotranspiração anual da microbacia B.

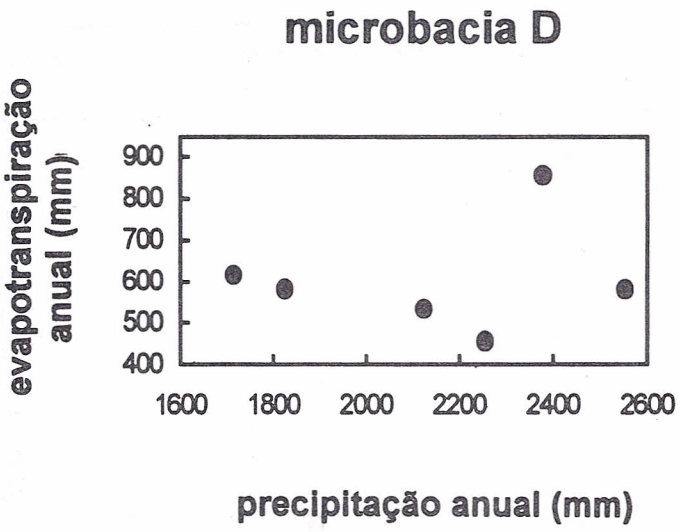


FIGURA 11 - Relação entre a precipitação e a evapotranspiração anual da microbacia D.

Uma síntese do balanço hídrico das microbacias é mostrada na TABELA 1. Em decorrência das baixas taxas evaporativas, da ordem de 30%, a produção hídrica na área é bastante elevada, com cerca de 70% de toda a água que chega às microbacias pelas chuvas, contribuindo para o deflúvio anual, confirmando resultados de trabalhos realizados anteriormente na microbacia D, (CICCO *et al.*, 1985a, CICCO *et al.*, 1985b e CICCO *et al.*, 1989).

Os resultados semelhantes das duas microbacias indicam que não ocorrem vazamentos significativos que possam influenciar na interpretação de dados de consumo de água pela vegetação e também de produção hídrica das microbacias, conforme ressaltado por LEE (1980) e BRUIJNZEEL (1990).

TABELA 1 - Balanço hídrico médio anual das microbacias B e D.

	mm +/- Sx	Percentagem do total (%)
Microbacia B		
Precipitação	2012,8 +/- 201,0	100,0
Deflúvio	1473,3 +/- 247,4	73,2
Evapotranspiração	539,5 +/- 100,7	26,8
Microbacia D		
Precipitação	2158,6 +/- 271,5	100,0
Deflúvio	1555,1 +/- 276,0	72,0
Evapotranspiração	603,5 +/- 123,7	28,0

As reduzidas perdas evaporativas das microbacias são confirmadas pela estimativa da evapotranspiração potencial da microbacia D, obtida pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955), a partir de 10 anos de dados, período compreendido entre outubro de 1982 a setembro de 1992 (TABELA 2).

TABELA 2 - Temperatura do ar, evapotranspiração potencial (THORNTHWAITE & MATHER, 1955) e precipitação da microbacia D.

Mês	Temperatura (°C)	Evapotranspiração potencial (mm)	Precipitação (mm)
outubro	16,2	63	167
novembro	17,9	76	193
dezembro	18,7	87	285
janeiro	20,1	97	351
fevereiro	19,8	82	248
março	19,4	83	298
abril	17,4	63	210
maio	15,2	49	122
junho	12,9	35	74
julho	12,2	34	82
agosto	13,2	40	68
setembro	14,4	48	178
Total		757	2276

A evapotranspiração anual média de 757 mm corresponde a 33% da precipitação, portanto, de uma ordem de grandeza bastante próxima da evapotranspiração estimada pelo método da bacia hidrográfica. Assim, pode-se inferir que as condições climáticas da região de Cunha são favoráveis para que as taxas de evapotranspiração local sejam baixas. Temperaturas pouco elevadas em boa parte do ano, alto teor de umidade relativa do ar e presença de nevoeiros intensos são fatores que devem contribuir para tal comportamento.

Comparativamente à grande parte dos resultados obtidos em regiões tropicais a evapotranspiração das microbacias B e D é significativamente menor, conforme resultados compilados de BRUIJNZEEL (1990), TABELA 3. Em relação àquelas florestas que o autor chamou de "cloud forests", caracterizadas pelo processo de contato das nuvens com as copas das árvores, a evapotranspiração média das duas microbacias é superior. Não obstante, as menores taxas de evapotranspiração estão muito próximas dos valores registrados para estes tipos de florestas, isto é 378 mm para a microbacia B e 457 mm para a microbacia D. Assim, a vegetação natural desta região da Serra do Mar tende a ser incluída na mesma "classificação" de florestas, com nevoeiros intensos por períodos prolongados e reduzidas perdas evaporativas.

Pode-se depreender face aos resultados obtidos que a vegetação das microbacias B e D consome água de forma bastante conservativa, quando comparada com grande parte das florestas tropicais e florestas temperadas de clima úmido.

O elevado rendimento hídrico das microbacias, aliado a um regime hidrológico dos rios bastante estável durante todo o ano, demonstram que a região deve ser considerada estratégica do ponto de vista do suprimento de água para o Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.

TABELA 3 - Evapotranspiração anual de florestas tropicais (adaptado de BRUIJNZEEL, 1990).

Local	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)
Florestas de baixa altitude		
Reserva Ducke, Brasil	2648	1311
Grégoire II, G. Francesa	3697	1437
Barro Colorado, Panamá	2425	1440
Tai II, Ivory Coast	1986	1363
Babinda, Austrália	4037	1421
Tonka, Suriname	2143	1630
Florestas de montanha		
Sierra Nevada, Colômbia	1983	1265
idem	2316	308[c]
San Eusébio, Venezuela	1576	980
Rio Macho, Costa Rica	2697	366[c]
Kericho, Kenya	2130	1337
Perinet, Madagascar	2081	1295
Mbeya, Tanzânia	1924	1381
Mt. Data, Filipinas	3382	392[c]

Sobrescrito "c" significa "cloud forests".

4 CONCLUSÕES

As microbacias apresentam comportamento semelhante quanto ao balanço hídrico anual. A média de seis anos para os componentes precipitação, deflúvio e evapotranspiração são respectivamente, microbacia B: 2013 mm, 1473 mm e 540 mm; **microbacia D**: 2159 mm, 1555 mm e 604 mm.

As microbacias são conservativas quanto ao consumo de água. Em comparação com outras florestas de clima tropical, a evapotranspiração anual da vegetação de Mata Atlântica do local é normalmente inferior.

As microbacias apresentam um regime de descarga bastante regular durante todo o ano hídrico. Em média a produção de água no período das chuvas supera em apenas 10% a produção hídrica no período mais seco.

Estudos específicos sobre o processo de evapotranspiração da vegetação de Mata Atlântica na região de Cunha devem ser empreendidos, uma vez que o consumo total de água da mesma apresenta-se bastante reduzido. Uma avaliação da influência ou não dos freqüentes nevoeiros sobre a evapotranspiração deve ser considerada. Também a quantificação da precipitação horizontal, resultado da retenção da água dos densos nevoeiros que interagem com a floresta, como componente da entrada de água para as microbacias, merece esforços nas pesquisas envolvendo o balanço hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUIJNZEEL, L. A. 1990. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. Amsterdam, Free University Amsterdam/UNESCO, Humid Tropics Programme Publication, Free University. 224p.

CARVALHO, J. L. de; CICCO, V. de & FUJIEDA, M. 1992. Algumas propriedades físicas dos solos na bacia hidrográfica experimental "D" no Núcleo Cunha - SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo-SP, mar./abr., 1992. *Anais... Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *4*:753-759. Pt. 3. (Edição Especial)

CICCO, V. de *et al.* 1985a. Projeto de pesquisas hidrológicas em floresta natural na Reserva Estadual de Cunha - determinação do balanço hídrico. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS. A INFLUÊNCIA DAS FLORESTAS NO MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 11, Curitiba-PR, fev. 7-8, 1984. *Anais...* Curitiba, EMBRAPA/PNPF. p. 135-142. (Documentos, 16)

CICCO, V. de *et al.* 1985b. Determinação do balanço hídrico com emprego de bacia hidrográfica experimental em mata natural secundária. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES METROPOLITANAS, 6, São Paulo-SP, nov. 11-14, 1985. *Anais...* São Paulo, Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos. p. 234-246. Pt. 3.

CICCO, V. de *et al.* 1986/88. Interceptação das chuvas por floresta natural secundária de Mata Atlântica - SP. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, *20/22*: 25-30.

CICCO, V. de; ARCOVA, F. C. S. & SHIMOMICHI, P. Y. 1989. Estimativa da evapotranspiração em bacia hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *1*(2):43-54.

CICCO, V. de & FUJIEDA, M. 1992. Pesquisa em manejo de bacias hidrográficas em São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo-SP, mar./abr. 29-3, 1992. *Anais... Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *4*:808-815. Pt. 3. (Edição Especial)

FEDERER, C. A. 1975. Measuring forest evapotranspiration - theory and problems. In: ESCHNER, A. R. & BLACK, P. E. (ed.) *Readings in forest hydrology*. New York, MSS Information Corporation. p. 159-184.

FUJIEDA, M.; KUDOH, T. & MASHIMA, Y. 1993. Hydrological processes in the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. In: HYDROLOGY OF WARM HUMID REGIONS, Yokohama, July, 1993. *Proceedings...* International Association of Hydrological Sciences. p. 43-51. (Publication, 216)

FURIAN, S. M. & PFEIFER, R. M. 1986. Levantamento de reconhecimento do meio físico do Núcleo Cunha, SP. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, *40*(2):183-193.

FURIAN, S. M. 1987. *Estudo geomorfológico do escoamento superficial em parcelas experimentais no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha/SP. Um esboço metodológico*. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 187p. (Dissertação de Mestrado)

HEWLETT, J. D. 1982. *Principles of forest hydrology*. Athens, The University of Georgia Press. 183p.

JICA - JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. 1986. *Synthetic report of the japanese technical cooperation project for the forestry research in São Paulo, Brazil*. São Paulo, Japan International Cooperation Agency. 555p.

LEE, R. 1980. *Forest hydrology*. New York, Columbia University Press. 349p.

LIMA, W. P. de. 1993. *Impacto ambiental do eucalipto*. 2ed. São Paulo, EDUSP. 301p.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. 1955. *The water balance*. Centerton, Drexel Institute of Technology. 86p. (Publications in Climatology)

VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE AROEIRA *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (ANACARDIACEAE)*

Sandra Monteiro Borges FLÖRSHEIM**
Mário TOMAZELLO FILHO***

RESUMO

Dos principais parâmetros utilizados na análise da qualidade da madeira, a densidade básica tem merecido destaque por ser bom indicador de determinadas características da madeira. Para esse trabalho foram utilizadas árvores de "aroeira", *Myracrodruon urundeuva* F. F. & M. F. Allemão, aos 26 anos, provenientes de um plantio artificial, instalado na Estação Experimental de São José do Rio Preto - SP do Instituto Florestal de São Paulo. O objetivo principal foi verificar as variações da densidade básica no sentido medula-casca e base-topo e para isso, foram retirados de cada árvore discos de madeira em diferentes alturas, base, DAP, 50% e 100% da altura comercial. Em cada disco foram demarcados corpos de prova a 0%, 50% e 100% do raio. Os resultados permitiram concluir que: a) a densidade básica decresceu com o aumento do espaçamento; b) não houve tendência de variação em relação às classes de diâmetro; c) no sentido radial, o maior valor obtido foi próximo à medula, decrescendo em direção à casca, e d) a tendência, no sentido longitudinal foi a densidade básica decrescer da base para o topo.

Palavras-chave: densidade básica; aroeira; variação medula-casca e base-topo.

ABSTRACT

Among the main parameters that have been used in the analysis of wood quality, basic density has been emphasized because it constitutes a good indicator of certain characteristics of wood. In this study it was used 26-year-old "aroeira" trees *Myracrodruon urundeuva* F. F. & M. F. Allemão, obtained from experimental plantations located at e São José do Rio Preto Experimental Station of the Forestry Institute of the São Paulo State. The main aim of this study was to determine the basic density variation in the pith-bark and base-top direction. From each tree wooden disks were removed at base, DBH, 50% and 100% commercial height. In each disk sample were established at 0%, 50%, and 100% of the ray. The following has been concluded: a) basic density decreased as the spacing increased; b) there was no tendency towards variation in relation to the diameter classes; c) in the radial direction the greatest value was found near the pith and then decreased towards the bark, and d) in the longitudinal direction the tendency was for basic density to decrease from base to top.

Key words: basic density; "aroeira"; pith-bark and base-top variations.

1 INTRODUÇÃO

Várias definições de densidade têm sido enunciadas. Para PANSHIN & DE ZEEUW (1970) "a densidade da madeira não é mais do que a quantidade de matéria prima lenhosa presente num dado volume de lenho". Por sua vez, ELLIOTT (1970) afirma que, do ponto de vista anatômico, a densidade da madeira é função da razão entre o volume da parede celular e o volume dos espaços vazios das células. Dessa maneira, a densidade é afetada pela estrutura e dimensões das células e, eventualmente, pelos teores de goma, resina e extrativos presentes.

Para SHIMOYAMA (1990) a densidade básica é definida, ainda, como sendo a relação entre o peso seco da madeira e o seu volume obtido acima do ponto de saturação das fibras. Sendo, então, de uma quantificação direta da matéria lenhosa por unidade de volume, constituindo um importante critério de avaliação da qualidade da madeira, uma vez que ela está intimamente relacionada com muitas propriedades e características tecnológicas, importantes na produção e utilização dos produtos florestais.

O fato da densidade da madeira ser um complexo de características tais como diâmetro das células, espessura da parede celular, teor de lignina, porcentagem de lenho tardio (Coníferas), ela constitui um dos índices que mais informações fornece sobre as características gerais da madeira (LOUZADA, 1990).

(*) Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada em 05/01/93 à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- USP, Piracicaba e aceito para publicação em abril de 1998.
(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.
(***) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

Uma maior densidade corresponde, quase sempre, a uma maior retratibilidade; a uma maior dificuldade de trabalhabilidade e secagem; a uma maior resistência mecânica; a uma maior durabilidade natural; a um maior rendimento em pasta de celulose, bem como a uma mais elevada concentração do seu valor energético.

A madeira, entretanto, apresenta-se como um material com grande variabilidade, resultado de um complexo sistema de fatores interatuantes, que determinam e modificam o processo fisiológico envolvido na produção do xilema, especialmente nas folhosas. Dessa forma, a densidade básica e as propriedades físicas e mecânicas são determinadas pela interação das características de crescimento, intrínsecas ao próprio indivíduo, das condições ambientais, da localização geográfica, bem como pelas práticas silviculturais.

O objetivo principal deste trabalho foi verificar as variações da densidade básica da madeira tanto no sentido longitudinal como no radial, em árvores de aroeira, *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão, aos 26 anos em plantio artificial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Variação radial nas folhosas: a densidade da madeira varia consideravelmente em relação à posição ao nível do tronco, com a idade fisiológica e/ou com a distância da medula-casca. De acordo com PANSHIN & DE ZEEUW (1970), essa variação pode seguir um dos seguintes modelos: Tipo 1 - a densidade aumenta da medula para a casca; Tipo 2 - a densidade é alta na medula, decresce nos primeiros anos, a seguir aumenta até um valor máximo na região próxima à casca; Tipo 3 - a densidade aumenta próximo à medula, depois mantém-se mais ou menos constante, ou algumas vezes decresce nas últimas porções formadas próximas à casca e, Tipo 4 - a densidade da madeira diminui da medula para a casca.

Um aumento na densidade da madeira da medula para a casca (Tipo 1), o qual é descrito mais freqüentemente como sendo a tendência de variação nas folhosas, ocorre em diversas espécies de eucaliptos, tais como *Eucalyptus saligna* (GERHARDS, 1965), *E. camaldulensis* (CURRO, 1957), *E. globulus* (CARVALHO, 1962), *E. obliqua, E. viminalis, E. saligna, E. gumifera, E. propinqua* e *E. grandis* (BAMBER *et al.*, 1969), *E. camaldulensis, E. citriodora, E. cloeziana, E. pilularis, E. resinifera, E. saligna* e *E. tereticornis* (HANS & BURLEY, 1972), *Swietenia macrophylla* (BRISCOE *et al.*, 1963) e *Liriodendron tulipifera* (BAREFOOT, 1958).

Em nosso meio, BRASIL & FERREIRA (1972), FOELKEL *et al.* (1983), BARRICHELO *et al.* (1983a), TOMAZELLO FILHO (1984), verificaram que a madeira das espécies do gênero *Eucalyptus* têm mostrado tendência em aumentar sua densidade da medula para a casca.

A tendência descrita no Tipo 2, a qual constitui o padrão mais comum descrito para as coníferas, tem sido encontrada para as espécies de folhosas, segundo SARDINHA (1974), somente para abetos de montanhas elevadas.

A variação na densidade que segue a tendência do Tipo 3 é descrita para *Eucalyptus marginata* (RUDMAN, 1969) e *Populus nigra* (HIZAI & AIZAWA, 1966).

O Tipo 4 é descrito para *Prunus serotina, Eucalyptus punctata* e *Eucalyptus robusta* (KOCH, 1967).

Padrão de variação axial em folhosas: a variação da densidade com a altura do tronco das árvores tem grande importância na homogeneidade da madeira. Embora essa condição seja a desejada, isso na prática não ocorre e, segundo PANSHIN & DE ZEEUW (1970), as tendências que têm sido indicadas para a variação da densidade da madeira com a altura são: 1 - decréscimo uniforme com o aumento da altura; 2 - decréscimo nos níveis inferiores, seguido de um aumento nos níveis superiores, e, 3 - aumento a partir da base de uma maneira não uniforme.

O modelo de variação axial que decresce com a altura, tem sido a tendência de variação mais comumente descrita para as coníferas, embora a sua ocorrência também seja descrita para *Liriodendron decurrens, Acer rubrum* e *A. saccharinum* (PANSHIN & DE ZEEUW, 1970), *Eucalyptus maculata, E. punctata* e *E. paniculata* e em *E. grandis* (VITAL *et al.*, 1981).

No segundo tipo, a tendência tem sido descrita em *Liriodendron tulipifera, Tectona grandis* e *Fagus grandiflora* (GOHORE & COETZE, 1956).

BRASIL (1972) verificou esse tipo de variação em *Eucalyptus propinqua* e, posteriormente, confirmaram para a mesma espécie (BRASIL *et al.*, 1976), atribuindo essa tendência à presença de lenho de reação.

SARDINHA (1974), cita que é possível que esse padrão de variação longitudinal, seja somente uma derivação do padrão geral de diminuição da base para o topo (Tipo 1) na árvore pela inclusão de uma proporção maior de nós de alta densidade na densidade média da madeira do topo, pela distribuição irregular de galhos, ou ainda como resposta a tensões externas de crescimento, no tronco, em níveis mais altos.

Em folhosas e, principalmente, em madeiras de anéis porosos ou naqueles que apresentam poros semi-difusos da zona temperada, a tendência do Tipo 3 é descrita mais freqüentemente para *Fagus sylvatica*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Liquidambar styraciflua* e *Quercus falcata* (HAMILTON, 1961), com anéis semi-porosos, por exemplo o *Eucalyptus camaldulensis* (CURRO, 1957) e para madeiras de poros difusos, a ocorrência em *Eucalyptus gummifera*, *E. resinifera*, *E. propinqua* e *E. robusta*.

FERREIRA (1972), BRASIL (1972) e BRASIL *et al.* (1976), verificaram que, em *Eucalyptus grandis*, *E. alba* e *E. saligna* a densidade básica cresce da base para a copa.

Entretanto, BARRICHELO *et al.* (1983b), estudando a variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp., verificaram que os modelos de variação da densidade mostraram diferentes tendências em função da espécie, tendendo a decrescer no sentido base-topo; crescer a partir do DAP e ainda aumentar e diminuir alternando-se assim os valores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O povoamento de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão de onde se obteve as árvores para o presente estudo acha-se localizado na Estação Experimental de São José do Rio Preto, do Instituto Florestal de São Paulo. Foi instalado por BARROS (1970) em 06/02/1963, o delineamento foi blocos ao acaso, com 4 tratamentos de espaçamento repetidos 4 vezes, sendo: E1) 1,00 x 1,33 m; E2) 1,00 x 2,00 m; E3) 2,00 x 2,00 m e E4) 2,00 x 4,00 m.

Aos 26 anos de idade, efetuou-se um levantamento dendrométrico das árvores integrantes do povoamento, obtendo-se os dados de crescimento. Em cada espaçamento identificou-se 3 classes de diâmetro, sendo: DAP I 6-15 cm; DAP II 16-21 cm e DAP III 22 a 26 cm (DAP = diâmetro à altura do peito), através da TABELA 1 observa-se os dados dendrométricos das árvores amostradas.

TABELA 1 - Numeração das árvores e suas respectivas medidas de DAP, altura total e altura do fuste.

Espaçamento/m	Árv. nº	DAP/cm	HT/m	HF/m
E1	1	6,6	7,6	4,5
	2	16,4	13,7	7,5
	3	22,7	15,7	7,2
E2	4	10,4	15,8	9,6
	5	18,0	9,9	6,4
	6	26,2	16,5	10,0
E3	7	15,0	12,9	6,5
	8	20,2	16,5	9,1
	9	22,9	14,0	5,2
E4	10	12,3	13,0	7,1
	11	21,0	14,3	7,4
	12	26,3	17,5	7,1

DAP = diâmetro à altura do peito = (1,30 m)
HT/m = altura total em metros
HF/m = altura do fuste em metros

Para a coleta do material lenhoso, utilizou-se o método destrutivo, que envolve a derrubada da árvore. De cada indivíduo, retirou-se um disco de madeira com casca, com aproximadamente 15 cm de espessura nas alturas: 0,10 m (base); 1,30 m (DAP); 50% e 100% da altura comercial. Cada disco foi devidamente codificado e conservado em saco plástico.

De cada disco, obteve-se corpos-de-prova da parte inferior da cunha em três regiões do raio do disco, ou seja, no sentido radial, o qual denominamos de posição no disco, onde: 0% (posição interna próxima à medula); 50% do raio (posição mediana, intermediária entre o cerne e o alburno), e 100% do raio (região externa, próxima à casca, conforme FLÖRSHEIM & TOMAZZELLO (1996).

A avaliação nas sub-amostras da densidade básica foi realizada através de agrupamento da posição no disco, em cada espaçamento, visando a obtenção de repetições para que o modelo hierárquico estabelecido conseguisse testar as fontes de variação de interesse. Isto é, para a densidade básica foi possível estudar a natureza das diferenças somente para espaçamento (E), classes diâmetro (DAP) e posição na árvore (PA).

Foram realizados testes para a comparação de médias através do teste de Tukey, para um nível de significância de 5% de probabilidade para as variáveis estudadas. Os dados foram analisados através do pacote estatístico SAS (*Statistical Analysis System*), seguindo o modelo matemático com estrutura hierárquica.

$$Yijklr = \mu + Ei + CAP\,j(i) + Pak\,(ji) + PD1\,(kji) + Eijklr$$

onde:

μ = média geral dos dados

Ei = é o efeito do i-ésimo espaçamento; i = 1,2,...,4

CAPj = é o efeito do j-ésimas classes de diâmetro dentro do espaçamento Ei

j = 1,2,3

Pak = é o efeito da k-ésima posição na árvore dentro do i-ésimo espaçamento e j-ésima classes de diâmetro; k = 1,2,...,4

Pdl = é o efeito da l-ésima posição no disco dentro do i-ésimo espaçamento, j-ésima classes de diâmetro e k-ésima posição na árvore

Eijklr = é o erro experimental das observações

Feito isso, para cada uma das classes de variação estabelecidas acima do modelo, e nos casos onde foram detectadas diferenças significativas ao nível de 95% de confiança, aplicou-se o teste de Tukey para a comparação entre as médias obtidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância observada na TABELA 2 para espaçamentos, classes de diâmetro, posição no disco, mostra valores de F altamente significativos, indicando que há grandes diferenças para a densidade básica entre estas variáveis. Para a posição na árvore o valor de F foi significativo ao nível de 5%.

TABELA 2 - Resultado do teste F da análise de variância para a densidade básica.

CV	F
Espaçamentos	10,75**
Classes de DAP	11,95**
Posição na árvore	9,58*
Posição no disco	30,04**

(*) Significância ao nível de 5% de probabilidade.
(**) Significância ao nível de 1% de probabilidade.

Na análise de variância por espaçamento, TABELA 3, verifica-se o espaçamento E1, para classes de diâmetro e posição no disco, os valores de F foram altamente significativos, mas para posição na árvore o F mostrou-se significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para as variáveis estudadas no espaçamento E2, os valores de F mostraram-se altamente significativos.

No espaçamento E3, para classes de diâmetro o valor de F foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, mas para posição na árvore e posição no disco os valores de F mostraram-se altamente significativos.

No espaçamento E4, a análise de variância, mostrou o valor de F não significativo para classes de diâmetro; entretanto, para posição na árvore e posição no disco, os valores foram altamente significativos.

TABELA 3 - Resultado do teste F da análise de variância para densidade básica nos espaçamentos.

	Densidade Básica/Espaçamento			
CV	E1 (1,00 x 1,33 m) F	E2 (1,00 x 2,00 m) F	E3 (2,00 x 2,00 m) F	E4 (2,00 x 4,00 m) F
Classe de DAP	13,74**	15,32**	4,95*	$1,24^{ns}$
Posição na árvore	3,35*	9,27**	21,08**	13,50**
Posição no disco	4,58**	6,34**	13,77**	11,21**

(ns) Não significativo.
(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
(**) Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Analisando o resultado do teste de Tukey, para densidade básica, TABELA 4, observa-se que o maior valor médio entre os espaçamentos, encontra-se no E4 e difere estatisticamente dos demais. O menor valor verifica-se no espaçamento E1 e não difere estatisticamente dos valores observados nos espaçamentos E2 e E3.

Entre as classes de diâmetro para o espaçamento E1, na árvore de menor diâmetro (DAP I), observa-se o menor valor médio e difere estatisticamente das demais. O maior valor de densidade básica, encontra-se na árvore de diâmetro médio (DAP II) não diferindo estatisticamente do valor observado na árvore de maior diâmetro (DAP III). No espaçamento E2, a árvore de menor diâmetro (DAP I) verifica-se o menor valor médio e difere estatisticamente somente do maior valor observado na árvore de maior diâmetro (DAP III), que não difere estatisticamente do valor encontrado na árvore de diâmetro médio (DAP II).

Para o espaçamento E3, na árvore de menor diâmetro (DAP I), observa-se o maior valor médio o qual difere estatisticamente somente do menor valor encontrado na árvore de diâmetro médio (DAP II), este não difere estatisticamente do valor observado na árvore de maior diâmetro (DAP III).

No espaçamento E4, comparando-se os valores médio, verifica-se que estes não diferem estatisticamente entre si.

No sentido base-topo, comparando-se as médias obtidas em cada classe de diâmetro no espaçamento E1, pode-se observar que, na árvore de menor (DAP I) e médio (DAP II) diâmetro, os valores encontrados não diferem estatisticamente entre si. No DAP III, na região da base observa-se o maior valor médio, que difere estatisticamente somente do menor valor médio observado no DAP que não difere estatisticamente do valor encontrado a 50% da altura comercial.

No espaçamento E2, para a classe DAP I, os valores obtidos por altura não diferem estatisticamente entre si, entretanto as classes DAP II e DAP III apresentaram maiores valores médios na altura da base, os quais diferem estatisticamente dos observados nas outras alturas estudadas. O menor valor médio encontra-se a 100% da altura comercial e não difere estatisticamente dos valores observados no DAP e a 50% da altura comercial.

TABELA 4 - Valores médios de densidade básica (g/cm^3) para espaçamentos, classes de diâmetro e posição na árvore e os valores encontrados para posição no disco.

ESPAÇAMENTO	Classe de diâmetro		Posição na árvore		Posição no disco		
					0% raio	50% raio	100% raio
E1 (1,00 x 1,33 m)	DAP I	0,631^b	base	0,703^a	0,850	0,633	0,625
			DAP	0,691^a	0,829	0,668	0,586
			50% HC	0,594^a	0,609	0,584	0,590
			100% HC	0,538^a	0,565	0,537	0,513
0,704^b	DAP II	0,742^a	base	0,787^a	0,908	0,743	0,691
			DAP	0,809^a	0,849	0,717	0,861
			50% HC	0,713^a	0,834	0,713	0,588
			100% HC	0,666^a	0,699	0,651	0,649
	DAP III	0,739^a	base	0,773^a	0,819	0,810	0,689
			DAP	0,697^b	0,763	0,700	0,628
			50% HC	0,724^{ab}	0,792	0,726	0,655
			100% HC	0,764^a	0,838	0,794	0,659
E2 (1,00 x 2,00 m)	DAP I	0,659^b	base	0,722^a	0,865	0,663	0,639
			DAP	0,782^a	0,879	0,805	0,661
			50% HC	0,702^a	0,827	0,648	0,631
			100% HC	0,647^a	0,670	0,650	0,620
0,710^b	DAP II	0,713^{ab}	base	0,834^a	0,915	0,743	0,729
			DAP	0,606^b	0,625	0,624	0,570
			50% HC	0,611^b	0,646	0,600	0,588
			100% HC	0,597^b	0,591	0,588	0,581
	DAP III	0,759^a	base	0,815^a	0,843	0,829	0,774
			DAP	0,749^b	0,816	0,737	0,693
			50% HB	0,744^b	0,819	0,730	0,680
			100% HC	0,731^b	0,807	0,700	0,687
E3 (2,00 x 2,00 m)	DAP I	0,737^a	base	0,823^a	0,903	0,833	0,734
			DAP	0,733^b	0,813	0,723	0,664
			50% HC	0,750^b	0,811	0,722	0,716
			100% HC	0,642^c	0,707	0,667	0,552
0,718^b	DAP II	0,701^b	base	0,790^a	0,905	0,788	0,678
			DAP	0,717^{ab}	0,762	0,746	0,643
			50% HC	0,673^{ab}	0,700	0,665	0,654
			100% HC	0,624^b	0,645	0,628	0,5608
	DAP III	0,718^{ab}	base	0,826^a	0,882	0,813	0,783
			DAP	0,726^b	0,749	0,708	0,675
			50% HC	0,661^c	0,717	0,641	0,626
			100% HC	0,662^c	0,689	0,661	0,635
E4 (2,00 x 4,00 m)	DAP I	0,750^a	base	0,894^a	0,994	0,904	0,785
			DAP	0,711^b	0,707	0,784	0,641
			50% HC	0,700^b	0,722	0,712	0,667
			100% HC	0,698^b	0,754	0,690	0,650
0,755^a	DAP II	0,769^a	base	0,868^a	0,920	0,919	0,764
			DAP	0,801^{ab}	0,883	0,837	0,684
			50% HC	0,730^{bc}	0,784	0,721	0,686
			100% HC	0,680^c	0,795	0,649	0,595
	DAP III	0,746^a	base	0,840^a	0,946	0,840	0,734
			DAP	0,752^b	0,881	0,716	0,659
			50% HC	0,704^b	0,748	0,707	0,657
			100% HC	0,688^b	0,740	0,675	0,649

(*) Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Para o espaçamento E3, a classe de diâmetro DAP I apresenta a maior média de densidade básica na altura da base e esta difere estatisticamente das demais. A menor média verifica-se a 100% da altura comercial e difere estatisticamente das demais.

Para o espaçamento E4, na classe de diâmetro DAP I, o maior valor médio encontra-se na base e difere estatisticamente dos demais, o menor valor verifica-se a 100% da altura comercial e difere estatisticamente somente do valor observado na base. Para o DAP II, o maior valor observa-se na base e não difere estatisticamente do valor observado no DAP; o menor valor verifica-se a 100% da altura comercial e não difere estatisticamente do valor encontrado a 50% da altura comercial. Também no DAP III, o maior valor médio encontra-se na base e difere estatisticamente dos demais valores. O menor valor observa-se a 100% da altura comercial e difere estatisticamente somente do valor verificado na base.

A TABELA 4 mostra a variação da densidade básica entre espaçamento, classes de diâmetro e no sentido longitudinal e radial de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão.

Através dos resultados pode-se verificar que a densidade básica cresceu com o aumento do espaçamento. Tal resultado concorda com àqueles encontrados por Marts citado por BRASIL (1972) e MONTAGNA *et al.* (1973), porém estes verificaram uma variação significativa da densidade em função do espaçamento, não encontrando, no entanto, um padrão de variação.

Para as classes de diâmetro a variação da densidade básica não obedeceu a um padrão definido.

Na direção radial a densidade básica dessa espécie decresce da medula para a casca. Tal resultado está de acordo com aqueles descritos por GROSSLER (1943), HAMILTON (1961) e KOCH (1967). No entanto, o padrão de variação mais observado tem sido o inverso desse resultado, principalmente para o gênero *Eucalyptus*, tais como em FOELKEL *et al.* (1982), CARPIM & BARRICHELO (1983), BARRICHELO *et al.* (1983a) e WIEMANN & WILLIAMSON (1987) ao estudar três gêneros da floresta tropical na Costa Rica. Ainda ZOBEL & BUIJTENEN (1989) citam que todos os tipos de padrões de variação ocorrem em folhosas. E ainda, aquelas que apresentam poros difusos e de média a alta densidade geralmente seguem o seguinte padrão: a densidade é baixa próxima à medula, em seguida sofre um aumento e na região próxima à casca mantêm-se constante ou diminui o valor da densidade.

No sentido longitudinal, para a maioria das árvores estudadas, a densidade decresceu da base para o topo, embora esse padrão tenha sido mais comumente descrito para as coníferas, segundo SARDINHA (1974) e autores como PANSHIN & DE ZEEUW (1970) e VITAL *et al.* (1981) descrevem essa tendência para alguns gêneros de folhosas.

5 CONCLUSÕES

Os resultados permitem concluir que:

- a densidade básica cresceu com o aumento do espaçamento;
- não houve uma tendência de variação da densidade básica em relação às classes de diâmetro;
- no sentido radial ficou evidente a tendência dessa espécie em apresentar o maior valor de densidade básica próximo à medula e ir diminuindo em direção à casca, e
- para o sentido longitudinal, a tendência verificada foi a da densidade básica decrescer da base para o topo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAMBER, R. K. *et al.* 1969. Wood properties of flooded gum. *Austr. For.*, Melbourne, *33*(1):3-12.

BAREFOOT, A. C. 1958. *Critical properties of second growth and abnormal wood in yellow-poppar (***Liriodendron tulipifera** *L.).* Durham, Ducke University. (Ph.D.)

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. & BAZANELLI, A. V. 1983a. Densidade básica e características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, São Paulo-SP, nov. 21-26, 1983. São Paulo, Associação Brasileira de Celulose e Papel. v. I. p. 113-25. (Trabalhos Técnicos)

BARRICHELO, L. E. G. *et al.* 1983b. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. *Silvicultura*, São Paulo, (28):726-731.

BARROS, D. P. 1970. Ensaio de espaçamento inicial para "aroeira". *Silvicultura*, São Paulo, *7*:39-41.

BRASIL, M. A. M. 1972. *Variação da densidade básica da madeira de* **Eucalyptus propinqua** *Deane ex Maiden em função do local e do espaçamento*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP. (Dissertação de Mestrado)

_____. *et al.* 1976. Densidade básica da média da árvore no nível do DAP de *Eucalyptus propinqua* Deane ex Maiden. *Ciência e Cultura*, Rio de Janeiro, *28*(7):414.

BRISCOE, C. B. *et al.* 1963. Variation of specific gravity in plantation: grown trees of bigleaf mahogany. *Caribbean Forester*, Rio Piedras, *24*(2):67-73.

CARPIM, M. A. & BARRICHELO, L. E. G. 1983. Variabilidade da densidade da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3, São Paulo-SP, nov. 21-26, 1983. v. I. p. 127-37. (Trabalhos Técnicos)

CARVALHO, A. de. 1962. *Madeira de eucalipto (***Eucalyptus globulus** *Labill.)*. Alcobaça, Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas. 159p.

CURRO, P. 1957. Variazone stagionale dell umidita e variazone della densita basale in 4 piante di *Eucalytus camaldulensis* Dehn. *Publ. Centro Sper. Agr. For.*, Arezzo, *1*:227-38.

ELLIOTT, G. K. 1970. Wood density conifers. *Tech. Com. Com. For. Bur.*, Oxford, (8).

FERREIRA, M. 1972. Estudo da variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. *IPEF*, Piracicaba, (4):65-8.

FLÖRSHEIM, S. M. B. & TOMAZELLO FILHO, M. 1996. Variação das dimensões celulares no sentido medula-casca e base-topo de árvores de "aroeira" *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae). I. Fibras. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *8*(2):153-165.

FOELKEL, C. E. B. *et al.* 1983. Variabilidade radial da madeira de *E. saligna*. *Silvicultura*, São Paulo, *8*(28):728-91.

GERHARDS, C. C. 1965. Physical and mechanical properties of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaii. Madison, USDA Forest Service. 32p. (Research Paper FPL, 23)

GOHORE, K. & GOETZE, H. 1956. Investigation of the density of red beech wood. *Arch. Forstw.*, *5*:716-48.

GROSSLER, W. 1943. Wood technological investigations of high-mountain beech. *Holz Roh. U. Weckstoff*, *6*: 81-6.

HAMILTON, J. R. 1961. Variation of wood properties in Southern red oak. *For. Prod. J.*, Madison, *11*:267-71.

HANS, A. S. & BURLEY, J. 1972. Wood quality of eight *Eucalyptus* species in Zambia. *Experientia*, *28*:1378-80.

HIZAI, S. & AIZAWA, E. 1966. Studies on the weight growth of forest trees: 8 two artificially planted *Populus* species. *Tokyo Univ. For. Bull.*, *62*:189-96.

KOCH, C. B. 1967. Specific gravity as affected by rate of growth within sprout clumps of black cherry. *J. For.*, *65*(3):220-2.

LOUZADA, J. L. P. C. 1990. *Variação nos componentes da densidade da madeira de* Pinus pinaster *Ait.* Vila Real, Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro. 111p.

MONTAGNA, R. G. *et al.* 1973. Estudo sobre o crescimento e a densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* em função do es-paçamento. *Silvicultura*, São Paulo, (8):33-52.

PANSHIN, A. J. & DE ZEEUW, C. 1970. *Textbook of wood technology*. New York, McGraw-Hill. 105p.

RUDMAN, P. *et al.* 1969. Breeding eucalypts for wood properties. Paper. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 2, Washington. *Proceedings...*

SARDINHA, R. M. de A. 1974. *Variation in density and some structural features on wood of* **Eucalyptus saligna** *Sm. from Angola*. Oxford, Linage College. (Ph.D)

SHIMOYAMA, V. R. S. 1990. *Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em* **Eucalyptus** *spp.* Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 93p. (Dissertação de Mestrado)

TOMAZZELLO FILHO, M. 1984. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus gummifera, E. microcorys* e *E. pilularis*. In: IUFRO MEETING ON PROPERTIES ON UTILIZATION OF TROPICAL TIMBERS, Manaus. 21p.

VITAL, B. R. *et al.* 1981. Influência do espaçamento na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, aos 30 meses de idade. *Rev. Árvore*, Viçosa, *5*(2):210-7.

WIEMANN, M. C. & WILLIAMSON, G. B. 1987. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. *Wood and Fiber Science*, Berlin, *20*(3):344-9.

ZOBEL, B. J. & BUIJTENEN, J. P. van. 1989. *Wood variation. Its causes and control*. Berlin, Springer Verlag. 363p. (Spring Series in Wood Science)

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE JENIPAPEIRO (*Genipa americana* L. - RUBIACEAE) SOB DIFERENTES REGIMES DE TEMPERATURA, UMIDADE E LUZ*

Márcia Balistiero FIGLIOLIA**
Maria Conceição Carvalho da SILVA***

RESUMO

Objetivando estabelecer as condições mais apropriadas para a germinação de sementes de *Genipa americana* L., foram estudados os regimes de temperatura constante de 20°C, 25°C e 30°C e alternada de 20-30°C, os níveis de umidade do substrato vermiculita tipo 3: a) pouco úmido, 30 ml/30 g de vermiculita, b) úmido, 60 ml/30 g de vermiculita, c) muito úmido, 90 ml/30 g de vermiculita e d) encharcado, 120 ml/30 g de vermiculita, na presença e ausência de luz. Os melhores resultados de germinação foram obtidos em presença de luz, nas temperaturas de 30°C (86% em substrato pouco úmido, 85% nos substratos úmido e muito úmido e, 80% em substrato encharcado) e de 25°C (94% em substrato úmido e 85% em muito úmido), sendo que estes tratamentos não diferiram entre si. No tocante ao fator umidade, os tratamentos úmido, muito úmido e encharcado, na presença de luz, não diferiram entre si, a 5% de probabilidade. Em condições de substrato pouco úmido, na ausência de luz, a germinação foi muita baixa (3% a 20-30°C, 0% a 20°C, 60% a 25°C e 62% a 30°C). O índice de velocidade de germinação foi significativamente superior nas temperaturas de 25°C e 30°C, nos níveis úmido e muito úmido. O efeito positivo das temperaturas constantes de 25°C e 30°C sobre a germinação, associado à susceptibilidade à ausência de luz e a ambiente pouco úmido, indica que a espécie poderia estar adaptada a germinar e apresentar bom desenvolvimento em solo úmido de áreas de clareiras pequenas.

Palavras-chave: *Genipa americana*; sementes florestais; temperatura; umidade; luz; germinação.

ABSTRACT

Genipa americana seeds were submitted to several temperature conditions (20°C, 25°C, 30°C and 20-30°C), moisture in 30 g of vermiculite (little humid - 30 ml; humid - 60 ml; much humid - 90 ml and soaked substrate - 120 ml) and in the light presence and absence. The studies showed that the major levels of germination were obtained in the light presence, under constant temperature of 30°C (86% in little humid substrate, 85% in humid and very humid substrate and 80% in soaked substrate) and 25°C (94% in humid substrate and 85% in very humid substrate). In the light presence, the humid, very humid and soaked substrates didn't differ. In the light absence, the major levels of germination were obtained under constant temperature of 30°C in humid substrate (90%) and in soaked substrate. For the other treatments, the germination values were very low, mainly for 20°C and in little humid substrate. In relation to performance of the seedlings the results showed this species should be adapted to grow up under small gaps.

Key words: *Genipa americana*; forest seeds; temperature; moisture; light; germination.

1 INTRODUÇÃO

A abordagem adequada, visando ao desenvolvimento de técnicas propícias para a melhor germinação e conservação das sementes de espécies tropicais, é assunto que suscita grande preocupação e interesse por parte dos estudiosos.

No decorrer do processo evolutivo, as espécies foram sistematicamente submetidas às pressões da seleção natural, fazendo com que desenvolvessem mecanismos próprios de adaptação, de modo a garantir a sua continuidade.

(*) Trabalho apresentado no X Congresso Brasileiro de Sementes, realizado em Foz do Iguaçu, PR, no período de 17 a 22 de agosto de 1997. Aceito para publicação em maio de 1998.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.
(***) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 50670-901, Recife, PE, Brasil.

De acordo com KAGEYAMA & VIANA (1991), em florestas tropicais, as pressões da seleção natural levaram as espécies a adaptar-se às condições locais, gerando grande diversidade de mecanismos de reprodução. Desse modo, segundo esses autores, as espécies vegetais podem ser didaticamente interpretadas como pertencentes a grupos ecológicos, cujos critérios de organização levam em conta a forma de regeneração (processo de sucessão ecológica), as características das sementes e as exigências ecofisiológicas.

No tocante à germinação das sementes, verifica-se que as espécies se comportam diferentemente entre si, sendo que o grau de exigência dos fatores luz, temperatura e teor de água variam entre os grupos ecológicos, fato que vem ao encontro da recomendação de KAGEYAMA & VIANA (1991) de que as características tecnológicas devem ser relacionadas com os mecanismos de regeneração natural das espécies pertencentes a diferentes estádios sucessionais.

De acordo com JESUS & PIÑA-RODRIGUES (1991), o comportamento germinativo das sementes em relação à luz, seria uma resposta ecofisiológica das espécies às condições ambientais e estaria intimamente relacionado com o grupo ecológico a que pertencem. Complementando, o fotoblastismo positivo é considerado por HERING de QUEIROZ & GUIMARÃES (1997) uma estratégia germinativa de alto valor adaptativo para um grande número de espécies vegetais.

Assim, procurou-se focalizar o comportamento germinativo de sementes de *Genipa americana* através da simulação, em laboratório, de diferentes condições ambientais, buscando informações sobre o procedimento mais adequado à sua germinação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Genipa americana L., pertencente à família Rubiaceae, apresenta ampla distribuição geográfica com ocorrência em todo o país, desde a Guiana e Marajó até São Paulo e Mato Grosso, estendendo-se ao México e às Antilhas (PIO-CORRÊA, 1969). De acordo com RIZZINI (1971), abrange toda a América Tropical e, conforme CARVALHO (1994), distribui-se pela Argentina, Bolívia, Costa Rica, Colômbia, Equador, Honduras, Paraguai, Peru e Venezuela. Predomina em locais muito úmidos ou encharcados, às margens dos rios, apesar de ocorrer em terrenos mais secos, porém, sujeitos a inundações periódicas (PIO-CORRÊA, 1969). É planta heliófita, seletiva higrófita e característica das florestas pluvial e semidecídua, podendo ocorrer em outras formações florestais, em terrenos muito úmidos (LORENZI, 1992).

Árvores de pequeno a médio porte, podem alcançar até 15 metros de altura e 30 a 40 cm de diâmetro. São semidecíduas, com perdas das folhas acontecendo nos meses de novembro-dezembro, quando, então, os frutos iniciam o amadurecimento (RIZZINI, 1971).

Trata-se de espécie de grande interesse comercial pela madeira de boa qualidade e de múltiplas aplicações como: construção naval e civil, movelaria, carpintaria, fabricação de coronhas de armas de fogo, de cabos de ferramentas domésticas e agrícolas e na indústria química de extrativos. Além disso, seus frutos, ricos em carboidratos e açúcares, são muito apreciados e explorados pela indústria alimentícia (PIO-CORRÊA, 1969; RIZZINI, 1971 e LORENZI, 1992).

Pela adaptabilidade a solos úmidos e brejosos, seu uso tem sido sugerido na recuperação de áreas degradadas, sendo recomendado na recomposição de matas ciliares. Somando-se a isso, a espécie desempenha importante papel na manutenção da fauna em geral, ao produzir grande quantidade de frutos muito apreciados por animais, que, por sua vez, desempenham papel fundamental na dispersão das espécies vegetais.

Em vista da expressiva importância ecológica e do seu potencial de utilização, *G. americana* tem sido objeto de estudos, visando ao entendimento de todo o seu ciclo biológico, conforme pode ser constatado na literatura. Do ponto de vista ecológico, muitos estudos foram desenvolvidos abordando o aspecto fenológico (FRANKIE *et al.*, 1974; CRESTANA *et al.*, 1992 e CRESTANA, 1996), a sucessão (BELASQUE *et al.*, 1991), a distribuição da espécie pelo fluxo gênico (KAGEYAMA *et al.*, 1989), o processo de reprodução (CRESTANA, 1995) e de desenvolvimento (SILVA & TORRES, 1992).

Estudando o comportamento da espécie nos períodos de inundação BARBOSA *et al.* (1989)

analisaram a resistência e sobrevivência das mudas e MAZZONI-VIVEIROS & LUCCHI (1989), investigaram possíveis mecanismos de adaptação da espécie, através de estudos anatômicos no lenho.

Pesquisas abordando os aspectos tecnológicos das sementes foram realizadas por SANTANNA *et al.* (1991a e 1991b), por CARVALHO *et al.* (1995), por SOUZA *et al.* (1995) e por SOUZA *et al.* (1995).

Quanto ao processo de germinação, discutiu-se amplamente que a temperatura, a luz e a umidade são os fatores externos decisivos, sendo o grau de exigência com que são requeridos muito variável entre as espécies. Enquanto sementes de algumas espécies expressam seu máximo potencial germinativo a temperaturas constantes, outras o fazem sob regime de alternância, além daquelas indiferentes, consideradas termoblásticas neutras (FIGLIOLIA *et al.*, 1993). De acordo com BORGES & RENA (1993), as espécies tropicais e subtropicais têm se comportado melhor em temperaturas variando de 20°C a 30°C. Esses resultados se aplicam também aos fatores luz e umidade.

Ao analisar estudos relacionados à literatura específica, observa-se toda uma variação no comportamento das espécies em relação à germinação das sementes, desde aquelas que germinam em uma ampla faixa de temperatura, como é o caso da *Miconia cinnamomifolia* (PEREIRA & ANDRADE, 1985), de *Vochysia divergens* (ALBRECHT & COLLI, 1995), até aquelas que expressam melhor seu potencial germinativo em determinada temperatura, como as sementes de *Tibouchina sellowiana* que germinaram melhor a 30°C (BARBOSA *et al.*, 1985) e de *Astroniun balansae* que apresentaram melhores resultados a 25°C (ALCALAY *et al.*, 1985).

LEITE & TAKAKI (1996) verificaram, no entanto, que a faixa ótima de temperatura para a germinação de sementes de *Miconia cinnamomifolia* é 25 a 30°C, não sendo verificada germinação nas temperaturas de 15°C, 35°C e 40°C.

PIÑA-RODRIGUES *et al.* (1996) estudando o comportamento ecofisiológico de germinação de sementes de espécies arbóreas, verificaram que *Cedrela fissilis*, *Dalbergia nigra* e *Swietenia macrophylla* se comportaram como foto e termoblásticas neutras, comportamento típico das espécies serais secundárias tardias e que estariam aptas a colonizar clareiras pequenas. Por outro lado, as sementes de *Anadenanthera macrocarpa*, *Bauhinia variegata* e *Bowdichia virgilioides* responderam melhor à luz vermelha e temperaturas de 20°C e 25°C, conferindo-lhes a condição seral de espécies secundárias iniciais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Sementes de *Genipa americana* L. provenientes do Parque Estadual do Morro do Diabo, município de Teodoro Sampaio, SP.

3.2 Parâmetros

3.2.1 Temperatura

Foram utilizadas estufas de germinação com temperaturas constantes de 20°C, 25°C e 30°C, para simular as condições naturais de mata, sob dossel e, alternada de 20-30°C, para área aberta.

3.2.2 Umidade

Os teores de água dos substratos contendo 30 g de vermiculita tipo 3 foram: a) pouco úmido, 30 ml; b) úmido, 60 ml; c) muito úmido, 90 ml e, d) encharcado, 120 ml de água.

3.2.3 Luz

Os tratamentos de temperatura e umidade, combinados entre si, foram submetidos às condições de presença e ausência de luz branca.

3.3 Delineamento Estatístico

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado e o contraste entre médias feito pelo teste Tukey a 5% (PIMENTEL GOMES, 1976).

A análise estatística foi efetuada sob o esquema fatorial 4 x 4 x 2, descrito a seguir:

Causa de variação	Grau de liberdade
Repetição (R)	3
Tratamentos (T)	31
Temperatura (T)	3
Umidade (U)	3
Luz (L)	1
T x U	9
U x L	3
T x U x L	9
Resíduo	62
TOTAL	127

Os valores médios de germinação obtidos em cada tratamento foram transformados em arcoseno $\sqrt{\% + 0,5}$ (STEEL & TORRIE, 1960).

3.4 Avaliação dos Tratamentos

3.4.1 Teste de Germinação

Cada tratamento constou de 4 repetições, com 25 sementes cada. As contagens tiveram início 19 dias após a instalação do teste, com período de duração de 40 dias. O resultado foi expresso em termos da porcentagem final de plântulas germinadas normais, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1992).

3.4.2 Índice de Velocidade de Germinação

Para o cálculo do Índice de Velocidade de Germinação (IVG), considerou-se o somatório dos índices diários, obtidos pela divisão do número de plântulas germinadas a cada dia pelo número de dias transcorridos a partir da data de instalação do teste, conforme POPINIGIS (1977). O resultado final foi expresso em número absoluto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de germinação de sementes de *G. americana*, obtidos nos diferentes tratamentos são apresentados na TABELA 1.

Verifica-se, de maneira geral, que as sementes de *G. americana* apresentaram melhor comportamento germinativo quando submetidas às temperaturas de 25, 30 e 20-30°C, nos substratos úmido, muito úmido e encharcado, na presença de luz. No entanto, as sementes se comportaram de maneira diferenciada em relação ao fator luz (TABELA 1).

A análise de variância dos dados de germinação revelou diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade para todos os tratamentos e para a interação dos fatores analisados. A análise comparativa das médias pelo teste Tukey revelou melhor resultado às temperaturas de 30°C e 25°C, para os teores de umidade úmido, muito úmido e encharcado, e para o tratamento presença de luz.

Os dados de velocidade de germinação das sementes, como forma de expressão do vigor, obtidos nos tratamentos testados, são apresentados na TABELA 2.

Os valores médios de sementes duras e mortas e de plântulas anormais de *G. americana*, obtidos nos diferentes tratamentos são apresentados na TABELA 3.

A análise de variância dos dados de velocidade de germinação revelou diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade para todos os tratamentos e para a interação dos fatores analisados, com exceção da interação temperatura e umidade. A análise comparativa das médias do índice de velocidade de germinação, pelo teste Tukey, revelou ser este superior nas temperaturas de 30°C e 25°C, nos teores de umidade úmido e muito úmido e na presença de luz (TABELA 2).

Analisando separadamente o fator temperatura, verifica-se que os melhores resultados de germinação foram obtidos às temperaturas de 30°C e 25°C, que não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade, seguidos da temperatura alternada 20-30°C, que não diferiu de 25°C, mas foram superiores a 20°C (TABELA 1). Esse resultado é confirmado pelos altos valores de velocidade de germinação obtidos pelas sementes, refletindo sua preferência por essas temperaturas (TABELA 2).

TABELA 1 - Valores médios de germinação de sementes de *Genipa americana*, expressos em porcentagem, obtidos nas temperaturas, teores de umidade e regimes de luz estudados.

GERMINAÇÃO (%)

TEOR DE UMIDADE	POUCO ÚMIDO		ÚMIDO		MUITO ÚMIDO		ENCHARCADO		MÉDIA		
TEMPERATURA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	MÉDIA
20°C	0	59	3	72	20	59	15	52	9,5 Cb	60,5 Ba	35,0 C
25°C	60	70	76	94	62	85	70	76	67 Abb	81,3 Aa	74,0 AB
20-30°C	3	82	79	83	75	86	78	78	58,8 Bb	82,3 Aa	70,5 B
30°C	62	86	90	85	73	85	85	80	77,5 Aa	84 Aa	80,8 A
Média	31,3 b	74,3 ab	62 bc	83,5 a	57,5 bc	78,8 a	62 bc	71,5 ab	53,2 b	77,0 a	65,1
MÉDIA TOTAL	52,8 b		72,8 a		68,2 a		66,8 a				

CV (%) - 16,51 $F_{Temp.} = 81,83^{**}$ $F_{Um.} = 17,58^{**}$ $F_{Luz} = 112,26^{**}$

$F_{Temp.} \times F_{Um.} = 2,97^{**}$ $F_{Temp.} \times F_{Luz} = 18,73^{**}$ $F_{Um.} \times F_{Luz} = 10,95^{**}$ $F_{Temp.} \times F_{Um.} \times F_{Luz} = 4,91^{**}$

$dms_{(5\%)\,Temp.} = 5,91$ $dms_{(5\%)\,Um.} = 5,91$ $dms_{(5\%)\,Luz} = 3,17$

CV - Coeficiente de Variação experimental; $dms_{(5\%)}$ - Diferença mínima significativa a 5% de probabilidade;
F_{Temp}, F_{Um}, F_{Luz} = Valores de F para temperatura, umidade e luz, respectivamente; (**) - significativo ao nível de 1% de probabilidade.
As médias seguidas de mesma letra minúscula, nas linhas, e maiúscula, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 2 - Índice de velocidade de germinação de sementes de *Genipa americana* obtidos nas temperaturas, teores de umidade e regimes de luz estudados.

ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO

TEOR DE UMIDADE	POUCO ÚMIDO		ÚMIDO		MUITO ÚMIDO		ENCHARCADO		MÉDIA		
TEMPERATURA °C	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	SEM LUZ	À LUZ BRANCA	TOTAL
20	0	2,3	0,3	2,4	2,2	1,9	0,4	1,9	0,73 Cb	2,11 Ca	1,42 C
25	3,4	4,2	4,4	6,8	3,4	5,7	3,8	5,1	4,19 Ab	5,43 Aa	4,58 A
20-30	0,2	4,0	3,9	4,6	4,0	4,4	3,6	3,7	2,93 Bb	4,18 Ba	3,55 B
30	3,5	5,1	5,3	5,7	4,9	5,2	4,7	3,6	4,61 Aa	4,87 ABa	4,74 A
MÉDIA - LUZ	1,78 b	3,88 a	3,49 b	4,86 a	3,60 b	4,30 a	3,13 b	3,55 a	3,12 b	4,15 a	3,57
MÉDIA TOTAL	2,83 b		4,18 a		3,95 a		3,34 b				

CV (%) - 8,29 $F_{Temp.} = 103,06^{**}$ $F_{Um.} = 14,42^{**}$ $F_{Luz} = 63,28^{**}$

$F_{Temp.} \times F_{Um.} = 1,82^{n.s.}$ $F_{Temp.} \times F_{Luz} = 6,93^{**}$ $F_{Um.} \times F_{Luz} = 6,29^{**}$ $F_{Temp.} \times F_{Um.} \times F_{Luz} = 6,09^{**}$

$dms_{(5\%)\,Temp.} = 0,36$ $dms_{(5\%)\,Um.} = 0,36$ $dms_{(5\%)\,Luz} = 0,19$

CV - Coeficiente de Variação experimental; $dms_{(5\%)}$ - Diferença mínima significativa a 5% de probabilidade;
F_{Temp}, F_{Um}, F_{Luz} = Valores de F para temperatura, umidade e luz, respectivamente; (n.s.) - não significativo; (**) - significativo ao nível de 1% de probabilidade.
As médias seguidas de mesma letra minúscula, nas linhas, e maiúscula, nas colunas, separadamente, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3 - Valores médios de sementes duras (D) e mortas (M) e de plântulas anormais (A) de *Genipa americana*, expressos em porcentagem, obtidos nas temperaturas, teores de umidade e regimes de luz estudados.

TEOR DE UMIDADE		POUCO ÚMIDO			ÚMIDO			MUITO ÚMIDO			ENCHARCADO		
TEMPERATURA °C	LUZ	D	A	M	D	A	M	D	A	M	D	A	M
20	AUSÊNCIA	100	0	0	91	0	6	77	0	3	65	6	14
	LUZ BRANCA	29	0	12	28	0	0	25	6	10	41	0	1
25	AUSÊNCIA	24	0	16	6	0	48	4	1	13	1	6	21
	LUZ BRANCA	7	7	16	1	0	5	0	2	13	3	0	11
20-30	AUSÊNCIA	90	0	7	0	0	21	0	0	25	2	1	19
	LUZ BRANCA	18	0	0	0	4	13	0	0	14	15	0	7
30	AUSÊNCIA	19	3	16	3	0	7	6	3	18	3	0	12
	LUZ BRANCA	6	0	8	4	4	7	4	1	10	0	0	4

As temperaturas de 25°C e 30°C também propiciaram melhor germinação das sementes de *Tabebuia cassinoides*, conforme foi verificado por NOGUEIRA *et al.* (1995), sendo essa espécie do mesmo grupo ecológico de *G. americana*, o que corrobora a recomendação de KAGEYAMA & VIANA (1991).

SOUZA *et al.* (1995) também verificaram melhores resultados de germinação de sementes de *G. americana* a 25°C e a 30°C em substrato vermiculita, sendo que a temperatura alternada de 20-30°C causou queda na germinação. No entanto, para *Euterpe edulis*, SOUZA *et al.* (1995) observaram que a temperatura alternada de 20-30°C propiciou melhor germinação e emergência das plântulas. Semelhante comportamento foi verificado por CASTELLANI *et al.* (1997) para sementes de *Trema micrantha*.

Sementes de *Guazuma ulmifolia*, espécie característica dos estádios iniciais da sucessão, apresentaram melhor taxa e velocidade de germinação em temperatura constante de 30°C, conforme foi verificado por ARAÚJO NETO & AGUIAR (1997).

O desdobramento do fator temperatura revelou diferenças altamente significativas dentro de todos os teores de umidade, sendo as temperaturas de 30°C e 25°C superiores a 20-30°C e 20°C, quando considerado o substrato pouco úmido e, nos demais teores de umidade, a temperatura de 20°C foi significativamente inferior a 25°C; 30°C e 20-30°C.

Constata-se, pela alta porcentagem de sementes duras presentes em todos os níveis de umidade, que a temperatura de 20°C não foi suficiente para iniciar o processo germinativo, principalmente na ausência de luz (TABELA 3).

No tocante ao teor de umidade, verificou-se que os substratos úmido, muito úmido e encharcado não diferiram entre si e os valores obtidos foram superiores estatisticamente ao pouco úmido (TABELA 1). Efetuando seu desdobramento dentro das temperaturas, constatou-se que as temperaturas 20°C e 30°C não diferiram estatisticamente entre si enquanto as temperaturas 25°C e 20-30°C diferiram estatisticamente entre si a 1% de probabilidade, com superioridade para o substrato úmido, muito úmido e encharcado, ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Verificou-se que, em substrato pouco úmido associado às temperaturas de 20°C e 20-30°C, houve grande incidência de sementes duras, indicando que as condições presentes não foram suficientes para propiciar o entumescimento e promover a germinação das sementes (TABELA 3).

Semelhante resultado foi verificado por FIGLIOLIA & KAGEYAMA (1995) para *Inga uruguensis*, cujas sementes apresentaram boa capacidade germinativa em substrato com diferentes teores de umidade, desde pouco úmido até encharcado, tanto a 25°C como a 20-35°C, o que indica a grande rusticidade da espécie em seu ambiente natural, comportamento característico de espécies da fase inicial da sucessão secundária.

NOGUEIRA & HENEMANN (1995) verificaram também que sementes de *Tabebuia cassinoides* germinaram melhor em substrato úmido e muito úmido, contendo 2 e 4 vezes o peso do substrato, respectivamente, o mesmo não tendo sido verificado para *Miconia theaezans* que apresentou boa germinação nos substratos pouco úmido a muito úmido (NOGUEIRA, 1997).

Analisando-se o aspecto regime de luz, observou-se variações acentuadas no comportamento germinativo das sementes de *G. americana* em todos os teores de umidade testados, evidenciando a relação direta entre a germinação e a presença de luz. Os maiores contrastes foram observados à temperatura de 20°C, em todos os teores de umidade e, nas demais temperaturas, as diferenças mais acentuadas foram registradas nos substratos pouco úmido, úmido e muito úmido. Observa-se, no entanto, que a ausência de luz pode ser compensada pela alta temperatura, uma vez que as sementes expressaram boa capacidade germinativa em condições de substrato úmido e encharcado, à temperatura de 30°C, mesmo na ausência de luz (TABELA 1).

O desdobramento do fator luz dentro das temperaturas detectou significância ao nível 1% de probabilidade para 20°C, 25°C e 20-30°C e não significância para 30°C. Na presença de luz as temperaturas 30°C, 25°C e 20-30°C não diferiram entre si a 5% de probabilidade. Na ausência de luz, as temperaturas 30°C, 25°C e 20-30°C não diferiram entre si, respectivamente, mas foram superiores a 20°C.

O efeito positivo da luz sobre a germinação de sementes de *Miconia theaezans* também foi verificado por NOGUEIRA (1997), sendo que apresentaram, em média, mais de 75% de capacidade germinativa quando na presença de luz e, 0% na ausência de luz, caracterizando-as como fotoblásticas positivas.

O desdobramento da luz dentro da umidade, revelou significância a 1% para os substratos pouco úmido, úmido e muito úmido, não se detectando, porém, significância para substrato encharcado. O teste Tukey revelou diferenças significativas a 5% entre as médias, com valores superiores no parâmetro presença de luz, sendo que o substrato úmido não diferiu do muito úmido e pouco úmido, mas foi superior ao encharcado. Por outro lado, na ausência da luz os substratos encharcado, úmido e muito úmido não diferiram entre si, e foram superiores ao pouco úmido. Nessa condição, a espécie foi submetida à pouca umidade e falta de luz, recursos esses exigidos pela semente para iniciar ou, mesmo, expressar seu máximo potencial germinativo.

No tocante à velocidade de germinação verificou-se que as maiores expressões de vigor foram obtidas em condições de presença de luz, conforme se observa na TABELA 2.

O fator luz também foi considerado essencial à germinação e desenvolvimento das plântulas de *Inga uruguensis*, pois sua ausência acentuou anormalidades de raiz e definhamento das plântulas (FIGLIOLIA & KAGEYAMA, 1995).

Esse comportamento indica a existência de interação entre os fatores temperatura, umidade e luz, onde um fator pode agir como agente compensatório ao outro. Nesse caso, verificou-se que condições de muita umidade e alta temperatura podem compensar a ausência da luz, possibilitando assim o início do processo germinativo.

5 CONCLUSÃO

Os melhores resultados de germinação das sementes de *Genipa americana*, foram obtidos nas seguintes condições:

a) a 25°C - substrato úmido e muito úmido, na presença de luz branca;
b) a 30°C - todos os teores de umidade do substrato, na presença de luz branca e substratos úmido e encharcado, na ausência de luz, e
c) a 20-30°C - substratos pouco úmido, úmido e muito úmido, na presença de luz branca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHET, J. M. F. & COLLI, A. M. T. 1995. Avaliação do efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Vochysia divergens* Mart. (cambará). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IX / SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SEMENTES FLORESTAIS, 3, Florianópolis-SC, ago. 23-27, 1995. *Informativo ABRATES*, Londrina, *5*(2):175.

ALCALAY, N.; ANTONIO, M. G. & AMARAL, D. M. I. 1985. Substrato e temperatura na germinação de sementes de pau ferro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IV, Brasília-DF, out. 21-25, 1985. *Resumos...* Brasília, ABRATES. p. 155.

ARAUJO NETO, J. C. & AGUIAR, I. B. 1997. Efeitos da escarificação química e do regime de temperatura na germinação de sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) - Sterculiaceae. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, X, Foz do Iguaçu-PR, ago. 17-22, 1997. *Informativo ABRATES*, Curitiba, *7*(1/2):206.

BARBOSA, J. M. *et al.* 1985. Efeito do substrato, temperatura e luminosidade na germinação de sementes de quaresmeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IV, Brasília-DF, out. 21-25, 1985. *Resumos...* Brasília, ABRATES. p. 173.

_____. *et al.* 1989. Ensaios para estabelecimento de modelos para recuperação de áreas degradadas de matas ciliares, Mogi-Guaçu (SP) - Nota Prévia. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, São Paulo, SP, abr. 11-15, 1989. *Anais...* Campinas, Fundação Cargill. p. 268-283.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 1992. *Regras para análise de sementes*. Brasília, SNAD/DNDV/CLAV. 365p.

BELASQUE, E. F. *et al.* 1991. Caracterização de espécies de mata ciliar nos estágios sucessionais, visando subsidiar modelos na recomposição vegetal. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL, 42, Goiânia-GO, jan. 20-26, 1991. *Resumos...* Goiânia, Centro Ed. Gráfico da Univ. Fed. de Goiás. p. 154.

BORGES, E. E. L. & RENA, A. B. 1993. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. & FIGLIOLIA, M. B. *Sementes florestais tropicais*. Brasília, ABRATES. p. 83-136.

CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. & LEÃO, N. M. V. 1995. Sensibilidade de sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.) ao dessecamento e ao congelamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IX / SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SEMENTES FLORESTAIS, 3, Florianópolis-SC, ago. 23-27, 1995. *Informativo ABRATES*, Londrina, *5*(2):170.

CARVALHO, P. E. R. 1994. *Espécies florestais brasileiras - recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Colombo, EMBRAPA-CNPF/SPI. 640p.

CASTELLANI, E. D.; AGUIAR, I. B. & BANZATTO, D. A. 1997. Efeito da escarificação e da temperatura na germinação de sementes de candiúba (*Trema micrantha* (L.) Blume - Ulmaceae), de diferentes estádios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, X, Foz do Iguaçu-PR, ago. 17-22, 1997. *Informativo ABRATES*, Curitiba, *7*(1/2):197.

CRESTANA, C. de S. M. *et al.* 1992. Fenologia do fruto de *Genipa americana* L. em mata ciliar do Rio Moji-Guaçu, SP. *IPEF*, Piracicaba, (45):31-34.

CRESTANA, C. de S. M. 1995. Ecologia da polinização de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *7*(2):169-195.

_____. 1996. Fenologia de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em mata ciliar da Estação Ecológica de Moji-Guaçu - SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *8*(2):109-121.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C. & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. 1993. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. & FIGLIOLIA, M. B. *Sementes florestais tropicais*. Brasília, ABRATES. p. 137-174.

_____. & KAGEYAMA, P. Y. 1995. Ecofisiologia de sementes de *Inga uruguensis* Hook. et Arn. em condições de laboratório. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *7*(1):91-99.

FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. & OPLER, P. A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowland of Costa Rica. *Journal of Ecology*, London, *62*(3):881-919.

HERING de QUEIROZ, M. & GUIMARÃES, F. B. 1997. Fotoblastismo como estratégia germinativa de diferentes grupos ecológicos da floresta ombrófila densa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, X, Foz do Iguaçu-PR, ago. 17-22, 1997. *Informativo ABRATES*, Curitiba, *7*(1/2):234.

JESUS, R. M. & PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. 1991. Programa de produção e tecnologia de sementes florestais da Floresta Rio Doce S.A.: uma discussão dos resultados obtidos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, Atibaia-SP, out. 16-19, 1989. *Anais*... São Paulo, SMA/IF. p. 59-86. (Série Documentos)

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. & CARPANEZZI, A. A. 1989. Implantação de matas ciliares: estratégias para subsidiar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, São Paulo-SP, abr. 11-15, 1989. *Anais*... Campinas, Fundação Cargill. p. 130-143.

_____. & VIANA, V. M. 1991. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, Atibaia-SP, out. 16-19, 1989. *Anais*... São Paulo, SMA/IF. p. 197-215. (Série Documentos)

LEITE, I. T. de A. & TAKAKI, M. 1996. Aspectos da germinação de sementes de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naud. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNCIA DE SÃO PAULO, 11, São Carlos-SP, nov. 03-06, 1996. *Resumos*... São Carlos, UFSCar. p. 49.

LORENZI, H. 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa, Editora Plantarum Ltda. 382p.

MAZZONI-VIVEIROS, S. C. & LUCCHI, A. E. 1989. Adaptações anatômicas. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, São Paulo-SP, abr. 11-15, 1989. *Anais*... Campinas, Fundação Cargill. p. 71-87.

NOGUEIRA, A. C. & HENEMANN, V. 1995. Influência de umidade na germinação de sementes de *Tabebuia cassinoides*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IX / SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SEMENTES FLORESTAIS, 3, Florianópolis-SC, ago. 23-27, 1995. *Informativo ABRATES*, Londrina, *5*(2):196.

_____.; KUNIYOSHI, Y. S. & TIEPOLO, G. 1995. Substrato e temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia cassinoides*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IX / SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SEMENTES FLORESTAIS, 3, Florianópolis-SC, ago. 23-27, 1995. *Informativo ABRATES*, Londrina, *5*(2):205.

NOGUEIRA, A. C. 1997. Efeitos da umidade e da luz na germinação de sementes de *Miconia theaezans* Cogn. - Melastomataceae. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, X, Foz do Iguaçu-PR, ago. 17-22, 1997. *Informativo ABRATES*, Curitiba, *7*(1/2):212.

PEREIRA, T. S. & ANDRADE, A. C. S. 1985. Efeito da temperatura na germinação de sementes de jacatirão (*Miconia cinnamomifolia* (DC)). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IV, Brasília-DF, out. 21-25, 1985. *Resumos*... Brasília, ABRATES. p. 121.

PIMENTEL GOMES, F. 1976. *Curso de estatística experimental*. 4ed. Piracicaba, ESALQ/USP. 430p.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; REIS, L. L. & EULER, A. M. C. 1996. Padrões ecofisiológicos de germinação de sementes de espécies secundárias arbóreas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNCIA DE SÃO PAULO, 11, São Carlos-SP, nov. 03-06, 1996. *Resumos*... São Carlos, UFSCar. p. 70.

PIO-CORRÊA, M. 1969. *Dicionários das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Brasília, IBAMA. 6v.

POPINIGIS, F. 1977. *Fisiologia da semente*. Brasília, Ministério da Agricultura-AGIPLAN. 289p.

RIZZINI, C. T. 1971. *Árvores e madeiras úteis do Brasil*. São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda. 294p.

SANTANNA, C. A. F.; PEREIRA, T. S. & ANDRADE, A. C. S. 1991a. Influência de diferentes temperaturas e tipos de substratos na germinação de sementes de *Genipa americana* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, VII, Campo Grande-MT, set. 16-20, 1991. *Informativo ABRATES*, Brasília, *1*(4):118.

_____.; CUNHA, R. & ANDRADE, A. C. S. 1991b. Procedimentos para identificação do comportamento de sementes de *Genipa americana* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, VII, Campo Grande-MT, set. 16-20, 1991. *Informativo ABRATES*, Brasília, *1*(4):141.

SILVA, L. B. X. da & TORRES, M. A. V. 1992. Espécies florestais cultivadas pela COPEL-PR (1974-1988). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo-SP, mar.-abr. 29-03, 1992. *Anais... Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, *4*(único):585-594. Pt. 2. (Edição Especial)

SOUZA, A. D. O.; ANDRADE, A. C. S. & LOUREIRO, M. B. 1995. Efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de palmiteiro (*Euterpe edulis* Mart.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IX / SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SEMENTES FLORESTAIS, 3, Florianópolis-SC, ago. 23-27, 1995. *Informativo ABRATES*, Londrina, *5*(2):190.

SOUZA, A. F. *et al.* 1995. Germinação e desenvolvimento pós-seminal de *Genipa americana*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, IX / SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SEMENTES FLORESTAIS, 3, Florianópolis-SC, ago. 23-27, 1995. *Informativo ABRATES*, Londrina, *5*(2):195.

STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H. 1960. *Principles and procedures of statistics*. London, Mc Graw Hill. 481p.

ASSOCIAÇÃO ECTOMICORRÍZICA ENTRE *Suillus luteus* (L. ex. FR.) S. F. Gray E *Pinus elliottii* Engelman var. *elliottii**

Nilse Kasue Shimura YOKOMIZO**
Eliana RODRIGUES***

RESUMO

Identificou-se o basidiomiceto *Suillus luteus* (L. ex. Fr.) S. F. Gray como simbionte micorrízico no sistema radicular de *Pinus elliottii* Engelman var. *elliottii*, localizado em Campos do Jordão, SP. As micorrizas são tipicamente ectotróficas, apresentando morfologia bifurcada nos estádios jovens e tuberculada na maturidade. Caracterizam-se por apresentar um manto que varia de 3,59 a 33,66 µm de espessura, inclusive no tipo tuberculado, onde encontram-se até 11 ápices de raízes reunidos num único tubérculo. A rede de Hartig permeia-se por uma camada de até três células epidermais, com penetração do micélio no espaço intercelular de 0,29 - 0,76 µm. Obtidos em meio de cultura Modified Melin Norkrans (MMN), os isolados de micorriza e de basidiomas apresentaram as mesmas características culturais. Síntese de micorrizas em condições axênicas, a partir de isolados de micorrizas e de basidiomas, apresentaram ectomicorrizas bifurcadas, comprovando o caráter micorrízico de *Suillus luteus* em *Pinus elliottii* var. *elliottii*.

Palavras-chave: ectomicorriza; micorriza; *Pinus elliottii* var. *elliottii*; *Suillus luteus*.

ABSTRACT

The basidiomycete *Suillus luteus* (L. ex. Fr.) Gray was identified as mycorrhizal symbiont in *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* root system. The mycorrhizae were typically ectotrophic, with branched morphology in the early stages and tuberculate at maturity. The ectomycorrhizae had a hyphal mantle 3.59 - 33.66 µm thick as long as in the tuberculate type, in which were found up to eleven root tips inside one tubercule. The Hartig net penetrated the outer three epidermal cells with mycelial penetration in the intercelular space of 0.29 - 0.76 µm. *In vitro* isolates obtained in Modified Melin Norkrans (MMN) from basidiocarps and mycorrhizae presented the same cultural characteristics. Mycorrhizae were axenically synthesized by inoculation of these isolates in *Pinus elliottii* var. *elliottii* in aseptic conditions.

Key words: ectomycorrhizae; mycorrhizae; *Pinus elliottii* var. *elliottii*; *Suillus luteus*.

1 INTRODUÇÃO

A micorriza é a simbiose entre as raízes de plantas com fungos que, reciprocamente intercambiam água e nutrientes do solo, beneficiando ambas as partes. Trata-se de fenômeno freqüente em todos os ecossistemas naturais (SÖDERSTRÖM, 1992), sendo que as espécies que não estabelecem este tipo de associação na natureza são exceções. Em espécies de *Pinus*, a simbiose micorrízica é de vital importância, uma vez que estas não sobrevivem sem a presença do fungo micorrízico. Este fato foi observado por ocasião das primeiras experiências com espécies coníferas, que invariavelmente falhavam ou apresentavam desenvolvimento insatisfatório, até o momento em que se introduzia um fungo micorrízico adequado (MIKOLA, 1980). Esta dependência, que relaciona a presença de micorrizas ao bom desempenho das árvores, é resultante dos efeitos da simbiose como: maior capacidade de absorção de água e nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio entre outros; maior capacidade no desdobramento de complexos minerais e de substâncias orgânicas, pelos fungos micorrízicos, que os transferem para as árvores; melhor desempenho da planta na resistência a extremos de acidez,

(*) Convênio FINEP/SAA/IF nº 54.85.0087.01. Parte da Dissertação de Mestrado do segundo autor, apresentada em 05/04/95 ao Instituto de Biociências - UNESP, Campus de Rio Claro e aceito para publicação em maio de 1998.
(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.
(***) Pós-Graduanda do Instituto de Biociências - UNESP, Campus de Rio Claro, Av. 24-A, nº 1515, Caixa Postal 199, 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil.

temperatura e ataque de patógenos; maior tolerância à poluição; aumento na taxa de sobrevivência após transplante e indução à longevidade das raízes. A simbiose micorrízica oferece ainda outros beneficies, como o aumento da agregação do solo através do micélio extra-matricial e o aumento da diversidade das plantas, que potencializam seu uso em programas de recuperação de áreas degradadas e controle de erosão (HARLEY, 1991 e DODD & THOMSOM, 1994).

Em solos de florestas, observa-se a ocorrência de basidiomas de fungos, cujo micélio, em geral, estabelece a associação simbiótica com o sistema radicular das árvores. Assim, a ocorrência freqüente e sistemática desses basidiomas em determinada área, pode indicar a existência de associações micorrízicas. É o que ocorre com basidiomas com aparência de *Suillus*, de alta freqüência em talhões de *Pinus* do sudeste brasileiro. Além disso, o sistema radicular das espécies de *Pinus* apresenta formações com aspecto de ectomicorrizas. Estes fatores indicam a existência de uma associação entre o sistema radicular de *Pinus* e o micélio vegetativo de *Suillus*.

Baseado nessas considerações, o presente trabalho objetivou a identificação do gênero *Suillus* associado em plantio de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, comprovar a simbiose entre ambas, e descrever as características morfológicas e anatômicas da micorriza associada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Basidiomas

Basidiomas com características do gênero *Suillus*, e micorrizas associadas foram coletados em uma área de amostragem constituída de 740 m^2, de um talhão de *Pinus elliottii* Engelman var. *elliottii*, com 32 anos de idade, no Parque Estadual de Campos do Jordão, Campos do Jordão, SP, latitude 22°44', longitude 45°34'W e altitude de 1630 m. As coletas foram realizadas mensalmente, durante o período de julho de 1985 a dezembro de 1986, contando-se todos os basidiomas encontrados na área de amostragem.

O isolamento do fungo foi realizado transferindo-se fragmentos do contexto para tubos de ensaio contendo meio agarizado Modified Melin Norkrans - MMN (MARX, 1969) e incubados em estufa à 25°C ± 2°C, em ausência de luz.

Exemplares destinados à identificação foram embalados e acondicionados em caixas plásticas com sílica gel. Empregou-se as metodologias recomendadas por LARGENT (1977) e LARGENT *et al.* (1977), para características macroscópicas e microscópicas, respectivamente, e por PEGLER (1977).

2.2 Micorrizas

Da mesma área de coleta dos basidiomas, coletou-se as micorrizas. Em laboratório, foram selecionadas e lavadas sucessivamente em água destilada. Exemplares destinados às descrições morfológica e anatômica (INGLEBY *et al.*, 1990 e AGERER, 1991) foram preservados em FAA (WILCOX, 1982).

Dez amostras de micorrizas de cada coleta foram destinadas à determinação das características culturais, sendo submetidas ao processo de isolamento em meio de cultura (MARX & BRYAN, 1975) e incubadas à 25° ± 2°C, em ausência de luz.

2.3 Síntese de Micorriza

Para a confirmação do caráter micorrízico das culturas originadas tanto dos basidiomas como das micorrizas, utilizou-se o aparato para síntese de micorrizas de KASUYA (1988). A incubação foi realizada em regime de fotoperíodo diário de 12 horas de luz de lâmpada fluorescente, em temperatura de 25° ± 2°C.

3 RESULTADOS

3.1 Basidiomas

O comportamento e as características dos basidiomas associados à *P. elliottii* var. *elliottii* correspondem à *Suillus luteus* (L. ex. Fr.) S. F. Gray (PEGLER, 1977). No período de julho de 1985 a dezembro de 1986, em que a área de coleta de 740 m^2 foi mensalmente vistoriada, detectou-se uma flutuação na freqüência de ocorrência de basidiomas de *Suillus luteus* (TABELA 1).

TABELA 1 - Ocorrência de basidiomas (em unidades) de *Suillus luteus* no período de julho/85 a dez./86 em área de 740 m^2, situado em talhão de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, em Campos do Jordão, SP. O asterisco (*) indica a presença de basidiomas fora da área demarcada.

Ano	1985						1986											
Mês	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
Basidiomas (em unidades)	0	3	2	0	0	0	*	*	1	*	2	*	*	0	*	0	3	*

S. luteus não apresentou sazonalidade e possuía hábito solitário, ocorrendo junto às acículas derramadas no talhão de *P. elliottii* var. *elliottii*, tanto em plena luz como em locais sombreados. Os rizóides eram pouco desenvolvidos e apresentavam pouca resistência ao ato da coleta. Os prolongamentos dos rizóides eram constituídos de rizomorfas, de coloração amarela, diâmetro variando de 14,38 a 45,90 µm. Constituía-se de um feixe de hifas com diâmetro variando de 2,37 a 3,79 µm. Apresentava nas hifas externas massa de pigmentos típicas do gênero *Suillus* (PALM & STEWART, 1984). Estas rizomorfas formavam a trama de hifas que se disseminavam pelo solo, conectando-se às raízes do hospedeiro.

O basidioma apresentava estipe central em forma de garrafa, fibrosa, internamente oca, com coloração branca a levemente amarela, correspondente à prancha 9 B/1 da carta de cores de MAERZ & PAUL (1950). O véu anular apresentava coloração branca quando jovem, caindo facilmente após a ruptura e exposição do himênio. O píleo era convexo, de coloração marrom, correspondente à prancha 6 D/11 e apresentava na superfície externa superior secreção viscosa e brilhante. O contexto era carnoso e apresentava na superfície inferior himênio tubular, de coloração amarela correspondente à prancha 11 H/5, onde eram produzidos os esporos. A esporada apresentava coloração marrom, correspondente à prancha 11 I/7. Os esporos eram elipsóides e hialinos, com dimensões de 8-10 µm no maior diâmetro.

O isolamento de *Suillus luteus* a partir de fragmentos do contexto resultou em colônias com crescimento radial de 9 cm em 20 dias de incubação. Em placas de Petri, a colônia apresentava elevação convexa e aparência cotonosa. Comparadas com a carta de cores de MAERZ & PAUL (1950), as culturas apresentavam diferentes tons de marrom, de acordo com seu desenvolvimento, sendo o estádio inicial correspondente à prancha 17 A/1 e o estádio maturo correspondente à prancha 12 A/12. Após 20 dias de incubação a colônia apresentava 3 faixas distintas de coloração marrom, dos bordos para o centro, correspondendo às cores 13 D/14, 13 E/15 e 16 A/18.

Após a identificação, amostras representativas de *Suillus luteus* foram depositadas no Herbário D. Bento Pickel do Instituto Florestal (SPSF) sob números 9664, 9746, 9980 e 10674.

3.2 Coleta e Isolamento de Micorrizas

As micorrizas associadas às raízes de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, eram ectomicorrizas típicas, com morfologia do tipo nodular ou tuberculado, conforme terminologia adotada por ZAK (1973), onde encontravam-se até 11 ápices de raízes reunidos em um único tubérculo micorrízico. Os primórdios da micorriza eram quase arredondados, com leve depressão na região central superior, como início do processo de bifurcação. Em estádio mais desenvolvido passavam a apresentar ramificação mais alongada, com comprimento variando de 0,47 a 0,53 mm contados a partir do ponto de bifurcação. Posteriormente formavam massa de hifas que se avolumava resultando na formação do nódulo ou tubérculo, cujo diâmetro maior era de 1,3 mm. Anatomicamente apresentava o manto de hifas circundando a superfície da raiz, com penetração intercelular das hifas formando a rede de Hartig, caracterizando típica ectomicorriza. A primeira camada do manto era constituída por uma trama micelial do tipo prosênquima (AGERER, 1991), onde

as hifas apresentam massa de pigmentos típicas do gênero *Suillus* (PALM & STEWART, 1984). Uma segunda camada diferencial foi observada, com micélio em arranjo sinenquimatoso, onde a maioria das hifas localizavam paralelamente no mesmo sentido do comprimento da raiz. O manto, incluindo prosênquima e sinênquima, apresentavam espessura que variava de 3,59 μm a 33,66 μm, (média de 18,46 μm). Na rede de Hartig o micélio percorria intercelularmente um espaço de 2 a 5 camadas de células da epiderme, percorrendo raio que variava de 10,55 a 20,85 μm entre o manto e o córtex da raiz (média de 14,55 μm). O espaço intercelular era ocupado por um feixe de 2 a 3 hifas, apresentando espessura que variava de 0,29 μm a 0,76 μm (média de 0,53 μm) que penetravam, entrelaçadas entre si, até o córtex radicular.

As rizomorfas associadas às micorrizas apresentavam as mesmas características das rizomorfas associadas aos basidiomas, possuindo cor amarela constituídas por feixe de hifas com espessura de 7,07 μm de diâmetro.

O isolamento do fungo a partir das micorrizas resultou na recuperação de *Suillus luteus* em cerca de 90% das culturas realizadas. As características culturais apresentadas pelo isolado das micorrizas foram exatamente iguais às das culturas provenientes de isolamento a partir de basidiomas, conforme descritas no item 4.1.

3.3 Síntese de Micorrizas

Ambos os isolados, obtidos a partir de basidiomas e de micorrizas, após 2 meses de incubação junto às plântulas, induziram a formação de ectomicorrizas em plântulas de *P. elliottii* var. *elliottii*.

Sintetizadas *in vitro*, as ectomicorrizas apresentaram a mesma coloração, forma e anatomia dos primórdios das micorrizas coletadas em campo. Inicialmente apresentaram estrutura bifurcada que se desenvolveu para forma coralóide, apresentando a forma nodular tuberculada encontrada em condições naturais.

4 DISCUSSÃO

As culturas obtidas de basidiomas e de micorrizas de *Suillus luteus*, coletado em talhões de *Pinus elliotiii* var. *elliottii*, no Parque Estadual de Campos do Jordão, apresentaram as mesmas características. Este fato permite a identificação do fungo simbionte associado às raízes de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, como sendo *Suillus luteus*, pois, segundo ZAK (1973), a obtenção desta semelhança de características culturais é suficiente para a identificação do fungo simbionte. Além disso, a síntese de micorriza *in vitro* vem confirmar a simbiose entre ambos.

A ectomicorriza resultante da simbiose complementa as informações de BONONI *et al.* (1984), que também em Campos do Jordão, SP, registraram a ocorrência de *S. luteus*, restringindo-se, no entanto, ao levantamento micológico, não comprovando a capacidade de micorrização simbiótica da espécie. Segundo esses autores, *S. luteus* foi provavelmente introduzido na região, associado às coníferas lá introduzidas.

Os inúmeros registros constantes na literatura mundial sobre a associação *Pinus*/*Suillus* e as observações de KRUGNER & TOMAZELLO FILHO (1981), CARVALHO (1984) e VIEIRA & PERES (1990) nas condições brasileiras revelam a capacidade de *Suillus* em associar-se à diversas espécies de *Pinus*, sendo este um requisito favorável para torná-lo candidato potencial para estudo como inoculante destinado a múltiplos hospedeiros.

Para esta finalidade, entre outras, há necessidade de estudos complementares com respeito à função de *S. luteus* e sua atividade na sucessão ecológica no decorrer do desenvolvimento do hospedeiro. Considerando que estes dados se referem à um talhão de *P. elliottii* var. *elliottii* com 32 anos de idade, pode-se inferir que *S. luteus* é fungo associado a estádios tardios para o hospedeiro em questão. Entretanto LAMB & RICHARDS (1970), na Austrália, citaram a associação de *Suillus granulatus* com *Pinus radiata* e *Pinus elliottii* var. *elliottii*, a partir de isolamento direto das micorrizas de plantios estabelecidos, com idade entre 2 e 40 anos. LAMB (1979), na Austrália, observou a associação entre *Suillus luteus* e *Pinus radiata* e *Suillus granulatus* e *Pinus elliottii* var. *elliottii*, também através do isolamento de fungos micorrízicos diretamente de raízes coletadas em campo. LAST *et al.* (1992) observaram a ocorrência de *Suillus* como micorrízico em condições de campo para *Pinus radiata* e *Suillus bovinus* em

Pinus sylvestris restritas a intervalo de idade entre 5 a 10 anos. Muito embora neste trabalho as ectomicorrizas tenham sido observadas também em plântulas, as condições foram totalmente artificiais, *in vitro*, restritas a ambiente livre de competição, com todos os fatores ambientais favorecendo a simbiose, não podendo portanto, ser transportadas para condições de campo. São informações que necessitam ser estudadas para determinar se esta associação apresenta especificidade para estádios juvenis, tardios ou outra etapa do desenvolvimento de *P. elliottii* var. *elliottii* (DEACON & DONALDSON, 1983).

A inexistência de relação direta entre a ocorrência de basidiomas na superfície e a micorriza presente nas raízes (GARDES & BRUNS 1993), pode ser comprovada no presente trabalho, onde micorrizas tuberculadas eram facilmente observadas pelo talhão de *P. elliottii* var. *elliottii* independentemente da presença ou não de basidiomas de *Suillus luteus*. A morfologia mais facilmente detectada nas condições do presente trabalho, do tipo nodular tuberculada não é inédita, tendo sido observada por KELLER (1992), em *Pinus cembra* (L.) associada à *Suillus plorans* (Roll.) Sing. Este tipo nodular tuberculado favorece a recuperação do *S. luteus* em meio de cultura. O adensamento de micélio no tubérculo, formado pela coalescência dos mantos de várias micorrizas, forma barreira física que impede a invasão de outros microrganismos, facilitando ainda o processo de esterilização superficial, mantendo viável o micélio contido no interior. Esta característica explica a facilidade de recuperação de *Suillus* em meio de cultura, se comparada às tentativas usuais de recuperação de fungos a partir das ectomicorrizas.

As micorrizas obtidas *in vitro* apresentaram morfologia do tipo coralóide, diferente das coletadas em condições naturais, que apresentavam morfologia nodular tuberculada. Contudo, os primórdios das micorrizas coletadas em condições naturais possuíam morfologia do tipo coralóide. Este resultado permite inferir sobre a existência de várias fases na formação dos diferentes tipos micorrízicos obtidos a partir de um mesmo isolado. Desta forma, presume-se que *Suillus luteus* apresenta morfologia bifurcada simples na fase inicial da associação micorrízica, evoluindo para o tipo coralóide, no qual a proximidade das micorrizas induz à coalescência, formando micorrizas nodulares-tuberculadas, como as observadas em condições naturais.

As informações disponíveis sobre *Suillus* e os resultados obtidos neste trabalho permitem incluí-lo no rol de fungos potencialmente aptos a serem utilizados em estudos sobre desenvolvimento de programas de produção de inoculantes silviculturais, pois pode-se considerar que *Suillus luteus* atendeu aos requisitos citados por MARX & KENNEY (1982) de possuir vasta gama de hospedeiros e apresentar fácil propagação, pois apresentou crescimento sem exigência de meios de cultura sofisticados. Também o requisito citado por KASUYA & MUCHOVEJ (1989), de possuir habilidade em formar micorrizas, foi atendido.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, concluiu-se que:

a) os basidiocarpos encontrados em talhões de 32 anos de idade de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*, na região de Campos do Jordão, bem como o fungo micorrízico associado ao sistema radicular desta espécie, tratam-se de *Suillus luteus* (L. ex. Fr.) Gray;
b) a simbiose micorrízica entre *Suillus luteus* e *P. elliottii* var. *elliottii* em condições naturais resulta em ectomicorrizas de tipo morfológico bifurcado a tubercular nodulado, e
c) a simbiose micorrízica entre *Suillus luteus* e *P. elliottii* var. *elliottii* sintetizadas *in vitro* resulta em ectomicorrizas de tipo morfológico bifurcado.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, à Fundação para a Produção e a Conservação Florestal do Estado de São Paulo e às senhoras Antonia Aparecida Jaime Palhares, bióloga Christina Arslanian e à Professora Doutora Lilian Isolde Thomasini Casagrande pela colaboração prestada na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KRUGNER, T. L. & TOMAZELLO FILHO, M.

AGERER, R. 1991. Characterization of ectomycorrhiza. In: NORRIS, J. R.; READ, D. J. & VARMA, A. K. (eds.) *Methods in Microbiology*. London, Academic Press. v. 23. p. 25-73.

BONONI, V. L. *et al.* 1984. Agaricales (Basidiomycetes) do Parque Estadual de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Rickia*, São Paulo, (11):85-89.

CARVALHO, E. M. S. 1984. *Caracterização e classificação de ectomicorrizas de* **Pinus** *spp encontradas em duas florestas de Minas Gerais*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 52p. (Dissertação de Mestrado)

DEACON, J. W.; DONALDSON, S. J. & LAST, F. T. 1983. Sequences and interactions of mycorrhizal fungi on birch. *Plant and Soil*, Dordrecht, *71*:257-262.

DODD, J. C. & THOMSON, B. D. 1994. The screening and selection of inoculant arbuscular-mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, Dordrecht, *159*(1):149-158.

GARDES, M. & BRUNS, T. D. 1993. The mycorrhizal guild structure of bishop pine forest in California. In: PETERSON, L. & SCHELKLE, M. (eds.) *Proceedings of the Ninth NACON...* Guelph, University of Guelph. p. 105.

HARLEY, J. L. 1991. Introduction: the state of art. In: NORRIS, J. R.; READ, D. J. & VARMA, A. K. *Methods in Microbiology*. London, Academic Press. v. 23. p. 1-23.

INGLEBY, K. *et al.* 1991. *Identification of ectomycorrhizas*. London, HMSO, Institute of Terrestrial Ecology. 112p. (ITE Research Publication, 5)

KASUYA, M. C. M. 1988. *Seleção de fungos ectomicorrízicos para utilização em programas de micorrização controlada em* **Pinus**: *estudos ecológicos e fisiológicos em síntese "in vitro"*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 61p. (Dissertação de Mestrado)

_____. & MUCHOVEJ, R. M. C. 1989. Temperature effects on mycorrhizal formations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *South African Forestry Journal*, Pretoria, *151*:32-35.

KELLER, G. 1992. Isozymes in isolates of *Suillus* species from *Pinus cembra* L. *The New Phytologist*, London, *120*:351-358.

PEGLER, D. N. 1977. *A preliminary agaric flora* 1981. *Ocorrência de micorrizas em espécies de* **Pinus** *e identificação dos fungos associados*. Piracicaba, IPEF. 8p. (Circular Técnica, 139)

LAMB, R. J. 1979. Factors responsible for the distribution of mycorrhizal fungi of *Pinus* in Eastern Australia. *Australian Forestry Research*, Camberra, *9*:25-34.

_____. & RICHARDS, B. N. 1970. Some mycorrhizal fungi in Australia. *Transactions of the British Mycological Research*, Cambridge, *54*(3):371-378.

LARGENT, D. L. 1977. *How to identify mushrooms to genus I: macroscopic features*. Edinburgh, Mad River Press. 85p.

_____.; JOHNSON, D. & WATLING, R. (consultant) 1977. *How to identify mushrooms to genus lll: microscopic features*. Edinburgh, Mad River Press. 148p.

LAST, F. T. *et al.* 1992. Sequences of sheating. In: READ, D. J.; LEWIS, D. H. & ALEXANDER, I. J. (eds) *Mycorrhizas in ecosystems*. Wallingford, C.A.B. International. p. 214-219.

MAERZ, A. & PAUL, M. R. 1950. *A dictionary of color*. New York, McGraw-Hill. 208p.

MARX, D. H. 1969. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections: 1. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. *Phytopathology*, St. Paul, *59*:153-163.

_____. & BRYAN, W. C. 1975. Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine in fumigated soils infected with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. *Forest Science*, Washington, *21*:245-254.

_____. & KENNEY, D. S. 1982. Production of ectomycorrhizal fungus inoculum. In: SCHENCK, N. C. (ed.) *Methods and principles of mycorrhizal research*. St. Paul, The American Phytopathological Society. p. 131-146.

MIKOLA, P. 1980. Mycorrhiza across the frontiers. In: MIKOLA, P. (ed.) *Tropical Mycorrhizal Research*. Oxford, Clarendon Press. p. 3-10.

PALM, M. E. & STEWART, E. L. 1984. In vitro synthesis of mycorrhizae between presumed specific and non-specific *Pinus* + *Suillus* combinations. *Mycologia*, New York, *76*(4):579-600.

of East Africa. Kew Surrey, HMSO. 615p. (Kew Bulletin Additional Series, 6)

SÖDERSTRÖM, B. 1992. The ecological potential of the ectomycorrhizal mycelium. In: READ, D. J. *et al.* (eds.) *Mycorrhizas in ecosystems*. Cambridge, C.A.B. International. p. 77-83.

VIEIRA, R. F. & PERES, J. R. R. 1990. Fungos ectomicorrízicos para *Pinus* spp. cultivados em solo sob vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, *14*:33-39.

WILCOX, H. E. 1982. Morphology and development of ecto and ectendomycorrhizae. In: SCHENCK, N. C. (ed.) *Methods and principles of mycorrhiza research*. St. Paul, The American Phytopathological Society. p. 103-113.

ZAK, B. 1973. Classification of ectomycorrhizae. In: MARKS, G. C. & KOZLOWSK, T. T. (coord.) *Ectomycorrhizae - their ecology and physiolgy*. New York, Academic Press. p. 43-78.

REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREA À MARGEM DE REPRESA, NO MUNICÍPIO DE PIRACICABA, SP*

Gonçalo MARIANO**
Cybele de Souza Machado CRESTANA**
Eduardo Amaral BATISTA**
Edegar GIANNOTTI**
Hilton Thadeu Zarate do COUTO***

RESUMO

A pesquisa, realizada na Estação Experimental de Tupi, Piracicaba, SP, teve como objetivo analisar a regeneração natural interpretada através de parâmetros dendrométricos tradicionais, bem como do sistema de dispersão das espécies. Trata-se de uma área atingida por incêndio em 1975, e recuperada através do plantio de 22 espécies, entre exóticas e nativas, em espaçamento de 6 m x 6 m, ocupando um total de 6.000 m^2. Foram consideradas duas categorias de espécies: plantadas, utilizadas no plantio inicial, e regeneradas. Os seguintes parâmetros foram analisados: altura e diâmetro das árvores; número de árvores e área basal. Entre as espécies plantadas, o valor máximo em altura foi registrado para *Tabebuia impetiginosa* e, em diâmetro, para *Senna multijuga*. Entre as regeneradas, o valor máximo desses dois parâmetros foi apresentado por *Syagrus romanzoffiana*. As maiores áreas basais foram atingidas por *Croton floribundus, Stenolobium stans, Syagrus romanzoffiana, Pterogyne nitens* e *Maclura tinctoria*. A anemocoria foi o sistema predominante de dispersão das espécies.

Palavras-chave: floresta; dispersão; recuperação.

ABSTRACT

This research was carried out in Tupi Experimental Station, located at Piracicaba, State of São Paulo, Brazil, and its purpose has been to analyze the natural regeneration expounded through traditional dendrometric parameters, as well as scattering system of species. It is an area, that was affected by fire in 1975 and rehabilitated through planting of 22 species, among exotics and native, on spacing 6 m x 6 m, in total 6.000 m^2. Two species classes were considered: planted species, that one used at the initial planting and renewed species. The following parameters were analyzed: height and diameter of trees; density and basal area. Among the planted species, the maximum value for height was registered by *Tabebuia impetiginosa*, and the highest value for diameter was presented by *Senna multijuga*. The greatest value for these parameters among the renewed species was attained by *Syagrus romanzoffiana*. The greatest values for basal area were presented by *Croton floribundus, Stenolobium stans, Syagrus romanzoffiana, Pterogyne nitens* and *Maclura tinctoria*. Anemochory is the predominant scattering system of the species.

Key words: forest; dispersal; rehabilitation.

1 INTRODUÇÃO

Com a realização, em 1989, do "Seminário Sobre Mata Ciliar", pôde-se constatar a existência de algumas áreas em que, de modo pioneiro, técnicos e pesquisadores iniciaram a implantação de reflorestamentos mistos que privilegiaram a utilização de essências nativas. Nessa linha, no Estado de São Paulo, contam-se iniciativas como as de Cosmópolis (NOGUEIRA, 1977) e de Cândido Mota (DURIGAN & SOUZA DIAS, 1990) desenvolvidas, respectivamente, em 1955 e 1973.

Data de 1975 a tentativa bem sucedida de recuperação de um trecho de mata natural, em Piracicaba, SP, que resulta hoje em um maciço florestal contínuo que em nada denota a ocorrência de incêndio, e que vem desempenhando função protetora do solo, contribuindo também como recurso alimentar à fauna e como elemento valorizador da paisagem. O presente trabalho tem como objetivo analisar a regeneração natural deste caso, interpretada através de parâmetros dendrométricos tradicionais e do sistema de dispersão das espécies.

(*) Aceito para publicação em junho de 1998.
(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.
(***) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Caixa Postal 9, 13400-970, Piracicaba, SP, Brasil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO (1978), ao examinar a regeneração natural em Santarém, PA, em área de 35 ha, submetida a explorações seletivas na Floresta Nacional do Tapajós, considerou indivíduos desde o estádio de plântula até o diâmetro de 15 cm (DAP). Foram constatadas 23 famílias, 58 gêneros e cerca de 80 espécies florestais de valor comercial. A ocorrência da regeneração natural de espécies valiosas apresentou-se elevada, podendo estas ser aproveitadas na formação de povoamentos de expressivo valor comercial. Segundo o autor, há necessidade de intervenções que favoreçam a regeneração natural das espécies mais valiosas, para aumentar o valor comercial do povoamento.

Ao desenvolver trabalho sobre implantação de cobertura vegetal em áreas marginais a reservatórios na Usina Hidrelétrica Governador Parigot de Souza, PR, REICHMANN NETO (1978) concluiu que a altura média das árvores foi pouco expressiva (0,65 m) cerca de 1 ano e 4 meses após a implantação, talvez devido às condições edáficas, muito precárias. No ano seguinte notou-se um desenvolvimento expressivo de altura nas árvores. Ao final de 3 anos de observação verificou-se crescimento médio anual de 0,28 m/ano, bastante satisfatório em se considerando a degradação do solo local.

Numa avaliação feita por FELFILI *et al.* (1988) sobre a dinâmica da regeneração natural em condições de mata, na Fazenda Água Limpa, DF, foram encontradas 33 famílias. Na classe das mudas não estabelecidas, *Copaifera langsdorffii* e *Inga* sp foram as espécies mais importantes em abundância e freqüência. Entre as espécies estabelecidas, predominaram *Piptocarpha macropoda* e as do gênero *Protium.*

Num ensaio de campo instalado por BARBOSA *et al.* (1990), em Moji-Guaçu, SP, avaliou-se um plantio misto para regeneração de um trecho degradado de mata ciliar realizado a partir de 1.590 mudas e 11 espécies, incluindo secundárias iniciais, tardias e climácicas. A porcentagem média de sobrevivência foi de 92% para as mudas menores e de 95% nos estádios mais avançados. A variação da porcentagem de sobrevivência deve-se à alguns fatores como número de indivíduos utilizados para cada espécie, adaptação das mudas às novas condições, competição com a vegetação pioneira local, época e condição climática no plantio das mudas e, ainda, a ocorrência de ação antrópica.

A respeito de abundância e diversidade da regeneração natural sob mata ciliar implantada na Fazenda Cananéia, em Cândido Mota, SP, DURIGAN & SOUZA DIAS (1990) concluíram que estava ocorrendo regeneração natural abundante sob a floresta; que a diversidade florística aumentou com o surgimento de indivíduos de espécies que não foram plantadas e que algumas espécies introduzidas estavam se regenerando tão bem quanto as nativas.

A regeneração natural de espécies clímax ocorre a partir do banco de plântulas ou queda de sementes em locais propícios ao estabelecimento, que é função da dispersão de sementes por animais. Por isso, danos causados mecanicamente ao banco de plântulas afetam o padrão de regeneração da espécie, que independe das clareiras, ou que delas depende indiretamente, após sua ocupação por espécies de estádios sucessionais anteriores (PIÑA-RODRIGUES *et al.*, 1990).

Estudo realizado por SANTARELLI (1990) sobre recomposição de matas nativas visou classificar as espécies através de dados de altura e diâmetro, em grupos de comportamento similar quanto à forma de crescimento e desenvolvimento. Como resultado, constatou-se correlação direta entre altura e diâmetro para as espécies. Verificou-se ainda, que *Guazuma ulmifolia* (mutambo), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Anadenanthera polyphylla* (monjoleiro) e *Spondias lutea* (cajá-mirim) apresentaram o mesmo ritmo de crescimento da *Cecropia* sp (embaúba), considerada uma espécie pioneira típica. Considerando-se apenas o rápido recobrimento da área, pode-se usar essas espécies como pertencentes ao estádio inicial, aumentando, assim, as alternativas para diversificação das espécies usadas como pioneiras.

3 MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa foi desenvolvida na Estação Experimental de Tupi, município de Piracicaba, SP, situada aproximadamente no cruzamento das coordenadas 22°43' de latitude sul e 47°38' de longitude WG, abrangendo uma área de 198 ha, numa altitude média de 515 m.

O clima é caracterizado como quente de inverno seco - Cwa (KÖPPEN, 1948). A precipitação é de 1351 mm anuais, com déficit hídrico de 19 mm no período de abril a setembro (VEIGA, 1975). O solo, segundo VIDAL TORRADO (1994), pertence às unidades Podzólico Vermelho Escuro Álico e Podzólico Vermelho Amarelo Álico, é pouco profundo, com média a baixa fertilidade e de textura arenosa/média.

Trata-se de área alterada, situada à margem de represa, atingida por incêndio em 1975, e recuperada no mesmo ano através do plantio de 22 espécies, entre exóticas e nativas (TABELA 1), em espaçamento de 6 m x 6 m, ocupando um total de 6.000 m^2. No seu entorno ocorre um fragmento de floresta mesófila semidecídua, em estádio sucessional intermediário. O número de mudas por espécie foi variado e as sobreviventes são apresentadas na TABELA 9.

TABELA 1 - Espécies nativas (N) e exóticas (E) plantadas em área de recuperação em Tupi, Piracicaba, SP, em 1975.

Família	Espécie
Bignoniaceae	*Spathodea campanulata* (E)
	Tabebuia avellanedae (N)
	Tabebuia chrysotricha (N)
	Tabebuia impetiginosa (N)
Chrysobalanaceae	*Licania tomentosa* (N)
Lecythidaceae	*Cariniana legalis* (N)
Leguminosae	*Centrolobium tomentosum* (N)
	Hymenaea courbaril (N)
	Myroxylon balsamum (N)
	Anadenanthera macrocarpa (N)
	Pterogyne nitens (N)
	Senna multijuga (N)
Lythraceae	*Lafoensia glyptocarpa* (N)
	Lagerstroemia indica (E)
Meliaceae	*Cedrela fissilis* (N)
Myrtaceae	*Syzygium cumini* (E)
Polygonaceae	*Triplaris brasiliana* (N)
Proteaceae	*Grevillea robusta* (E)
Rutaceae	*Balfourodendron riedelianum* (N)
	Esenbeckia leiocarpa (N)
Sterculiaceae	*Dombeya wallichii* (E)
Verbenaceae	*Tectona grandis* (E)

No conjunto da vegetação foram consideradas duas categorias de espécies: a) plantadas - aquelas utilizadas no plantio inicial; b) regeneradas - aquelas oriundas da regeneração natural.

O experimento ocupa uma área de 0,20 ha, onde foram demarcadas 10 parcelas retangulares de 200 m^2 (10 m x 20 m). Todas as arvoretas existentes foram amostradas, não tendo sido considerada a vegetação herbácea. Em 1975, todas as árvores superiores a 31 cm de altura foram medidas em diâmetro e altura. Nas plantas com altura inferior a 1,30 m, o diâmetro foi medido ao nível do solo, enquanto para aquelas que atingiram alturas superiores a este valor, mediu-se o DAP (1,30 m).

As espécies identificadas neste levantamento foram distribuídas por categorias, tendo sido analisados os seguintes parâmetros: para a categoria "plantação" e "regeneração" analisaram-se o número de árvores por hectare, a altura média, o diâmetro médio das árvores e a área basal por hectare.

Os dados foram processados em microcomputador, utilizando-se para a análise estatística o software SAS (Statistical Analisys System, 1979). As variáveis estudadas foram altura, DAP, área basal/ha e número de árvores/ha.

4 RESULTADOS

A análise dos dados permitiu obter os resultados apresentados nas TABELAS de números 2 a 10.

TABELA 2 - Espécies levantadas, respectivas famílias e sistemas de dispersão.

CÓDIGO	ESPÉCIE	FAMÍLIA	SISTEMA DE DISPERSÃO
1	*Acacia polyphylla*	Leguminosae	Anemocoria
2	*Acnistus arborescens*	Solanaceae	Zoocoria
3	*Actinostemum concolor*	Euphorbiaceae	Barocoria
4	*Alchornea triplinervia*	Euphorbiaceae	Zoocoria
5	*Allophyllus petiolulatus*	Sapindaceae	Zoocoria
6	*Balfourodendron riedelianum*	Rutaceae	Anemocoria
7	*Bauhinia forficata*	Leguminosae	Barocoria
8	*Campomanesia* sp	Myrtaceae	Zoocoria
9	*Cariniana estrellensis*	Lecythidaceae	Anemocoria
10	*Cariniana legalis*	Lecythidaceae	Anemocoria
11	*Casearia gossypiosperma*	Flacourtiaceae	Anemocoria
12	*Casearia sylvestris*	Flacourtiaceae	Zoocoria
13	*Senna multijuga*	Leguminosae	Anemocoria
14	*Cecropia pachystachya*	Cecropiaceae	Zoocoria
15	*Cedrela fissilis*	Meliaceae	Anemocoria
16	*Celtis pubescens*	Ulmaceae	Zoocoria
17	*Centrolobium tomentosum*	Leguminosae	Anemocoria
18	*Maclura tinctoria*	Moraceae	Zoocoria
19	*Copaifera langsdorffii*	Leguminosae	Zoocoria/Hidrocoria
20	*Croton floribundus*	Euphorbiaceae	Barocoria/Zoocoria
21	*Cupania vernalis*	Sapindaceae	Zoocoria
22	*Senna bicapsularis*	Leguminosae	Barocoria
23	*Centrolobium tomentosum*	Leguminosae	Anemocoria
24	Desconhecida	----------	----------
25	*Dombeya wallichii**	Sterculiaceae	Propagação Vegetativa
26	*Esenbeckia febrifuga*	Rutaceae	Barocoria
27	*Esenbeckia leiocarpa*	Rutaceae	Barocoria
28	*Spathodea campanulata**	Bignoniaceae	Anemocoria
29	*Eugenia* sp	Myrtaceae	Zoocoria
30	*Grevillea robusta**	Proteaceae	Anemocoria
31	*Guapira opposita*	Nyctaginaceae	Zoocoria
32	*Guatteria nigrescens*	Annonaceae	Zoocoria
33	*Hymenaea courbaril*	Leguminosae	Barocoria/Zoocoria
34	*Jacaranda mimosaefolia*	Bignoniaceae	Anemocoria

continua

continuação - TABELA 2

CÓDIGO	ESPÉCIE	FAMÍLIA	SISTEMA DE DISPERSÃO
35	*Lafoensia glyptocarpa*	Lythraceae	Anemocoria/Barocoria
36	*Lagerstroemia indica**	Lythraceae	Propagação Vegetativa
37	*Leandra* sp	Melastomataceae	Zoocoria
38	Leguminosae	----------	----------
39	*Lippia urticoides*	Verbenaceae	Zoocoria
40	*Lonchocarpus* sp	Leguminosae	Anemocoria
41	*Luehea divaricata*	Tiliaceae	Anemocoria
42	*Machaerium aculeatum*	Leguminosae	Anemocoria
43	*Machaerium stipitatum*	Leguminosae	Anemocoria
44	*Machaerium villosum*	Leguminosae	Anemocoria
45	*Machaerium* sp	Leguminosae	Anemocoria
46	*Matayba cristae*	Sapindaceae	Zoocoria
47	*Matayba elaegnoides*	Sapindaceae	Zoocoria
48	*Maytenus* sp	Celastraceae	Zoocoria
49	*Licania tomentosa*	Chrysobalanaceae	Zoocoria
50	*Murraya exotica**	Rutaceae	Zoocoria
51	*Myrcia rostrata*	Myrtaceae	Zoocoria
52	*Myrcia* sp	Myrtaceae	Zoocoria
53	*Myroxylon balsamum*	Leguminosae	Anemocoria
54	*Ocotea* sp	Lauraceae	Zoocoria
55	*Anadenanthera macrocarpa*	Leguminosae	Anemocoria
56	*Peschiera fucsiaefolia*	Apocynaceae	Zoocoria
57	*Platypodium elegans*	Leguminosae	Anemocoria
58	*Pterogyne nitens*	Leguminosae	Anemocoria
59	*Rapanea ferruginea*	Myrsinaceae	Zoocoria
60	*Rapanea umbellata*	Myrsinaceae	Zoocoria
61	Rhamnaceae	----------	----------
62	*Solanum swartzianum*	Solanaceae	Zoocoria
63	*Syzygium cumini**	Myrtaceae	Zoocoria
64	*Syagrus romanzoffiana*	Palmae	Zoocoria
65	*Tabebuia avellanedae*	Bignoniaceae	Anemocoria
66	*Stenolobium stans**	Bignoniaceae	Anemocoria
67	*Tectona grandis**	Verbenaceae	Barocoria
68	*Trema micrantha*	Ulmaceae	Zoocoria
69	*Trichilia elegans*	Meliaceae	Zoocoria
70	*Trichilia pallida*	Meliaceae	Zoocoria
71	*Triplaris brasiliana*	Polygonaceae	Anemocoria
72	*Tabebuia impetiginosa*	Bignoniaceae	Anemocoria
73	*Vernonia polyanthes*	Asteraceae	Anemocoria
74	*Zanthoxylum rhoifolium*	Rutaceae	Zoocoria
75	*Styrax camporum*	Styracaceae	Zoocoria
76	*Rollinia parviflora*	Annonaceae	Zoocoria

(*) Espécie exótica.

TABELA 3 - Distribuição de espécies regeneradas em função da altura média das plantas.

Altura (m)		Número de	Espécies
Classe	Centro	Espécies	
0 - 0,5	0,25	6	27-50-53-10-19-15
0,5 - 1,0	0,75	8	76-9-47-17-60-24-70-35
1,0 - 1,5	1,25	11	4-51-37-46-48-62-40-74-31-44-13
1,5 - 2,0	1,75	7	75-5-52-56-2-1-63
2,0 - 2,5	2,25	7	22-8-32-45-23-59-14
2,5 - 3,0	2,75	9	34-16-20-69-12-11-54-41-21
3,0 - 3,5	3,25	4	26-43-3-29
3,5 - 4,0	3,75	2	73-66
4,0 - 4,5	4,25	3	55-39-68
4,5 - 5,0	4,75	2	38-61
5,0 - 5,5	5,25	2	7-42
5,5 - 6,0	5,75	2	18-57
8,0 - 8,5	8,25	2	58-6
8,5 - 9,0	8,75	1	33
9,5 - 10,0	9,75	1	64
		67	

TABELA 4 - Distribuição de espécies regeneradas em função do diâmetro médio das árvores.

Diâmetro (cm)		Número de	Espécies
Classe	Centro	Espécies	
2 - 3	2,5	2	63-16
3 - 4	3,5	7	8-17-69-11-2-3-56
4 - 5	4,5	5	26-1-55-21-41
5 - 6	5,5	8	12-66-43-40-39-52-29-34
6 - 7	6,5	1	19
7 - 8	7,5	3	61-68-73
8 - 9	8,5	1	7
9 - 10	9,5	2	42-54
10 - 11	10,5	1	20
13 - 14	13,5	2	38-58
17 - 18	17,5	1	18
22 - 23	22,5	1	64
		34	

TABELA 5 - Distribuição de espécies regeneradas em função do número de árvores por hectare.

Número de árvores/ha		Número de	Espécies
Classe	Centro	Espécies	
40 - 60	50	30	16-34-38-44-7-19-31-5-10-55-14-18-59-42-47-22-64-24-68-69-29-73-32-75-76-6-15-46-57-33
60 - 80	70	9	51-8-52-4-62-23-61-50-39
80 - 100	90	9	70-45-3-58-2-41-37-56-43
100 - 120	110	4	17-54-74-35
120 - 140	130	1	21
140 - 160	150	3	26-11-13
160 - 180	170	2	48-9
180 - 200	190	3	12-60-63
260 - 280	270	1	20
280 - 300	290	1	66
320 - 340	330	1	53
480 - 500	490	1	40
580 - 600	590	1	1
660 - 680	670	1	27
		67	

TABELA 6 - Distribuição de espécies regeneradas em função da área basal por hectare.

Área basal (m^2/ha)		Número de	Espécies
Classe	Centro	Espécies	
0 - 0,10	0,05	9	41-55-56-11-8-17-69-63-16
0,10 - 0,20	0,15	12	73-26-19-43-39-21-2-40-3-52-29-34
0,20 - 0,30	0,25	3	7-1-68
0,30 - 0,40	0,35	3	54-42-12
0,50 - 0,60	0,55	1	61
0,60 - 0,70	0,65	1	66
0,70 - 0,80	0,75	1	38
0,90 - 1,00	0,95	1	20
1,20 - 1,30	1,25	1	18
1,40 - 1,50	1,45	1	58
1,90 - 2,00	1,95	1	64
		34	

TABELA 7 - Distribuição de espécies plantadas em função da altura média das plantas.

Altura (m)		Número de	Espécies
Classe	Centro	Espécies	
0 - 2	1	1	49
2 - 4	3	2	36-25
4 - 6	5	2	17-28
6 - 8	7	6	58-67-15-27-13-65
8 - 10	9	3	53-63-6
10 - 12	11	4	10-33-71-35
12 - 14	13	2	30-55
18 - 20	19	1	72
		21	

TABELA 8 - Distribuição de espécies plantadas em função do diâmetro médio das árvores.

Diâmetro (cm)		Número de	Espécies
Classe	Centro	Espécies	
3 - 5	4	2	49-36
5 - 7	6	3	17-25-72
7 - 9	8	1	28
9 - 11	10	2	67-65
11 - 13	12	2	35-27
13 - 15	14	3	58-53-33
15 - 17	16	1	6
17 - 19	18	2	10-15
19 - 21	20	1	71
23 - 25	24	1	63
35 - 37	36	2	55-30
43 - 45	44	1	13
		21	

TABELA 9 - Distribuição de espécies plantadas em função do número de árvores por hectare.

Número de árvores/ha		Número de	Espécies
Classe	Centro	Espécies	
40 - 50	45	11	6-30-28-13-58-63-33-35-15-71-53
60 - 70	65	4	36-49-72-10
70 - 80	75	1	65
80 - 90	85	2	55-27
90 - 100	95	1	25
100 - 110	105	1	67
140 - 150	145	1	17
		21	

TABELA 10 - Distribuição de espécies plantadas em função da área basal por hectare.

Área basal (m^2/ ha)		Número de	Espécies
Classe	Centro	Espécies	
0 - 0,5	0,25	6	65-25-28-72-49-36
0,5 - 1,0	0,75	8	6-67-27-58-53-33-35-17
1,0 - 1,5	1,25	1	15
1,5 - 2,0	1,75	2	10-71
2,0 - 2,5	2,25	1	63
5,0 - 5,5	5,25	1	30
7,5 - 8,0	7,75	1	13
8,5 - 9,0	8,25	1	55
		21	

5 DISCUSSÃO

Na TABELA 1 estão relacionadas as 22 espécies utilizadas no reflorestamento heterogêneo realizado em 1975, numa área de 6.000 m^2, das quais apenas *Tabebuia chrysotricha* não prosperou.

Atualmente, a mata recomposta conta 76 espécies, conforme TABELA 2, mostrando, portanto, o recrutamento de 55 espécies em diversos estádios de desenvolvimento, como se pode observar nas TABELAS 3 a 10.

Dois fatores foram particularmente importantes para o êxito do recrutamento. Um deles foi a adoção de espaçamento largo (6 m x 6 m) no plantio, que possibilitou a germinação de sementes armazenadas no solo ou daquelas transportadas de outros locais, e que também germinaram entre os indivíduos plantados. Outro fator crucial foi a existência de mata natural próxima, que funcionou como produtora de propágulos, propiciando aumento na diversidade específica constatada atualmente.

Essas condições também podem ser observadas em revegetação no entorno da represa de abastecimento de água no município de Iracemápolis, SP, realizada por RODRIGUES *et al.* (1992), onde se adotou o espaçamento de 4 m x 4 m. Essa estratégia tem, ainda, a vantagem de diminuir consideravelmente o custo de implantação, uma vez que para um espaçamento de 6 m x 6 m utilizam-se apenas 277 mudas por hectare, enquanto para espaçamentos menores, com 5 m^2 por muda, seriam necessárias 2.000. Não só o preço das mudas contribuiria para reduzir os custos de implantação, mas também os referentes às operações de mão-de-obra como coveamento, adubação e tratos fitossanitários, assim como os tratos culturais futuros como o coroamento das mudas.

Decorridos vinte anos houve regeneração de 67 espécies (TABELA 3) que deve ter se iniciado imediatamente após o plantio, uma vez que os tratos culturais se limitaram ao coroamento das mudas durante o primeiro ano. *Syagrus romanzoffiana* registrou a maior altura entre as espécies que se instalaram após o plantio (9,75 m, TABELA 3). Das espécies plantadas, a altura máxima (entre 18 e 20 m) coube a *Tabebuia impetiginosa*. A maioria atingiu entre 6 e 8 m (TABELA 7).

Quanto ao desenvolvimento diamétrico das árvores, as TABELAS 4 e 8 mostram certa diferença entre as espécies plantadas e as regeneradas, ou seja, a distribuição do número de espécies plantadas em relação às classes de diâmetro é mais uniforme do que entre as espécies regeneradas. Das espécies regeneradas 58% delas estão entre 3 e 6 cm. Entre as espécies plantadas, *Senna multijuga* foi a que atingiu o maior diâmetro (entre 43 e 45 cm).

Tanto para as espécies plantadas como para as regeneradas, a maioria delas ficou distribuída entre 40 e 50 árvores/ha (TABELAS 5 e 9). *Tectona grandis* e *Centrolobium tomentosum* destacaram-se como as espécies plantadas que apresentaram a maior densidade arbórea (entre 140 e 150 árvores/ha). Esse parâmetro teve variação bem maior entre as espécies regeneradas. *Croton floribundus* apresentou densidade entre 260 e 280 indivíduos/ha.

A maioria das espécies plantadas apresenta área basal entre 0,25 e 1,0 m^2/ha. Os maiores valores (5,25; 7,75 e 8,25 m^2/ha) são apresentados por uma única espécie para cada valor, ou seja, *Grevillea robusta*; *Senna multijuga* e *Anadenanthera macrocarpa*, respectivamente (TABELA 10). Para as espécies regeneradas, o mais alto valor de área basal (1,95 m^2/ha) é apresentado por *Syagrus romanzoffiana* (TABELA 6). Nessa categoria de espécies, 21 delas (61,76%) estão distribuídas entre as menores classes de valores para área basal (0,05 a 0,15 m^2/ha). As diferenças apresentadas entre plantadas e regeneradas devem-se, possivelmente, ao fato de que estas germinaram concomitantemente e em concorrência com espécies invasoras.

O número de espécies regeneradas é bem mais elevado que o número de espécies plantadas, ratificando as afirmativas de PIÑA-RODRIGUES *et al.* (1990), segundo as quais em florestas tropicais a formação de banco de plântulas é uma estratégia nos processos de estabelecimento de espécies clímax ou oportunistas. Neste caso, pode-se afirmar que a regeneração natural à margem da represa, em Tupi, ocorre dentro de uma dinâmica própria, o que se deve, em parte, à ação dos agentes dispersores.

As TABELAS 3 e 7 mostram que a maioria das espécies apresenta altura média pouco expressiva (1,25 m para espécies regeneradas e 7,0 m para espécies plantadas). Este fato talvez se deva às condições edáficas, assemelhando-se ao concluído por REICHMANN NETO (1978).

Os valores máximos de altura e diâmetro (TABELAS 3 e 4) são atingidos por uma única espécie regenerada (*Syagrus romanzoffiana*) e por apenas duas espécies plantadas (*Tabebuia impetiginosa* e *Senna multijuga*). No período observado (1975 a 1995), talvez seja mais importante considerar as medidas de crescimento com valores inferiores, porém correspondentes a um número bem maior de espécies, aumentando, assim, as alternativas para diversificação e rápido recobrimento da área. Fatos dessa natureza concordam com os propostos por SANTARELLI (1990) sobre recomposição de florestas naturais.

A área basal é o parâmetro mais utilizado para exprimir dominância individual de árvores ou de populações arbóreas na fitocenose, evidenciando o grau de influência que cada espécie exerce sobre os demais componentes do ecossistema (DAUBEN, 1968 citado por MARTINS, 1979).

A área basal, ao contrário dos valores referentes à altura, diâmetro e número de indivíduos obtidos por mensuração ou contagem direta no campo, é um valor calculado em função do diâmetro e do número de árvores por unidade de área. Dessa forma, a variação destes dois parâmetros determina o valor da área basal, em razão de diâmetros, do grande número de indivíduos ou, ainda, da combinação desses dois fatores (GIANNOTTI, 1988).

Observando-se a TABELA 11, onde estão relacionadas as espécies plantadas que atingiram a maior área basal, constata-se que para este parâmetro o que preponderou foram os diâmetros, conforme se pode depreender das TABELAS 8 e 9. Das sete espécies envolvidas, quatro são secundárias iniciais (*Anadenanthera macrocarpa*, *Senna multijuga*, *Grevillea robusta* e *Triplaris brasiliana*) e esse desempenho era esperado. Duas outras são secundárias tardias (*Cariniana legalis* e *Cedrela fissilis*) que, segundo NOGUEIRA (1977), apresentam rápido crescimento inicial; uma espécie é clímax (*Syzygium cumini*) que, segundo o mesmo autor, também apresenta bom desenvolvimento, apesar de sofrer esgalhamento.

TABELA 11 - Principais espécies plantadas, em ordem decrescente de área basal média (AB), respectivos diâmetros médios (DAP) e número médio de indivíduos (N).

Código	Espécie	AB (m^2/ha)	DAP (cm)	N/ha
55	*Anadenanthera macrocarpa*	8,25	36	85
13	*Senna multijuga*	7,75	44	45
30	*Grevillea robusta*	5,25	36	45
63	*Syzygium cumini*	2,25	24	45
10	*Cariniana legalis*	1,75	18	65
71	*Triplaris brasiliana*	1,75	20	45
15	*Cedrela fissilis*	1,25	18	45

O fato de uma espécie clímax, como *Syzygium cumini*, ter apresentado bom crescimento, talvez possa ser explicado por ser uma espécie exótica muito bem adaptada, que não apresenta inimigos naturais, possibilitando, portanto, condições necessárias ao seu êxito em técnicas de reflorestamento heterogêneo.

Em relação às espécies recrutadas, as maiores áreas basais foram atingidas pelas espécies constantes da TABELA 12. Enquanto *Croton floribundus* e *Stenolobium stans* alcançaram altas áreas basais em função do número de indivíduos, as demais espécies (*Syagrus romanzoffiana, Pterogyne nitens, Maclura tinctoria* e o representante da família Leguminosae) o fizeram em função do diâmetro (TABELAS 4 e 5).

TABELA 12 - Principais espécies regeneradas, em ordem decrescente de área basal média (AB), respectivos diâmetros médios (DAP) e número médio de indivíduos (N).

Código	Espécie	AB (m^2/ha)	DAP (cm)	N/ha
64	*Syagrus romanzoffiana*	1,95	22,50	50
58	*Pterogyne nitens*	1,45	13,50	90
18	*Maclura tinctoria*	1,25	17,50	50
20	*Croton floribundus*	0,95	10,50	270
38	Leguminosae	0,75	13,50	50
63	*Stenolobium stans*	0,65	2,50	190

Esta circunstância indica que *Croton floribundus* e *Stenolobium stans*, espécies tipicamente invasoras, encontraram condições favoráveis para se estabelecerem e prosperar em reflorestamento com espaçamento largo. As outras cinco espécies, com características de secundárias tardias, obtiveram crescimento expressivo, o que possibilita recomendá-las em plantios de enriquecimento para áreas que apresentam matas em fase intermediária de sucessão.

Na TABELA 2 é apresentado o sistema de dispersão dos propágulos das espécies identificadas no levantamento procedido em 1995. A caracterização pela síndrome de dispersão fez-se através de observações de campo e consultas à literatura existente (CARVALHO, 1994; DURIGAN, 1989; LORENZI, 1992; CRESTANA *et al.*, 1993; JOLY, 1976; GOLDBERG & SMITH, 1975). O resultado das observações apontou 49,3% das espécies como zoocóricas, 37,3% anemocóricas, 12,0% barocóricas e 1,3% hidrocóricas. Sob o ponto de vista da densidade populacional há uma acentuada alteração: 41,8% dos indivíduos apresentaram anemocoria, 39,1% zoocoria, 18,4% barocoria e 0,6% hidrocoria. Estes resultados certamente estão associados às condições em que foi instalado o experimento, ou seja, espaçamento largo (6 m x 6 m), que favorece a recepção de sementes dispersas pelo vento, e próximo de áreas naturais, que funcionam como fontes de produção de sementes.

A análise das 11 espécies que apresentam as maiores densidades populacionais (TABELA5) e que representam 48,8% dos indivíduos da comunidade estudada permite melhor compreensão dos resultados apresentados.

A maior densidade populacional, 670 indivíduos/ha foi obtida por *Esenbeckia leiocarpa*, espécie barocórica que apresenta intensa regeneração em torno da árvore matriz, formando reboleiras densas. Pela TABELA 3 observa-se que sua altura não excede a 0,5 m tratando-se, portanto, de plantas jovens oriundas das mudas plantadas em 1975.

Cinco espécies, totalizando 1870 indivíduos, são anemocóricas (*Acacia polyphylla, Lonchocarpus* sp, *Myroxylon balsamum, Stenolobium stans* e *Cariniana estrellensis*) e provieram de áreas naturais adjacentes ao local de plantio. Duas espécies são zoocóricas, *(Casearia sylvestris* e *Rapanea umbellata)* e uma é autocórica (*Croton floribundus*). Todas são pioneiras, totalizando 650 indivíduos que devem constituir o banco de sementes.

Finalmente, *Syzygium cumini* e *Maytenus* sp, espécies zoocóricas, que apresentam pequena altura (1,75 m e 1,25 m, respectivamente), foram recrutadas num estádio em que a comunidade florestal permitia o abrigo da avifauna.

Como o crescimento e a regeneração das espécies do povoamento florestal são diferentes, essa situação, no futuro provavelmente se modificará, mesmo porque poderá ocorrer incorporação de novas/outras espécies, sendo esta uma característica marcante da dinâmica das florestas tropicais.

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no presente levantamento e da sua interpretação, pôde-se concluir:

- *Tabebuia impetiginosa* e *Senna multijuga*, espécies plantadas, apresentaram valores máximos de altura e diâmetro, respectivamente, enquanto *Syagrus romanzoffiana*, espécie regenerada, apresentou o máximo valor para ambos os parâmetros;
- as maiores áreas basais foram atingidas por *Croton floribundus* e *Stenolobium stans*, em função do grande número de indivíduos, e *Syagrus romanzoffiana*, *Pterogyne nitens* e *Machura tinctoria* em função dos diâmetros avantajados;
- em relação à dispersão, a anemocoria é o sistema predominante, embora *Esenbeckia leiocarpa*, espécie com maior densidade populacional, seja dispersa por barocoria, e
- o êxito da recomposição natural da área deve-se principalmente ao espaçamento adotado (6 m x 6 m) e à proximidade de área natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, L. M. *et al.* 1990. Ensaios de campo para regeneração de um trecho degradado de mata ciliar. *Revta. Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, (15):53-63.

CARVALHO, J. O. P. 1978. Inventário diagnóstico da regeneração natural de uma área na Floresta Nacional do Tapajós. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus-AM, dez. 4-7, 1978. *Anais... Silvicultura.* p. 409-414.

CARVALHO, P. E. R. 1994. *Espécies florestais brasileiras; recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.* Brasília, EMBRAPA - CNPF/SPI. 639p.

CRESTANA, M. S. M.; TOLEDO FILHO, D. V. & CAMPOS, J. B. de. 1993. *Florestas; sistemas de recuperação com essências nativas.* Campinas, CATI. 60p.

DURIGAN, G. & SOUZA DIAS, H. C. 1990. Abundância e diversidade da regeneração natural sob mata ciliar implantada. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão-SP, set. 22-27, 1990. *Anais...* São Paulo, KMK Artes Gráficas e Editora Ltda. p. 308-312.

DURIGAN, G. 1989. Análise comparativa do modo de dispersão das sementes das espécies de cerradão e mata ciliar no município de Assis, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, Atibaia-SP, out. 16-19, 1989. *Anais...* São Paulo, SMA/IF. 278 p. (Série Documentos)

FELFILI, J. M. *et al.* 1988. Dinâmica da regeneração natural na mata do Capetinga na Fazenda Água-Limpa (FAL) - DF. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 34, Belém-PA, jan. 24-31, 1988. *Resumos...*

GIANNOTTI, E. 1988. *Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre cerrado e mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP).* Campinas, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 222p. (Dissertação de Mestrado)

GOLDBERG, A. & SMITH, L. B. 1975. *Chave para as famílias espermatófitas do Brasil.* Itajaí, SC. Separata de Flora Ilustrada Catarinense. 204p.

KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia.* México, Editora Fondo de Cultura Económica. 207p.

JOLY, A. B. 1976. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal.* São Paulo, Ed. Nacional. 777p.

LORENZI, H. 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.* Nova Odessa, Ed. Plantarum. 352p.

MARTINS, F. R. 1979. *O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual do interior do Estado de São Paulo. Parque Estadual da Vassununga.* São Paulo, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 239p. (Tese de Doutorado)

NOGUEIRA, J. C. B. 1977. *Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas*. São Paulo, Instituto Florestal. 73p. (Boletim Técnico, 24)

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; COSTA, L. G. S. & REIS, A. 1990. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão-SP, set. 22-27, 1990. São Paulo, KMK Artes Gráficas e Editora Ltda. p. 676-684.

REICHMANN NETO, F. 1978. Revegetalização de áreas marginais a reservatórios de hidrelétricas. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus-AM, dez. 4-7, 1978. *Anais... Silvicultura.* v. 3. p. 215-217.

RODRIGUES, R. R; LEITÃO FILHO, H. de F. & CRESTANA, M. S. M. 1992. Revegetação do entorno da represa de abastecimento de água no município de Iracemápolis (SP). In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba. *Anais...*

S.A.S. INSTITUTE. 1979. *SAS User's Guide.* Raleigh, North Carolina, SAS Institute Inc. Ed. 256p.

SANTARELLI, E. G. 1990. Comportamento de algumas espécies vegetais na recomposição de matas nativas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão-SP, set. 22-27, 1990. *Anais...* São Paulo, KMK Artes Gráficas e Editora Ltda. p. 232 - 235.

VEIGA, A. de A. 1975. *Balanços hídricos das dependências da Divisão de Florestas e Estações Experimentais*. São Paulo, Instituto Florestal. 34p. (mimeografado)

VIDAL TORRADO, P. 1994. *Pedogênese e morfogênese no Distrito de Tupi (Piracicaba-SP).* Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP. 169p. (Tese de Doutorado)

ESTRUTURA GENÉTICA DE SUBPOPULAÇÕES DE *Genipa americana* L. (RUBIACEAE) EM MATA CILIAR A PARTIR DE ISOENZIMAS[1]

Alexandre Magno SEBBENN[2]
Paulo Yoshio KAGEYAMA[3]
Roland VENCOVSKY[4]

RESUMO

Estudou-se a estrutura genética de duas subpopulações naturais de *Genipa americana* L., situadas na mata ciliar do Rio Moji-Guaçu, SP, denominada "Mata da Figueira", de propriedade do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, a partir da eletroforese de isoenzimas, discorrendo-se sobre as possíveis estratégias de conservação genética *in situ*. A partir da análise de isoenzimas, obtiveram-se 13 alelos distribuídos entre 8 locos, sendo 4 monomórficos e 4 polimórficos. O coeficiente de coancestralidade de Cockerham ($\hat{\theta}_P$) revelou que 99,4% da variabilidade genética dos indivíduos adultos encontra-se dentro das subpopulações e 100% nas plântulas. Os índices de fixação de Wright foram, em média, negativos para os adultos ($\hat{f}$ = -0,064; $\hat{F}$ = -0,058) e positivos para as plântulas ($\hat{f}$ = 0,300; $\hat{F}$ = 0,283), mostrando ausência de endogamia nos adultos e acentuada endogamia nas plântulas. Dada à proximidade na magnitude das estimativas médias de $\hat{f}$ e $\hat{F}$, para ambos os adultos e plântulas, conclui-se que a endogamia total da população é explicada pelos níveis de endogamia contida dentro das subpopulações. Verifica-se através dos resultados que as subpopulações constituem uma única população, tendo propriedades genéticas comuns, compartilhando o mesmo conjunto gênico. Os índices de diversidade estimados para a população revelaram um baixo número de alelos por locos (A = 1,63) e uma média porcentagem de locos polimórficos (P = 50%), para adultos e plântulas. A heterozigosidade média esperada foi alta para adultos e plântulas ($\hat{H}_e$ = 0,182; $\hat{H}_e$ = 0,149, respectivamente), revelando a população como potencial para a conservação *in situ*. O índice de fixação para a população foi negativo para os adultos ($\hat{f}$ = -0,071) e positivo para as plântulas ($\hat{f}$ = 0,302), indicando equilíbrio de Hardy-Weinberg para os adultos, desvios de suas expectativas para as plântulas e seleção para heterozigotos entre a fase juvenil e adulta. Indícios de cruzamentos endogâmicos foram detectados pelos índices de fixação de Wright e coeficientes de coancestralidade entre plantas, dentro de famílias $\hat{\theta}_F$', sugerindo estruturação espacial na população.

Palavras-chave: estrutura genética; *Genipa americana*; coeficiente de coancestralidade de Cockerham; índices de diversidade.

ABSTRACT

The genetic structure of two natural subpopulations of the tropical forest tree *Genipa americana* L. was studied using isoenzymes electrophorethic technics. The study site was located at a Moji-Guaçu river riparian forest, São Paulo State, Brazil, owned by the São Paulo Forestry Institute. The objectives of the research were to suggest possible strategies for *in situ* genetic conservation. Thirteen alleles distributed in eight locus were obtained on the research. Four of these locus were monomorphic and four were polymorphic. The genetic structure analised Cockerham coancestry coefficient ($\hat{\theta}_P$) revealed that 99.4% of the variability is distributed within the subpopulations. The Weir F's, for the adult plants, revealed negative values for the average allele fixation within subpopulations ($\hat{f}$ = -0.064) and for the population as a whole ($\hat{F}$ = -0.058). In the progenies analyses, the values were positives ($\hat{f}$ = 0.300; $\hat{F}$ = 0.283). The $\hat{\theta}_F$' estimative was 0.190, indicating the existence of endogamic mating. The results revealed that both subpopulations constitute a single population. The average allele number per locus was 1.63 and the polimorphic locus percentage was 50% (99% probability) for both adults and progenies. The average estimated heterozigosity ($\hat{H}_e$) was high for adults (0.182) and for progenies (0.149). The Wright allelic fixation index ($\hat{f}$) was negative for adults (-0.071) and positive for the progenies (0.302), suggesting deviation of heterozygote proportions from Hardy-Weinberg expectation for the progenies, with probable endogamic mating and selection favoring the heterozygotes between the plantule and adult phase. The existence of endogamic mating is coherent with the Wright $\hat{f}$, suggesting genetic structuration within the subpopulations.

Key words: genetic structure; *Genipa americana*; Cockerham coancestry coefficient; diversity index.

(1) Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada em 03/03/97 à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Piracicaba e aceito para publicação em junho de 1998.
(2) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 0159-970, São Paulo, SP, Brasil.
(3) ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.
(4) ESALQ/USP, Departamento de Genética, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A eficiência de qualquer programa de conservação e melhoramento genético depende diretamente dos níveis de variabilidade genética das espécies. Para a implantação desses programas é fundamental conhecer a estrutura genética das populações da espécie de interesse, ou seja, como a variabilidade genética se distribui entre e dentro das populações. O conhecimento dessas informações permitirá o delineamento correto das estratégias de conservação da espécie ou até mesmo de um ecossistema.

As florestas ciliares ou de galeria são ecossistemas estratégicos para a conservação da biodiversidade, preservação da qualidade da água e formação de corredores genéticos entre as florestas primárias existentes nas margens dos rios. Entretanto, devido ao estado degradado das florestas naturais no Estado de São Paulo e conseqüentemente das florestas ciliares, há necessidade imediata de estudos genéticos populacionais das espécies que compõem tais ecossistemas para fins de conservação *in situ,* antes que sejam extintas. As populações das espécies que estiverem aptas e conservadas poderão, no futuro, ser utilizadas como "áreas para coletas de sementes" para fins de recuperação de áreas degradadas. Todavia, em face da impossibilidade prática e econômica da avaliação genética de todas as espécies arbóreas que compõem um determinado ecossistema, devem ser priorizadas as pesquisas nas espécies que os representam, ou em outras palavras, que sirvam de modelo para essas comunidades.

Entre as espécies arbóreas tropicais adaptadas às matas ciliares, tem-se *Genipa americana* L., cuja estrutura genética pode, possivelmente, ser adequada para representar espécies de dispersão hidrocórica e polinização entomofílica. Assim, estudou-se a estrutura genética intrapopulacional de uma populações natural de *G. americana*, dividida em duas subpopulações, a partir da eletroforese de isoenzimas. Este estudo procurou testar as seguintes hipóteses: i) que as subpopulações de *G. americana* foram formadas a partir de poucos migrantes, vindos de populações à montante do rio através da hidrocoria e que, após se estabelecerem, se expandiram com indivíduos altamente aparentados; ii) que, devido à pequena distância entre as subpopulações, ao efeito fundador e à localização dentro de um mesmo fragmento de mata ciliar, ambas caracterizam subunidades de uma mesma população.

Considerando-se estas hipóteses, objetivou-se mais especificamente: a) caracterizar a distribuição da variabilidade genética entre e dentro das subpopulações; b) quantificar a variabilidade genética na população, e c) estimar os níveis de endogamia nas subpopulações e na população.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Espécie *Genipa americana* L.

G. americana é uma espécie arbórea tropical que se distribui naturalmente entre as latitudes 20°N (México) a 20°S (Brasil em São Paulo). No estágio sucessional a espécie é classificada como secundária tardia, o sistema reprodutivo é dióico, a polinização é entomofílica, efetivada principalmente por mamangavas *Bombus morio* e *Epicharis rustica flava* e a dispersão é zoocórica e hidrocórica. A árvore apresenta uma altura média de 8 a 14 metros, DAP de 49 a 60 centímetros, podendo atingir até 25 metros de altura e 90 centímetros de DAP. O tronco é reto e cilíndrico, normalmente com fuste curto. A planta é heliófita, seletiva, higrófila, característica de florestas pluviais e semidecíduas situadas em várzeas úmidas e brejosas. A espécie pode ocorrer em outras formações florestais, todavia, sempre em terrenos muito úmidos. É encontrada tanto no interior da mata primária como nas formações secundárias e produz, anualmente, grande quantidade de sementes viáveis (CRESTANA, 1993; CARVALHO, 1994).

G. americana está classificada na Colômbia como espécie em perigo de extinção. A Smurfit Carton del Colombia vem conservando a espécie na forma *ex situ* (WRIGHT, 1993). O Instituto Florestal de São Paulo, igualmente, está conservando *G. americana* em forma de teste de progênies com 20 famílias, na Estação Experimental de Jaú, SP. Entretanto, ainda não existem resultados genéticos desse ensaio.

2.2 Eletroforese de Isoenzimas

O desenvolvimento da técnica de eletroforese de isoenzimas, através da detecção de diferentes cargas, na variação entre proteínas solúveis, causou um grande impacto no estudos de genética de populações (WEIR, 1990). Nas duas últimas décadas, esta ferramenta tem sido a mais utilizada para a análise da estrutura genética de populações. Até o final da década de 80 mais de 700 espécies de plantas foram estudadas do ponto de vista populacional, através da eletroforese (HAMRICK & GODT, 1990). A habilidade para observar variação em locos isoenzimáticos tem também revolucionado as pesquisas no campo da genética bioquímica e evolutiva (HAMRICK, 1989; WEEDEN & WENDEL, 1990; KEPHART, 1990). Além da estrutura genética das populações, tanto o sistema de acasalamento, quanto o fluxo gênico e os efeitos da seleção também foram extensivamente investigados em populações naturais de espécies arbóreas, usando-se métodos bioquímicos (ROBERDS & BROTSCHOL, 1985; HAMRICK, 1989).

Seu grande potencial, para estudos de genética de populações, advém da necessidade de apenas uma pequena amostra de material de cada indivíduo e da possibilidade de analisar-se um grande número de indivíduos de cada população, com uma técnica relativamente simples, contudo precisa (HARRIS & HOPKINSON, 1976).

A eletroforese de isoenzimas consiste no movimento de enzimas em um gel submetido à influência de uma corrente elétrica. A taxa de migração é determinada pelo tamanho, forma e carga elétrica da proteína (HARRIS & HOPKINSON, 1976; CONKLE *et al.*, 1982; ALFENAS *et al.* 1991; WEIR, 1990).

HAMRICK *et al.* (1979) e HAMRICK (1989) descreveram as vantagens da técnica sobre os métodos clássicos quantitativos, na análise da estrutura genética de populações. CHELIAK & PITEL (1984) acrescentaram outras vantagens da técnica nesses estudos, ressaltando, principalmente, o caráter neutro desses marcadores, portanto, teoricamente não sofrem seleção. Por sua vez, BROWN *et al.* (1989) apresentaram as vantagens dos estudos dos sistemas de reprodução em plantas, a partir da eletroforese, comparativamente aos marcadores morfológicos.

Vários são os artigos que descrevem detalhadamente a técnica de eletroforese de isoenzimas, destacando-se os trabalhos de HARRIS & HOPKINSON (1976), CONKLE *et al.* (1982), YAMADA & GURIES (1989) e ALFENAS *et al.* (1991).

2.3 Estrutura e Variabilidade Genética

É comum acordo, entre geneticistas, que o sucesso de um programa de conservação genética depende diretamente dos níveis de variabilidade genética das populações de interesse. A estimativa da variabilidade genética em populações naturais é de fundamental importância para resolução de numerosos problemas no campo da biologia de populações (BAWA & O'MALLEY, 1987). Esta variabilidade manifesta-se ao nível molecular de indivíduos dentro de população, de população dentro de espécie, ao nível de espécie e ao nível de ecossistema. O conhecimento dos níveis de variabilidade genética e de sua distribuição entre e dentro de populações (estrutura genética), assume importância porque indica os caminhos a serem adotados, para o sucesso nas estratégias de manejo e conservação genética (KAGEYAMA, 1987).

O estudo da variabilidade genética em populações naturais envolve duas questões básicas: a primeira, é descrever os níveis de variação genética mantida dentro das populações de espécies; a segunda, é de particular importância para a conservação genética, visto ser conhecida como o caminho pelo qual a variação genética é distribuída entre e dentro de populações (HAMRICK, 1983; LOVELESS & HAMRICK, 1987; KAGEYAMA, 1987). Esta estrutura genética resulta da ação combinada de mutação, migração, seleção e deriva genética, que em muitos termos, operam dentro de um contexto histórico e ecológico em cada espécie de planta (LOVELESS & HAMRICK, 1984; ALVAREZ-BUYLLA & GARAY, 1994). A distribuição dessa variabilidade em populações naturais é influenciada, principalmente, pelo sistema reprodutivo, modo de reprodução, tamanho efetivo da população, distribuição geográfica e fluxo gênico (HAMRICK, 1983).

O desenvolvimento e a manutenção da estrutura genética ocorrem devido às interações de um conjunto complexo de fatores evolucionários,

como variação no conjunto gênico; organização desta variação dentro de genótipos; distribuição espacial dos genótipos; sistema reprodutivo que controla a união dos gametas para a formação das progênies; dispersão das progênies; eventos casuais, e processos de crescimento, mortalidade e reposição dos indivíduos que darão origem às populações futuras (CLEGG *et al.*, 1978).

A estrutura genética de populações, a partir de isoenzimas, pode ser caracterizada através de três metodologias estatísticas distintas: análise de variância de freqüências alélicas (COCKERHAM, 1969; WEIR, 1990; VENCOVSKY, 1992), estimativas da diversidade genética de NEI (NEI, 1973) e estatística F de Wright (WRIGHT, 1965). Ressalta-se que melhores estimativas da estrutura populacional são obtidas pela análise de variância, dado que seu modelo considera o processo amostral (níveis hierárquicos) nos cálculos. Contudo, este método tem sido pouco usado, devido à complexidade de suas estimativas.

Finalmente, a conservação genética de populações de plantas que apresentem pouco interesse na atualidade e cuja estrutura genética é conhecida, deve pautar-se por um procedimento amostral tão amplo quanto possível (DIAS & KAGEYAMA, 1991). A persistência de populações viáveis, do ponto de vista evolutivo das florestas tropicais, é crucial para a preservação dos ecossistemas tropicais e da diversidade biológica global (LIENGSIRI *et al.*, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de Estudo

O trabalho foi realizado em floresta mesófila semidecídua de planalto, em duas subpopulações (SPop's) naturais de *G. americana*, localizadas na mata ciliar do Rio Moji-Guaçu, pertencente à Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Fazenda "Campininha", da Estação Experimental de Moji-Guaçu, do Instituto Florestal de São Paulo. A mata situa-se nas coordenadas 22°16' S. e 47° 11' W., em altitude média de 600 m. Os solos estão classificados nos tipos LVa e LE. Esses solos de planície de inundações (hidromórficos) estão sujeitos a alagamentos periódicos nas épocas de cheias do rio (MANTOVANI *et al.*, 1989). O clima é do tipo Cwa, caracterizado como úmido e mesotérmico, com variação na temperatura média mensal de 14,30°C a 24,65°C, segundo classificação de KÖPPEN (1948). A estação seca prolonga-se de maio a agosto, com 86,18% da precipitação (1314 mm anuais) concentrados nos meses chuvosos (setembro a abril) (CRESTANA, 1993).

A floresta ocupa cerca de 7,2 ha da Estação Ecológica, sendo mata ciliar remanescente da Bacia Hidrográfica Mojiana, na qual o rio de mesmo nome percorre aproximadamente 660 metros (CRESTANA, 1993). GIBBS & LEITÃO FILHO (1978), GIBBS *et al.* (1980) e MANTOVANI *et al.* (1989) dão informações sobre a composição florística e fitossociológica da mata ciliar em questão e CRESTANA (1993) define a área como de ocorrência natural de *G. americana.*

3.2 Amostragem

A intensidade amostral encontra-se na TABELA 1. Uma vez que um dos objetivos deste estudo foi a caracterização da estrutura genética das SPop's, a amostragem dos indivíduos adultos foi totalmente aleatória, procurando-se apenas abranger toda a área de ocorrência natural da espécie na mata, dentro das SPop's. A distância entre as subpopulações era de aproximadamente 130 metros.

TABELA 1 - Área aproximada das SPop's, densidade de amostragem dos indivíduos adultos, número de famílias e tamanho da prole em SPop's e população (Pop) de *G. americana*.

Unidade	Área (ha)	Adultos			Famílias	Tamanho da prole por família
		Masculinas (M)	Femininas (F)	M + F		
SPop1	2,7	8	7	15	5	30
SPop2	4,5	7	20	27	10	30
Pop	7,2	15	27	42	15	30

A eletroforese de isoenzimas foi realizada no Laboratório de Reprodução e Genética de Espécies Arbóreas (LARGEA), do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, segundo a metodologia proposta por KEPHART (1990) e ALFENAS *et al.* (1991). Para essa caracterização utilizaram-se tecidos foliares de plântulas com 8 a 10 meses de idade e de indivíduos adultos. A eletroforese foi a horizontal, conduzida em meio suporte de gel de amido de milho (penetrose 30) a 13%. A extração das enzimas empregava aproximadamente 20 mg de tecido de limbo foliar, macerado com adição de aproximadamente 10 mg de areia lavada, 7 mg de Polyvinyl Pirrolidone (PVP 40), 7 mg de Polyvinyl Pirrolidone (PVP-360) e 200 microlitros de solução de extração número 1 de ALFENAS *et al.* (1991), modificada pela ausência de 2-Mercaptoetanol. O tampão de cuba e gel foi o Tris-Citrato pH 7.5 (ALFENAS *et al.*, 1991). As enzimas usadas são descritas em SEBBENN (1997). Os cinco sistemas enzimáticos foram: Fosfoglucomutase (PGM - E.C. 2.7.5.1.), 6-Fosfogluconato Desidrogenase (6PGDH - E.C. 1.1.1.29), Fosfoglucose Isomerase (PGI - E.C. 5.3.1.9), Malato Desidrogenase (MDH - E.C. 1.1.1.37) e Peroxidase (PRX - E.C. 1.1.1.17). Cada gel acondicionava amostras de 20 indivíduos, sendo, nas duas extremidades, adicionados papéis de filtro (dimensões de 1 x 5 mm) embebidos em solução de azul de bromofenol a 0,1%, objetivando marcar a distância máxima possível de migração das isoenzimas durante a "corrida". A distinção dos locos aparentes foi a mesma definida por REIS (1996): cada região do zimograma que apresentasse um comportamento aparentemente independente dos demais e que pudesse ser interpretado geneticamente ou que ostentasse uma segregação mendeliana aparente, definiu-se como loco. Afirma o autor que a coerência entre genitor feminino (receptor de pólen) e progênie proporciona a devida consistência a essa forma de interpretação.

3.3 Análise dos Dados

A estrutura genética das subpopulações foi caracterizada a partir do coeficiente de coancestralidade de Cokerham ($\hat{\theta}_p$) obtido da análise de variância de freqüências alélicas (COCKERHAN, 1969; WEIR, 1990; VENCOVSKY, 1992). Essas análises foram obtidas através do procedimento VARCOMP, do programa estatístico SAS (S.A.S. INSTITUTE, 1985).

A variabilidade genética da população (conjunto de subpopulações) foi caracterizada pelos índices de diversidade como: heterozigosidade média observada (H_o), heterozigosidade média esperada ($\hat{H}_e$) segundo expectativas do equilíbrio de Hardy-Weinberg, número médio de alelos por loco (A), porcentagem de locos polimórficos (P) ao nível de 99% de probabilidade e índices de fixação de Wright ($\hat{f}$). Estas estimativas foram obtidas a partir do programa BIOSYS-1 (SWOFFORD & SELANDER, 1989).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sistemas Isoenzimáticos

Testaram-se 23 sistemas de coloração *in vitro* em três sistemas de tampão eletrodo/gel, porém, visando agilizar e otimizar as rotinas de laboratório, escolheram-se aleatoriamente oito sistemas de coloração, no sistema tampão eletrodo/gel Tris Citrato, que revelou o maior número de sistemas isoenzimáticos. Os sistemas de coloração escolhidos foram SKDH, ACP, β-EST, 6PGDH, PGI, PGM, MDH e PRX, contudo, dos oito sistemas utilizados, só os cinco últimos foram passíveis de interpretação. A interpretação dos zimogramas é coerente com os padrões encontrados em trabalhos similares, sendo que as cinco enzimas interpretadas apresentaram os seguintes padrões: 1. Fosfoglucomutose (PGM): revelou apenas uma região com atividade enzimática, formada por um loco monomórfico, com um alelo fixado; 2. 6-fosfogluconato Desidrogenase (6PGDH): apresentou duas zonas de atividade, sendo a mais catódica, variável e inconstante, por isso, desprezada da interpretação, e a mais anódica formada por um loco polimórfico e multialélico (3 alelos), constituída por uma enzima monomérica; 3. Fosfoglucose Isomerase (PGI): esta enzima também revelou duas zonas distintas de atividades (locos), sendo a mais catódica

interpretada como um loco monomórfico com apenas um alelo (fixado) e a mais anódica por um loco polimórfico, contendo duas subunidades (dímera); 4. Malato Desidrogenase (MDH): o sistema revelou três zonas de atividades, sendo a mais catódica e a intermediária interpretadas como dois locos polimórficos formados por enzimas monômeras, contendo 2 alelos, e a mais anódica interpretada como um loco monomórfico, apresentando apenas um alelo, fixado; 5. Peroxidase (PRX): revelou três zonas de atividade, duas positivas e uma negativa, porém, devido à inconstância da revelação, só foi possível considerar uma zona de atividade, a mais catódica sendo interpretada como um loco monomórfico.

4.2 Estrutura Genética

A hipótese de que ambas as subpopulações (SPop's) constituem uma única população, foi testada através da análise das freqüências alélicas e da distribuição da variabilidade genética entre e dentro das SPop's. As estimativas dos índices de diversidade genética, bem como dos parâmetros quantificadores da estrutura genética das SPop's de *G. americana,* foram obtidas a partir das freqüências alélicas de 13 alelos distribuídos em 8 locos isoenzimáticos (TABELA 2). As freqüências alélicas foram obtidas para SPop's e para a população de adultos e plântulas, procurando-se facilitar algumas comparações e interpretações genéticas.

TABELA 2 - Freqüências alélicas, tamanho da amostra (n) e número total de alelos (TA), em duas SPop's e na população (Pop) de adultos e plântulas de *G. americana*, para 8 locos isoenzimáticos.

		Adultos			Plântulas		
Loco	Alelo	SPop1	SPop2	Pop	SPop1	SPop2	Pop
Pgm-1	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	n	15	27	42	99	195	294
6Pgdh-1	1	0,233	0,385	0,329	0,473	0,423	0,441
	2	0,567	0,500	0,524	0,505	0,494	0,489
	3	0,200	0,115	0,146	0,022	0,083	0,061
	n	15	26	41	92	163	255
Pgi-1	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	n	15	27	42	100	180	280
Pgi-2	1	0,533	0,426	0,464	0,490	0,515	0,507
	2	0,467	0,574	0,536	0,510	0,485	0,493
	n	15	27	42	99	199	298
Mdh-1	1	0,833	0,944	0,905	0,955	0,983	0,973
	2	0,167	0,056	0,095	0,045	0,017	0,023
	n	15	27	42	99	176	275
Mdh-2	1	0,933	0,870	0,893	0,955	0,961	0,958
	2	0,067	0,130	0,107	0,045	0,039	0,042
	n	15	27	42	99	190	289
Mdh-3	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	n	15	26	41	97	159	256
Prx-2	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	n	15	27	42	80	193	273
TA		13	13	13	13	13	13

As freqüências alélicas variaram nas SPop's de uma completa fixação, como no caso do alelo 1, dos locos Pgm-1, Pgi-1, Mdh-3 e Prx-2, igualmente nos adultos e nas plântulas, até freqüências muito baixas, como no caso dos alelos 3, no loco 6Pgdh-1, na SPop1 das plântulas (0,022), e alelo 2 nos locos Mdh-1 e Mdh-2 nas SPop's e população das plântulas (0,045, 0,017, 0,023, 0,045, 0,039 e 0,042, respectivamente). As diferenças nas freqüências alélicas, entre adultos e plântulas, ocorreram, em parte, devido aos indivíduos adultos não estarem diretamente relacionadas às plântulas, visto que na amostragem dos adultos foram incluídos 27 indivíduos a mais do que as 15 matrizes que deram origem às plântulas. Por outro lado, estas diferenças podem ser devido a outros fatores como seleção entre a fase de plântula e a fase adulta, e/ou deriva, advinda da amostragem não representativa do evento reprodutivo que deu origem as plântulas nas SPop's. Apesar dessa variação, não se detectou a ausência de nenhum alelo nas SPop's de adultos e plântulas, mostrando que ambas compartilham o mesmo conjunto gênico, ou seja, contêm os mesmos alelos. Obtiveram-se, assim, quatro locos monomórficos (Pgm-1, Pgi-1, Mdh-3 e Prx-2) e quatro locos polimórficos (6Pgdh-1, Pgi-2, Mdh-1 e Mdh-2), para as estimativas dos parâmetros genéticos quantificadores da estrutura das subpopulações e variabilidade intrapopulacional.

As estimativas dos coeficientes de coancestralidade (TABELA 3) permitem obter a distribuição da variabilidade genética nos vários níveis hierárquicos da análise de variância para os adultos e plântulas. O coeficiente de coancestralidade $\hat{\theta}_P$ corresponde à estimativa $\hat{G}_{ST}$ de NEI (1973) e $\hat{F}_{ST}$ de WRIGHT (1965); $\hat{F}$ corresponde à $\hat{F}_{IT}$, enquanto $\hat{f}$ corresponde a $\hat{F}_{IS}$. O $\hat{\theta}_P$ é uma medida de divergência genética entre freqüências alélicas de diferentes SPop's, $\hat{\theta}_F$ corresponde ao coeficiente de coancestralidade entre plantas, dentro de famílias, dentro de SPop's, $\hat{\theta}_F$' tem a mesma definição do parâmetro anteriormente definido, porém, é um método que não considera o nível SPop's na sua estimativa, sendo assim, mais precisa para a definição deste parâmetro, $\hat{f}$ fornecem os níveis de fixação alélica para a média das SPop's e $\hat{F}$ para o total das SPop's, portanto, corresponde ao índice de fixação estimado para a população.

TABELA 3 - Coeficientes de coancestralidade entre duas SPop's de adultos e plântulas de *G. americana*.

	Loco	$\hat{\theta}_P$	$\hat{\theta}_F$	$\hat{\theta}_F$'	$\hat{F}$	$\hat{f}$
Adultos	6Pgdh-1	0,000	-----	-----	0,079	0,079
	Pgi-2	0,004	-----	-----	-0,278	-0,284
	Mdh-1	0,047	-----	-----	-0,066	-0,119
	Mdh-2	-0,003	-----	-----	-0,110	-0,107
	Média	0,006	-----	-----	-0,058	-0,064
Plântulas	6Pgdh-1	-0,125	0,156	0,250	0,401	0,467
	Pgi-2	-0,018	0,083	0,99	0,207	0,221
	Mdh-1	-0,010	0,134	0,142	-0,024	-0,012
	Mdh-2	-0,003	-0,003	0,001	-0,043	-0,040
	Média	-0,024	0,160	0,190	0,283	0,300

Os coeficientes de coancestralidade (TABELA 3), entre SPop's ($\hat{\theta}_P$), foram baixos para os adultos, em todos os locos, com média de 0,006. Para as plântulas, todos os $\hat{\theta}_P$ foram negativos, inclusive para a média, estatisticamente não diferentes de zero. Valores negativos de $\hat{\theta}_P$ são decorrentes de correlações intraclasses maiores do que entreclasses, ou mais especificamente, as plântulas dentro das SPop's são geneticamente mais diferentes entre si do que entre SPop's. Estes valores negativos também sugerem que as freqüências alélicas das plântulas não se adequaram ao modelo aleatório de Cockerham, o qual assume que

as variações nas freqüências gênicas devem-se exclusivamente à deriva genética. É possível que as isoenzimas aqui avaliadas estivessem ligadas a locos seletivamente ativos, vindo assim, a expressar-se de forma igualmente seletiva, o que por sua vez, levou à inadequação do marcador ao modelo.

Devido aos baixos valores de divergência observados entre as SPop's, para adultos e plântulas, as diferenças entre as SPop's podem ser consideradas irrelevantes, e portanto, ambas são semelhantes do ponto de vista genético. Tal resultado era esperado, tendo em vista que 130 metros, entre SPop's, é uma distância muito curta para causar divergências genéticas por deriva, em uma espécie de dispersão hidrocórica e zoocórica e polinização entomofílica (LOVELESS & HAMRICK, 1984; HAMRICK, 1989). É esperado que o fluxo gênico entre as SPop's seja intenso, homogeneizando a variabilidade genética e reduzindo os efeitos aleatórios da deriva genética. Concordantemente, HAMRICK (1989) afirma que populações arbóreas tropicais, de cruzamento, dióicas, de polinização entomofílica e de dispersão de sementes a longas distâncias (hidrocoria e zoocoria), apresentam pouca divergência entre suas populações, mantendo a maior diversidade dentro das populações. Nesse contexto, HAMRICK & GODT (1990), em revisão de literatura sobre diversidade isoenzimática em espécies de plantas, observaram que as preferencialmente alógamas, em média, mantêm mais de 78% de sua variabilidade dentro das populações.

O $\hat{f}$ e $\hat{F}$, para o loco 6Pgdh-1, dos indivíduos adultos, apresentaram um pequeno excesso de homozigotos (0,079 para ambos os índices), contudo, estes índices foram em torno de 5 vezes menores do que a homozigosidade obtida para as plântulas no mesmo loco (0,467 e 0,401, respectivamente). O loco Pgi-2 apresentou excesso de homozigotos para as plântulas e de heterozigotos para os adultos. Já, os locos Mdh-1 e Mdh-2, apresentaram valores negativos muito próximos a zero, para as plântulas, e um expressivo excesso de heterozigotos para os adultos. Este comportamento sugere para todos os locos e para a média, a existência de seleção entre a fase de plântula e a fase adulta, pois os adultos sempre apresentam a tendência de conter mais heterozigose, mesmo considerando-se que o loco 6Pgdh-1 tenha apresentado excesso de homozigose em ambas as gerações.

As médias de $\hat{f}$ e $\hat{F}$, para adultos, foram muito próximas a zero, indicando o equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW) nas SPop's. Para plântulas, estes valores foram positivos e altos, apontando desvios do EHW e acentuada endogamia na população, que no caso de *G. americana,* que é dióica, só pode ser fruto de cruzamentos entre aparentados. Desvios do EHW e cruzamentos endogâmicos já eram previstos pelas hipóteses iniciais do trabalho, dado que a população ocupa uma área restrita (7,2 ha), a espécie é perene, de vida longa, dióica, com evidências de apomixia e o tamanho da população não é infinito (125 indivíduos).

Finalizando, a magnitude de $\hat{f}$ e $\hat{F}$, em todos os locos e na média, foi muito próxima, levando a entender que a endogamia na população ($\hat{F}$) é muito bem explicada pela endogamia contida dentro das SPop's ($\hat{f}$), ou seja, os níveis de fixação alélica são semelhantes, para os mesmos locos, nas duas SPop's, apontando que ambas são similares do ponto de vista genético. Este resultado reforça a hipótese de que as SPop's são homogêneas, portanto, subunidades de uma mesma população.

O coeficiente de coancestralidade entre plantas, dentro de famílias, dentro de SPop's ($\hat{\theta}_F$), foi em média alto (0,160), revelando a existência de cruzamentos entre aparentados. Em plântulas de meio irmãos, originadas de pais sem nenhum grau de parentesco, o valor máximo assumido por $\hat{\theta}_F$ é de 0,125 (1/8); valores acima indicam a existência de cruzamentos entre aparentados. Segundo REIS (1996), o grau de parentesco, entre as famílias maternais ($\hat{\theta}_F$), pode ser melhor estimado por $\hat{\theta}_F$', por retirar os efeitos de divergência dos níveis hierárquicos superiores que, neste caso, corresponde ao efeito das SPop's. Desse modo, a estimativa média de $\hat{\theta}_F$' foi de 0,190, reforçando o resultado observado para $\hat{\theta}_F$, ou seja, algumas plântulas foram geradas por cruzamentos entre aparentados.

A análise da estrutura genética das SPop's de *G. americana* permite afirmar que ambas compartilham o mesmo conjunto gênico e constituem uma só população, assim, rejeita-se a segunda hipótese, pois: a) não existem alelos exclusivos nas SPop's;

b) a divergência genética entre SPop's ($\hat{\theta}_P$) é insignificante (< 1 %); c) a variabilidade genética está distribuída dentro das SPop's e, d) a endogamia dentro das SPop's ($\hat{f}$) é grandemente explicada pela endogamia total da população ($\hat{F}$). A partir desse resultado, procedeu-se à análise conjunta das duas SPop's como sendo uma única população, através dos índices de diversidades intrapopulacionais.

4.3 Variabilidade Genética dentro da População

A caracterização da variabilidade genética dentro da população foi realizada pelo número médio de alelos por locos (A), porcentagem de locos polimórficos (P), heterozigosidade média observada (H_o) e a heterozigosidade média esperada ($\hat{H}_e$) segundo expectativas do EHW (TABELA 4). Na referida tabela é apresentado também o tamanho médio da amostra (N).

TABELA 4 - Índices de diversidade intrapopulacionais em população de adultos e plântulas de *G. americana*.

	Adultos	Plântulas
A	1,63 (0,260) *	1,63 (0,260)
P (0,99)	50,0%	50,0%
N	41,8 (0,200)	277,5 (5,700)
H_o	0,195 (0,068)	0,105 (0,055)
$\hat{H}_e$	0,182 (0,054)	0,149 (0,083)

(*) Intervalo de confiança.

O número médio de alelos por locos (A), corresponde a uma medida de variabilidade dentro de locos, ou seja, é uma medida de riqueza alélica, já a porcentagem de locos polimórficos é uma medida de variabilidade entre locos dentro de indivíduos. As estimativas de A apresentaram-se baixas e não variaram entre adultos e plântulas (1,63 ± 0,260). Ressalta-se que para a estimativa de A consideraram-se todos os locos, monomórficos e polimórficos, e como 50% dos locos eram monomórficos, o valor estimado apresentou-se baixo. Caso esta estimativa seja feita apenas com os locos polimórficos, A sobe para 2,25 (0,25), o que pode ser considerado um número relativamente alto de alelos por locos. Segundo NEI (1987), esta estatística é muito influenciada pelo tamanho da amostragem genética (número de locos), por isso não é uma boa medida de variabilidade genética para comparação entre amostras de tamanhos diferentes.

A porcentagem de locos polimórficos (P) foi de 50% e igualmente à estimativa de A também não variou entre adultos e plântulas. Comparando-se a magnitude desse índice ao encontrado para espécies vegetais, 36,8% (HAMRICK *et al.*, 1979) e 50% (HAMRICK & GODT, 1990), pode-se considerar que a população de *G. americana* apresenta um polimorfismo relativamente alto. Entretanto, comparando-se as estimativas de P encontradas em *G. americana* com duas espécies arbóreas tropicais comuns, também da família Rubiaceae, *Alseis blackiana* (89,3%) e *Psychotria horizontalis* (49,5%), estudadas por HAMRICK & LOVELESS (1986), observam-se valores bem inferiores à primeira espécie, mas muito próximos à segunda. A análise das estimativas de P mostram que *G. americana* apresenta um grau de polimorfismo médio, isto é, a variação entre locos é relativamente boa, tornando a população favorável à conservação genética.

A heterozigosidade observada (H_o) foi alta para os adultos (0,195) e baixa para as plântulas (0,105). Já a heterozigosidade média esperada ($\hat{H}_e$) foi alta para ambos os adultos e as plântulas (0,182; 0,149, respectivamente). A estimativa de H_o foi superior a $\hat{H}_e$, nos adultos, e inferior nas plântulas, revelando excesso de heterozigotos para os primeiros e de homozigotos para os segundos, isto é, significa que a heterozigosidade observada nos adultos foi maior que a esperada se a população estivesse em equilíbrio de Hardy-Weinberg, contrariamente ao que ocorreu com as plântulas. Observa-se pelos resultados, indícios de seleção em favor dos heterozigotos entre a fase de plântula e a

fase adulta, reforçando o observado pela estatística F, obtidos da análise de variância ($\hat{f}$ e $\hat{F}$, TABELA 3).

Comparando-se $\hat{H}_e$, obtido para adultos e plântulas de *G. americana*, com os encontrados em espécies vegetais, 0,141 (HAMRICK *et al.*, 1979), ao nível de populações de espécies arbóreas, 0,149, e de espécies arbóreas tropicais, 0,109 (HAMRICK & GODT, 1990), observa-se grande superioridade nos valores aqui encontrados. Todavia, quando se compara $\hat{H}_e$, com espécies arbóreas tropicais de alta densidade, da família Rubiaceae, 0,374 (*Alseis blackiana*) e 0,152 (*Psychotria horizontalis*) e na média de 16 espécies arbóreas tropicais comuns, 0,211 (HAMRICK & LOVELESS, 1989), fica claro que a heterozigosidade de *G. americana* foi bem inferior à encontrada para a primeira espécie, superior à segunda e próxima à terceira. MORAES (1993), estudando plântulas de *Miracrodruon urundeuva*, espécie também dióica, em duas populações, obteve heterozigosidades (0,140 e 0,160) próximas às encontradas aqui. Tais resultados mostram que *G. americana* apresenta uma heterozigosidade média, possibilitando assim, um grande número de novas recombinações genotípicas, pelos cruzamentos, favorecendo a conservação *in situ* da população.

No entanto, comparando-se H_o, dos adultos, relativamente à encontrada por HILL *et al.* (1978), para três espécies arbóreas ribeirinhas amazônicas, 0,100 a 0,425 para *Aeschynomene sensitiva* Sw. var. *amazonica* Rudd., 0,184 a 0,364 para *Aeschynomene sensitiva* Sw. var. *sensitiva* Rudd e 0,333 a 0,460 para *Mimosa pigra* L.; observam-se valores médios muito superiores aos encontrados para *G. americana*. HILL *et al.* (1978) também observaram que as populações localizadas à jusante do rio quase sempre apresentavam níveis mais altos de heterozigosidade do que as localizadas à montante, atribuindo essa característica à dispersão hidrocórica. No caso de *G. americana*, que é típica de ecossistemas ciliares e a dispersão também é hidrocórica, seria interessante complementar seu estudo através da avaliação de outras populações ao longo do rio Moji-Guaçu, objetivando detectar a extensão do fluxo gênico pela água.

O índice de fixação de Wright ($\hat{f}$), obtido para adultos e plântulas (TABELA 5), corresponde ao $\hat{F}$ obtido da análise de variância. Este índice mede a redução da heterozigosidade, relativamente ao esperado em uma população panmítica. Valores de $\hat{f}$ iguais a zero indicam que a população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW), ou seja, que os acasalamentos estão ocorrendo de forma aleatória, e não há endogamia na população. Contudo, valores significativamente maiores do que zero indicam excesso de homozigotos e deficiência de heterozigotos, e os significativamente menores do que zero, excesso de heterozigotos e deficiência de homozigotos, portanto, desvios do EHW.

TABELA 5 - Índices de fixação de Wright ($\hat{f}$) para plantas adultas e plântulas em 4 locos polimórficos em *G. americana*.

	Plantas Adultas	Plântulas
6Pgdh-1	0,139 ns	0,447 **
Pgi-2	-0,292 ns	0,208 **
Mdh-1	-0,105 ns	-0,028 ns
Mdh-2	-0,120 ns	-0,043 ns
Média	-0,071 (0,077) ns	0,302 (0,092) **

* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$. O $\hat{f}$, ao nível de loco, foi testado a partir de LI & HORVITZ (1953), e a média pelo teste Z (entre parênteses é apresentado o erro padrão da média).

Nas plântulas, o $\hat{f}$ foi baixo, negativo e, estatisticamente não diferente de zero para os locos Mdh-1 e Mdh-2, porém, para os locos 6Pgdh-1, Pgi-2 e para a média, foi alto, positivo e, significativamente, diferente de zero, mostrando excesso de homozigotos e que as freqüências alélicas observadas se desviam das esperadas, segundo os pressupostos de Hardy-Weinberg. Desvios do EHW, implicam que a população está subdividida, reprodutivamente, em grupos com certo grau de parentesco (FUTUYMA, 1992). Possivelmente a subdivisão esteja associada à existência de estruturação familiar dentro da população, ou a acasalamentos preferenciais decorrendo do assincronismo na antese das flores masculinas e femininas, ou, ainda, ao comportamento dos polinizadores, visitando sempre as mesmas plantas (CRESTANA, 1993).

Comparando a média de $\hat{f}$, entre adultos e plântulas, observa-se endogamia acentuada nas plântulas e um pequeno excesso de heterozigotos nos adultos, apontando, concordantemente aos resultados já observados, a existência de seleção em favor de heterozigotos, entre a fase de plântula e a adulta. A seleção dá a entender que os cruzamentos, na população, geram uma grande quantidade de sementes endogâmicas a cada ciclo reprodutivo, mesmo considerando-se que as plantas adultas contenham alta heterozigosidade e estejam em EHW (REIS, 1996). Os dados mostram que a seleção natural elimina as sementes endogâmicas, permitindo que só sementes heterozigóticas desenvolvam indivíduos adultos. Concordantemente, CRESTANA (1993), observou altas taxas de mortalidade entre plântulas de *G. americana*. Provavelmente, trata-se de uma estratégia adaptativa da espécie, liberando uma grande quantidade de sementes endogâmicas à disposição da seleção natural, porém, permitindo apenas que descendentes heterozigóticos se estabeleçam na população e venham a se reproduzir, garantindo a manutenção dos níveis de variabilidade da população. Em concordância com os resultados aqui encontrados, MURAWSKI (1995), comparou o $\hat{f}$ entre adultos e plântulas em várias espécies arbóreas tropicais e observou que os níveis de fixação alélica eram quase sempre superiores nas plântulas, comparativamente às plantas adultas. No entanto, LEPSCH-CUNHA (1996), estudando *Couratari multiflora*, na Amazônia, e MURAWSKI *et al.* (1994), estudando *Shorea congestiflora*, no Sri Lanka, encontraram valores de $\hat{f}$ maiores na fase adulta, relativamente à fase de plântula, indicando a necessidade de mais estudos neste campo, a fim de se conhecer melhor a ação da seleção entre a fase juvenil e adulta.

A endogamia expressa pelo $\hat{f}$, para as plântulas, provavelmente está associada à existência de estruturação genética espacial, dado que *G. americana* é dióica, e portanto, o acasalamento entre aparentados é a única forma de gerar endogamia. MORAES (1993), estudando plântulas de uma espécie dióica - *M. urundeuva*, em duas populações, encontrou valores altos de $\hat{f}$ (0,606 - Bauru; 0,342 - Selvíria), atribuindo esses resultados à existência de parentesco entre indivíduos dentro das populações. O autor observou que a população de Bauru era muito mais endogâmica que a de Selvíria, pressupondo para a primeira, maior grau de estruturação familiar.

Finalmente, considerando os altos valores de $\hat{H}_e$, a aderência das freqüências genotípicas ao EHW, abordada a partir do $\hat{f}$, para os adultos, e as evidências de seleção em favor de heterozigotos, pode-se considerar a população de *G. americana* como potencialmente apta para a conservação *in situ*. Estes resultados indicam a possibilidade da espécie ampliar sua variabilidade genética através de novas recombinações genotípicas, o que se refletirá em um aumento no seu potencial adaptativo, portanto, evolutivo. O potencial evolutivo da população permitirá a adaptação às mudanças ambientais futuras, que por ventura poderão advir, dado o grande número de novas recombinações genotípicas, possíveis de ocorrer, para manutenção da variabilidade genética detectada. Assim, fica claro o potencial da população para a conservação *in situ* e utilização para a coleta de sementes, visando à recuperação de matas ciliares degradadas.

5 CONCLUSÕES

O estudo das subpopulações de *G. americana*, a partir de dados de isoenzimas, possibilitou as seguintes conclusões:

- a análise da estrutura genética das subpopulações revelou que a variabilidade genética se encontra quase toda distribuída dentro das subpopulações e apenas pequena parte dela é distribuída entre as subpopulações, e a análise das freqüências alélicas mostrou que ambas as subpopulações compartilham os mesmos genes, conseqüentemente, ambas constituem subunidades de uma mesma população;
- a análise da variabilidade genética dentro da população a partir das plantas adultas evidenciou níveis relativamente altos de heterozigosidade ($\hat{H}_e$), se comparados à média de outras espécies arbóreas tropicais estudadas. Entretanto, as análises das plântulas mostraram níveis baixos de variabilidade genética. A alta heterozigosidade observada para os adultos é de valor relevante, visto que permite novas recombinações genotípicas, portanto, ampliação da plasticidade adaptativa da espécie às futuras mudanças ambientais e à colonização de novas áreas. Já, a baixa heterozigosidade nas plântulas, evidencia a existência de cruzamentos endogâmicos, refletidos nos altos índices de fixação ($\hat{f}$ e $\hat{F}$);
- os altos níveis de heterozigosidade nos adultos, combinados com a aderência ao equilíbrio de Hardy-Weinberg, porém, gerando plântulas fora do equilíbrio e com altos níveis de endogamia, sugerem a existência de seleção em favor dos heterozigotos da fase de plântula para a fase adulta, e
- verifica-se, pela análise dos resultados gerais, que a população de *G. americana* pode ser usada para a conservação genética *in situ* e para a recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, S. A. *et al.* 1991. *Eletroforese de proteínas e fungos em essências florestais.* Viçosa, UFV. 242p.

ALVAREZ-BUYLLA, E. R. & GARAY, A. A. 1994. Population genetic structure of *Cecropia obtusifolia*, a tropical pioneer species. *Evolution*, San Francisco, *48*(2):437-453.

BAWA, K. S. & O'MALLEY, D. M. 1987. Estudios geneticos y de sistemas de cruzamiento en algunas especies arboreas de bosques tropicales. *Revista de Biologia Tropical*, Costa Rica, *35*(1):177-188. (Supl.)

BROWN, A. H. D.; BURDON, J. J. & JAROSZ, A. M. 1989. Isozyme analysis of plant mating systems. In: SOLTIS, D. E. & SOLTIS, P. S (eds.) *Isozymes in plant biology.* Portland, Dioscorides Press. p. 73-86.

CARVALHO, P. E. R. 1994. *Espécies florestais brasileiras; recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira.* Brasília, EMBRAPA-CNPF. 640p.

CHELIAK, W. M. & PITTEL, J. A. 1984. Techniques for starch gel eletrophoresis of enzymes from forest tree species. *Information Report Pi - X*, Chalk River, (42):1-49.

CLEGG, M. T.; KAHLER, A. L. & ALLARD, R. W. 1978. Estimation of life cycle components of selection in a experimental plant population. *Genetics*, Washington, *89*:765-92.

COCKERHAM, C. C. 1969. Variance of gene frequencies. *Evolution*, San Francisco, *23*:72-84.

CONKLE, M. T. *et al.* 1982. Starch gel eletrophoresis of conifer seeds; a laboratory manual. Berkeley, USDA, Forest Service. 18p. (General Technical Report PSW, 64)

CRESTANA, C. de S. M. 1993. *Biologia reprodutiva de* **Genipa americana** *L. (RUBIACEAE) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.* Rio Claro, UNESP. 222p. (Tese de Doutorado)

DIAS, L. A. dos S. & KAGEYAMA, P. Y. 1991. Variação genética em espécies arbóreas e conseqüências para o melhoramento florestal. *Agrotrópica*, Ilhéus, *3*(3):119-27.

FUTUYMA, D. J. 1992. *Biologia evolutiva.* Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética. 631p.

GIBBS, P. E. & LEITÃO FILHO, H. F. 1978. Composição florística de uma área de mata ciliar nas proximidades de Moji-Guaçu, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, *1*(1):151-6.

_____.; _____. & ABBOTT, R. J. 1980. Aplicação do método dos quadrantes no levantamento florístico de uma mata ciliar em Moji-Guaçu, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, *3*:17-22.

HAMRICK, J. L.; LINHART, Y. B. & MITTON, J. B. 1979. Relationships between life history characteriste and eletrophoretically detectable genetic variation in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, California, *10*:173-200.

HAMRICK, J. L. 1983. The distribution of genetic variation within and among natural plant population. In: SCHONE-WALD-COX, C. M. *et al. Genetics and conservation*. Menlo Park, California, Benjamin Cummings Publishing Company. p. 335-348.

_____. & LOVELESS, M. D. 1986. Isozyme variation in tropical trees; procedures and preliminary results. *Biotropica*, St. Louis, *18*:201-207.

_____. 1989. The genetic structure of tropical tree populations; association with reproductive biology. In: BOCK, J. H. & LINHART, Y. B. (eds.) *The evolutionary ecology of plants*. Boulder, USA, Westview Press. p. 129-146.

HAMRICK, J. L. 1989. Isozymes and analysis of genetic structure in plant populations. In: SOLTIS, D. E. & SOLTIS, P. (eds.) *Isozymes and the analysis of genetic structure in plant populations*. Chapman and Hall Ltd. p. 87-105.

_____. & GODT, M. J. W. 1990. Allozyme diversity in plant species. In: BROWN, A. H. D. *et al.* (eds) *Plant population genetics, breeding and genetic resources*. Massachusetts, Sinauer, Sunderland. p. 43-63.

HARRIS, H. & HOPKINSON, D. A. 1976. *Handbook of enzyme electrophoresis* in *human genetics*. Amsterdam, North-Holland Publ. Co. 17p.

HILL, R. J. *et al.* 1978. Estudo eletroforético da dinâmica de variação genética em três taxas Ribeirinhas ao longo do Rio Solimões, América do Sul. *Acta Amazônica*, Manaus, *8*(2):183-199.

KAGEYAMA, P. Y. 1987. Conservação *in situ* de recursos genéticos de plantas. *IPEF*, Piracicaba, (35):7-37.

KEPHART, S. R. 1990. Starch gel eletrophoresis of plant isozymes; a comparative analysis of techniques. *American Journal of Botany*, Lancaster, *77*(5):693-712.

KÖPPEN, W. 1948. *Climatologia*. México, Editora Fundo de Cultura Econômica. 207p.

LEPSCH-CUNHA, N. 1996. *Variabilidade genética intrapopulacional de duas espécies de baixa densidade na Amazônia Central: **Couratari multiflora** (J.E. Smith) Eyma e **Couratari guianensis** Aublet*. Item 1. de Resultados da Dissertação "Estrutura genética e fenologia de espécies raras de *Couratari* spp. (Lecythidaceae) na Amazônia Central". Piracicaba, ESALQ/USP. 147p. (Dissertação de Mestrado)

LI, C. C. & HORVITZ, D. G. 1953. Some methods of estimating the inbreeding coefficient. *American Journal of Human Genetics*, 5:107-117.

LIENGSIRI, C.; YET, F. C. & BOYLE, T. J. B. 1995. Isozyme analysis of a tropical forest tree, *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. in Thailand. *Forest Ecology and Management*, *74*:13-22.

LOVELESS, M. D. & HAMRICK, J. L. 1984. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, California, *15*:65-95.

_____. 1987. Distribuicion de la variacion en espécies de arboles tropicales. *Revista de Biologia Tropical*, Costa Rica, *35*(1):165-75. (Supl.)

MANTOVANI, W. *et al.* 1989. Estudo fitossociológico de áreas de matas ciliar em Moji-Guaçu, SP, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, São Paulo, abr. 11-15, 1989. Campinas, Fundação Cargill. p. 235-267.

MORAES, M. L. T. 1993. Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres quantitativos em duas populações naturais de aroeira ***Myracrodruon urundeuva*** *F.F. & M.F. Allemão Anacardiaceae (Syn: **Astronium urundeuva** (Fr. Allemão) Engler*. Piracicaba, ESALQ/USP. 139p. (Tese de Doutorado)

MURAWSKI, D. A.; DAYANANDAN, B. & BAWA, K. S. 1994. Outcrossing rates of two endemic *Shorea* species from Sri Lankan Tropical Rain Forest. *Biotropica*, St. Louis, *26*(1):23-29.

MURAWSKI, D. A. 1995. Reproductive biology and genetics of tropical trees from a canopy perspective. In: LOWMAN, M. D. & NADKARMI, N. M. *Forest canopies*. Academic Press. p. 457-493.

NEI, M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, USA, *70*(12):3321-3323.

NEI, M. 1987. *Molecular evolutionary genetics*. New York, Columbia University Press. 512p.

REIS, M. S. 1996. *Distribuição e dinâmica da variabilidade genética em populações naturais de palmiteiro (***Euterpe edulis** *M.)*. Piracicaba, ESALQ/USP. 210p. (Tese de Doutorado)

ROBERDS, J. H. & BROTSCHOL, J. V. 1985. Linkage desiquilibria among allozyme loci in natural populations of *Liriodrendron tulipifera* L. *Silvae Genetica*, Frankfurt, *34*:4-5.

S.A.S. INSTITUTE. 1985. *SAS STAT; guide for personal computers, version 6.03*. Cary, N.C., SAS Institute Inc. 943p.

SEBBENN, A. M. 1997. *Estrutura genética de subpopulações de* **Genipa americana** *L. (RUBIACEA) a partir de isoenzimas*. Piracicaba, ESALQ/USP. 107p. (Dissertação de Mestrado)

SWOFFORD, D. L. & SELANDER. 1989. *Byosys-1; a computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematics*. Illinois, Illinois Natural History Survey. 43p. (Release 1,7)

VENCOVSKY, R. 1992. Análise de variância de freqüências alélicas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GENÉTICA, 10, Rio de Janeiro. *Proceedings... Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, *15*(1):53-60. (Supl.)

WEEDEN, N. F. & WENDEL, J. F. 1990. Genetic of plant izozymes. In: SOLTIS, D. E. & SOLTIS, P. S. *Isozymes in plant biology*. Chapman and Hall Ltd. p. 46-67.

WEIR, B. S. 1990. *Genetic data analysis. methods for discrete population genetic data*. North Caroline State University, Sinauer Associates Inc. Pub., Suderland, Massachusetts. 377p.

WRIGHT, J. A. 1993. *Conservacion* **ex situ** *de espécies nativas en Colombia*. Colombia, Smurfit Carton de Colombia. 6p. (Investigaciones Forestales, 159)

WRIGHT, S. 1965. The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution*, San Francisco, *19*:395-420.

YAMADA, M. M. & GURIES, R. P. 1989. *A manual for starch gel eletrophoresis: new chocolate lovers edition*. Madison, Department Forestry of Wisconsin. 22p. (Staff Paper Series, 39)

CALIBRAGEM DE DUAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NO LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL WALTER EMMERICH, SÃO PAULO*

Francisco Carlos Soriano ARCOVA**
Walter de Paula LIMA***
Valdir de CICCO**

RESUMO

A calibragem das microbacias hidrográficas experimentais B e D, do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, foi realizada para um período de seis anos. Empregando o método das microbacias pareadas, por meio de regressões lineares estabeleceu-se equações de predição para os deflúvios anual e mensal e para o volume de escoamento direto e pico de vazão de hidrogramas. A microbacia D foi considerada como controle no estudo. As equações de predição foram determinadas ao nível de significância de 0,05. As equações para os deflúvios anual e mensal apresentaram reduzidos erros padrão de estimativa, podendo ser utilizadas para avaliação de possíveis alterações na microbacia B, ao contrário dos modelos para estimativa do volume de escoamento direto e do pico de vazão, que produziram resultados ainda não significativos. De qualquer maneira, recomenda-se que a calibragem deve ser prolongada por mais alguns anos, a fim de amostrar uma amplitude maior de observações das precipitações e dos deflúvios anual e mensal, assim como a inclusão de mais hidrogramas na tentativa de melhorar as equações para o escoamento direto e pico de vazão.

Palavras - chave: microbacias; calibragem; deflúvio.

ABSTRACT

The calibration of two experimental watersheds (B and D) in Walter Emmerich Hydrologic Laboratory was made for a period of six years. Applying the paired catchment method by means of linear regressions, it was correlated the annual streamflow, monthly streamflow, the amount of stormflow and peak discharge of hydrograph. The D watershed was used as the control. The prediction equations were estimated for the 0.05 significance level. The equations for annual and monthly streamflow, with low standard error of estimate, could already be used to predict streamflow after an eventual experimental treatment in the B catchment. However, the calibration period must be prolonged for a few more years, to sample a higher range of annual and monthly precipitation and streamflow data, and also to include more observations to improve the prediction equations of the amount of stormflow and peak discharge.

Key words: small watersheds; calibration; streamflow.

1 INTRODUÇÃO

Para que se possa avaliar as alterações na produção de água de microbacias experimentais, decorrentes das mudanças das condições originais das bacias, é necessário que se estabeleçam relações matemáticas entre as características do deflúvio de interesse e outra, ou outras, variáveis hidrológicas das microbacias estudadas. Estas relações devem ser determinadas durante um período que antecede ao tratamento experimental a ser implementado. Este procedimento é denominado de calibragem (REIGNER, 1964; REINHART, 1967; GOLDING, 1980 e SWINDEL & DOUGLAS, 1984).

Conforme GOLDING (1980), os métodos de calibragem de microbacias experimentais são três: o método das microbacias pareadas; o método da calibragem de uma única microbacia usando dados climáticos, e o método da curva de dupla massa.

(*) Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada em 19/12/96 à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Piracicaba e aceito para publicação em junho de 1998.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.
(***) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Florestais, USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

No método das microbacias pareadas, uma variável do deflúvio de interesse da microbacia a ser alterada é correlacionada com a mesma variável de interesse de uma segunda microbacia adjacente ou vizinha, de condições similares à primeira, denominada de microbacia controle. Esta correlação é estimada pela análise de regressão, resultando numa equação de predição que é usada para a determinação da mudança na produção de água após a alteração das condições originais da microbacia. A diferença entre o deflúvio medido na microbacia que sofreu a modificação e o deflúvio estimado pela relação obtida na calibragem fica, por este procedimento, estatisticamente caracterizado como resultado da alteração ocorrida na microbacia.

Segundo REIGNER (1964) o método das microbacias pareadas tem elevada confiabilidade, pois trata-se de um procedimento bastante usado nos experimentos de hidrologia florestal, com resultados satisfatórios, sendo ele o mais recomendado. O sucesso do método é baseado na elevada correlação existente entre as características do deflúvio das microbacias.

As características mais comumente utilizadas na calibragem estão relacionadas à quantidade de deflúvio. Evidentemente, quanto maior o número de características empregadas, maior o número de informações que poderão ser obtidas, porém mais complexo se torna o estudo. O deflúvio mensal, sazonal e anual são as características de maior interesse em estudos de hidrologia florestal. Outras características, como o deflúvio diário, vazão máxima diária, vazão máxima de hidrogramas isolados, vazão mínima diária, volume de escoamento direto, escoamento base, etc., são também freqüentes (REINHART, 1958; SAMRAJ *et al.*, 1988; BOSCH & SMITH, 1989; BREN & PAPWORTH, 1991).

O emprego de outras características combinadas com o deflúvio, usadas como variável de predição, pode ser frutífero no estabelecimento das regressões. REINHART (1967) sugere o uso de dados climáticos obtidos no local do estudo, destacando que a utilização da diferença entre os valores de precipitação das duas microbacias pareadas é promissora.

O período de calibragem deve ser o mais representativo possível das condições climáticas e hidrológicas da área, abrangendo a maior gama de variações climáticas que possa ocorrer, incluindo anos secos e anos úmidos no estudo (REINHART, 1967).

BRUIJNZEEL (1990) destaca que um fator complicador na avaliação de efeitos hidrológicos com a transformação da cobertura vegetal nas regiões tropicais é a elevada variabilidade climática no decorrer dos anos. Isto, é claro, se aplica tanto ao período de pós-tratamento quanto ao período da calibragem das microbacias.

Evidentemente, como lembrado por BROOKS *et al.* (1991), o número de anos necessário para que se obtenha uma calibragem adequada entre microbacias pareadas não é fixo, dependendo dos objetivos do estudo e também da variabilidade dos dados utilizados para tal. Caso se deseje determinar uma equação de predição para o deflúvio anual, cada ano representa apenas um dado na regressão. Por outro lado, se o interesse existe na determinação de uma relação que estime componentes de hidrogramas, vários eventos podem ser analisados em poucos anos, proporcionando um conjunto de dados adequados para a calibragem.

A acurácia a ser alcançada nos experimentos com microbacias é freqüentemente de difícil determinação. Na calibragem, uma equação de predição é definida e a ela está associado um erro de estimativa. Caso este erro seja suficientemente pequeno para ser aceito, significa que o grau de correlação entre as características das microbacias e a precisão das observações são satisfatórios (REIGNER, 1964).

Este estudo, desenvolvido nas microbacias B e D do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng. Agr. Walter Emmerich, teve por objetivos obter equações de predição para os deflúvios anual e mensal, o volume de escoamento direto e para o pico de vazão de hidrogramas. Utilizou-se para tanto o método de calibragem das microbacias pareadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características Gerais do Meio Biofísico

O Laboratório de Hidrologia Florestal Engenheiro Agrônomo Walter Emmerich está situado no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, no Estado de São Paulo. Está localizado entre os paralelos 23° 13' e 23° 16' de Latitude Sul e os meridianos 45° 02' e 45° 05' de Longitude Oeste de Greenwich.

As microbacias experimentais B e D distam aproximadamente três quilômetros entre si, fazendo parte da bacia hidrográfica do rio Paraibuna (FIGURA 1).

Apresentam relevo montanhoso, com predomínio de altitudes superiores a 1.000 metros e declividades de encostas acima de 15°.

Os solos são predominantemente Latossolos e Cambissolos Álicos, provenientes de rochas duras, orientadas e de difícil decomposição, como gnaisses, migmatitos e granitos.

A vegetação é de floresta natural secundária de Mata Atlântica, resultado de exploração madeireira ocorrida há aproximadamente 45 anos.

As microbacias sofrem fortes influências da altitude e dos efeitos orográficos da Serra do Mar, com massas de ar equatoriais e tropicais proporcionando à área condições de clima úmido.

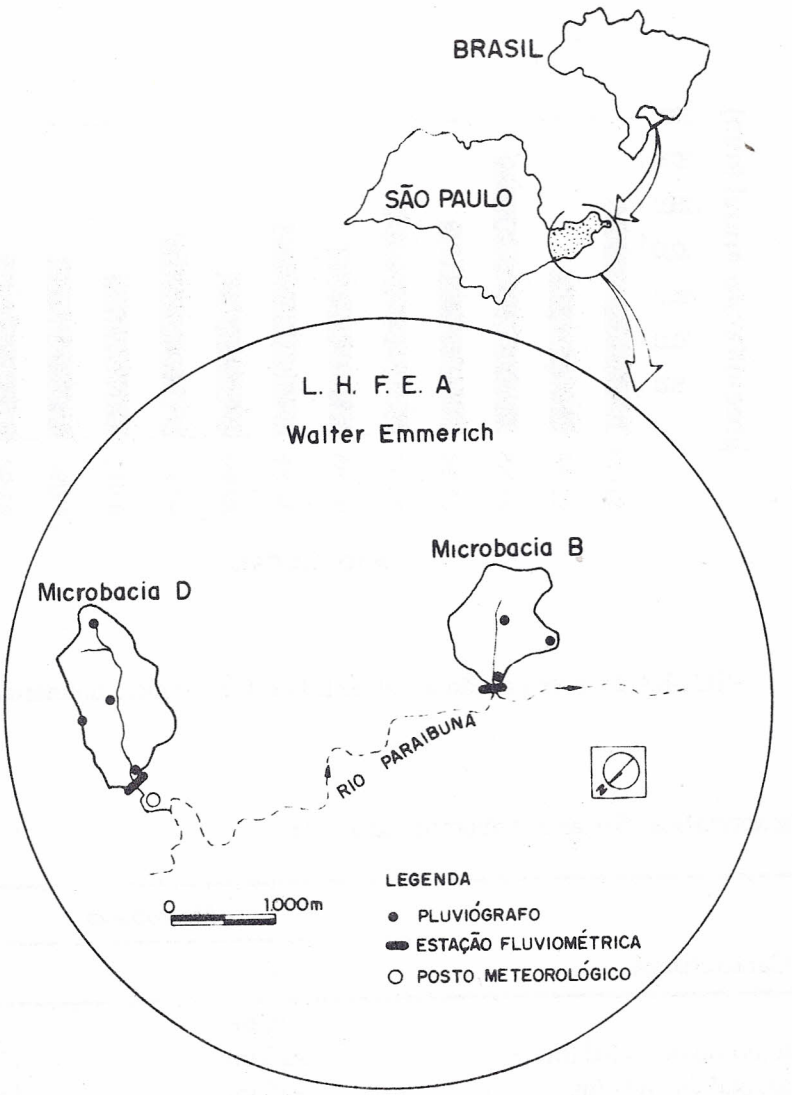


FIGURA 1 - Localização das microbacias B e D.

A precipitação média anual no Laboratório é da ordem de 2240 mm. Num período de doze anos, entre outubro de 1982 e setembro de 1994, os valores extremos registrados foram 1815 mm e 3088 mm (FIGURA 2).

Com relação à distribuição das chuvas, o ano pode ser dividido em um período caracterizado como úmido, que se estende de outubro a março (estação das chuvas) e um período seco ou pouco úmido, compreendendo os meses de abril a setembro.

A variação da precipitação mensal de ano para ano é bastante significativa. O quociente entre as precipitações mensais máxima e mínima para os meses de janeiro e fevereiro são 5,2 e 9,1, respectivamente, demonstram uma grande flutuação das chuvas mensais.

Um resumo das características físicas das microbacias está presente na TABELA 1.

Maiores detalhes da área são fornecidos por ARCOVA (1996).

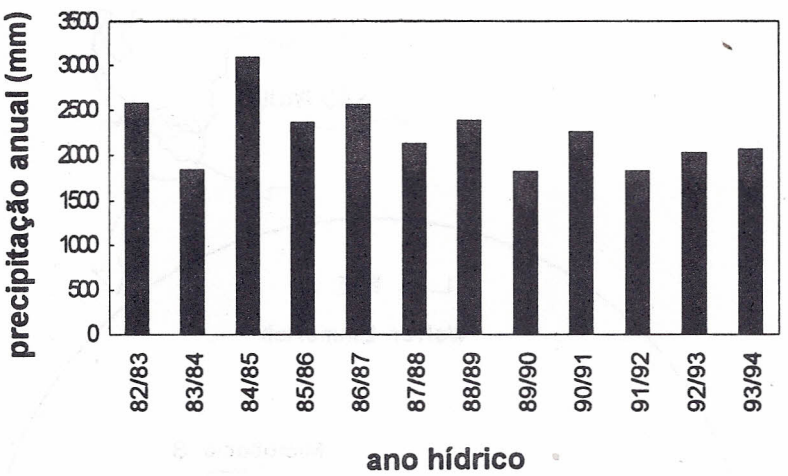


FIGURA 2 - Precipitação anual no L.H.F.E.A. Walter Emmerich.

TABELA 1 - Características físicas das microbacias B e D.

Característica	Microbacia	
	B	D
Área (ha)	36,68	56,04
Comprimento do rio principal (m)	920,00	1260,00
Comprimento total dos rios (m)	920,00	1550,00
Densidade de drenagem (km/km^2)	2,51	2,77
Declividade do canal (%)	6,6	7,1
Perímetro (m)	2750,00	3450,00
Fator de forma	0,433	0,353
Declividade média da bacia (%)	25,8	28,1

2.2 Métodos

As microbacias B e D vêm sendo monitoradas desde 1986 e 1982, respectivamente, por meio de medições contínuas da precipitação pluviométrica e do deflúvio. Este estudo abrangeu um período de seis anos, estendendo-se de outubro de 1986 a setembro de 1992.

Quatro pluviógrafos medem a precipitação na microbacia D. A microbacia B conta com três pluviógrafos.

Para a medição do deflúvio utilizam-se estações linimétricas localizadas na saída das microbacias. A estação da microbacia B é constituída de dois tanques de sedimentação e um vertedouro triangular de 90°. A estação da microbacia D é composta de um tanque de sedimentação e um canal trapezoidal aberto. Linígrafos do tipo flutuador medem continuamente as variações da altura da lâmina de água.

Segundo o método das microbacias hidrográficas pareadas, as características do deflúvio das duas microbacias foram correlacionadas por meio de análise de regressão, resultando na determinação de equações de predição.

A microbacia D foi considerada como "controle" no estudo, sendo suas características do deflúvio as variáveis de predição. As características da microbacia B compuseram as variáveis resposta.

Assim, os totais anuais e mensais do deflúvio da microbacia D, além do volume de escoamento direto e dos picos de vazão dos oitenta e oito hidrogramas selecionados, foram correlacionados com estas mesmas características da microbacia B.

Outras características hidrológicas e climáticas também foram testadas como variáveis de predição. Para as regressões do deflúvio mensal e anual, serviu-se da quantidade de precipitação dos respectivos períodos, além da diferença entre a precipitação das duas microbacias. A evapotranspiração potencial da área, calculada pelo método de THORNTHWAITE & MATTER (1955), também foi testada para ambos os casos. Os dados de temperatura do ar utilizados para os cálculos foram obtidos no posto meteorológico do Laboratório.

Para as equações do escoamento direto e do pico de vazão, as seguintes características foram empregadas: 1) a quantidade de precipitação que provocou o hidrograma; 2) a diferença entre as precipitações nas duas bacias; 3) a precipitação de cada um dos cinco dias que antecederam à ocorrência do hidrograma; 4) o total de precipitação dos cinco dias antecedentes ao hidrograma; 5) a intensidade máxima da precipitação do evento no intervalo de uma hora, e 6) o deflúvio antecedente, que se refere à vazão no início da ascensão de cada hidrograma.

A FIGURA 3 ilustra os principais componentes dos hidrogramas e das precipitações empregadas na calibragem do escoamento direto e do pico de vazão.

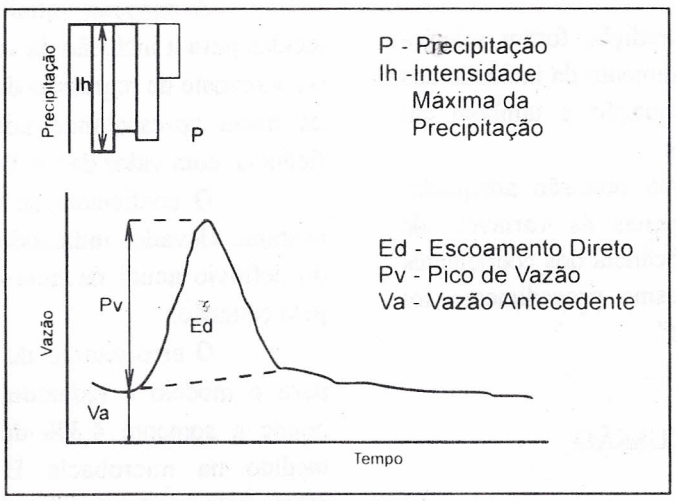


FIGURA 3 - Componentes dos hidrogramas e das precipitações empregadas na calibragem do escoamento direto e do pico de vazão.

As características hidrológicas adotadas como variáveis resposta, bem como as testadas como variáveis de predição nas análises de regressão para definição dos modelos de calibragem das microbacias estão resumidas na TABELA 2.

TABELA 2 - Variáveis resposta e de predição utilizadas nas análises de regressão para calibragem das microbacias B e D.

Característica hidrológica		
Variável resposta	Variável de predição	
Deflúvio anual, mensal da bacia B ($Q_{a,m}B$)	Deflúvio da bacia D	($Q_{a,m}D$)
	Precipitação da bacia D	($P_{a,m}D$)
	Evapotranspiração potencial (*)	($ET_{a,m}$)
	Diferença entre precipitação das bacias	($PD - PB_{a,m}$)
Escoamento direto da bacia B (EdB) e Pico de vazão da bacia B (PvB)	Escoamento direto da bacia D	(EdD)
	Pico de vazão da bacia D	(PvD)
	Precipitação da bacia D	(PD)
	Diferença entre as precipitações das bacias D e B	(PD - PB)
	Precipitações dos 5 dias antecedentes aos hidrogramas da bacia D	(P1,2,3,4,5,Pt)
	Intensidade máxima da chuva da bacia D	(IhD)
	Vazão antecedente da bacia D	(VaD)

Subscritos "a" e "m" significam período anual e mensal, respectivamente.
(*) Evapotranspiração calculada pelo método de THORNTHWAITE & MATTER (1955).

Os modelos de regressão empregados na calibragem foram a regressão linear simples e a regressão linear múltipla.

As variáveis de predição foram selecionadas baseando-se no procedimento da inclusão das variáveis uma a uma à equação e também em função da análise de resíduos.

Para assegurar uma precisão adequada, incluiu-se nas equações apenas as variáveis de predição com nível de significância dos coeficientes "b" superior a 0,05. O mesmo procedimento foi adotado para o coeficiente "a".

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Deflúvio Anual

O modelo que melhor ajusta as relações entre as duas microbacias para a calibragem do deflúvio anual é do tipo linear simples. A equação de predição é apresentada na FIGURA 4.

A equação satisfaz as premissas estabelecidas para a inclusão da variável de predição, com o coeficiente de regressão da variável deflúvio anual da bacia apresentando adequado nível de significância, com valor de t = 58,0140.

O coeficiente de determinação mostra-se bastante elevado, indicando que 99% da variação do deflúvio anual da microbacia B é quantificada pela equação.

O erro padrão de estimativa (s.e.) obtido para o modelo é reduzido, um valor que corresponde a somente 4,3% do deflúvio médio anual medido na microbacia B (1473 mm). Este é claramente um bom indicativo de que se conseguiu uma precisão satisfatória para a equação de calibragem do deflúvio anual, conforme explicitado por REIGNER (1964).

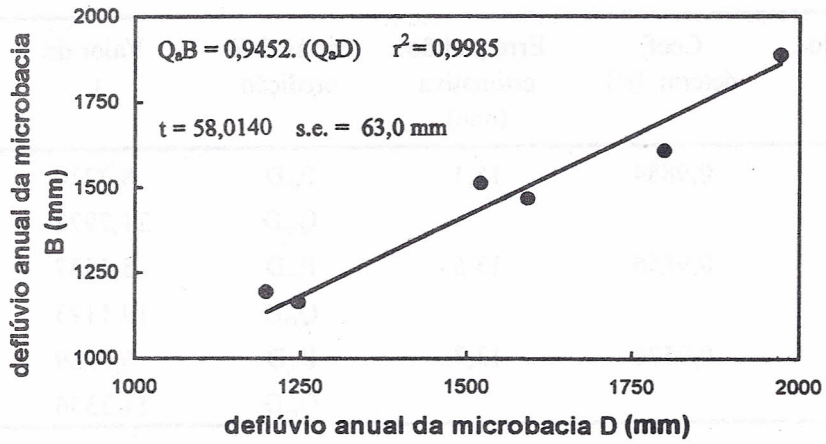


FIGURA 4 - Relação entre o deflúvio anual das microbacias B e D.

O resíduo absoluto máximo determinado não passa de 90 mm, correspondendo a apenas 5,3% do deflúvio estimado da microbacia B.

Os baixos valores dos resíduos e também do erro padrão de estimativa obtidos são adequados para que a equação possa ser usada na avaliação de uma eventual alteração na microbacia B sobre a produção hídrica anual. Porém, algumas considerações devem ser feitas sobre a calibragem do deflúvio anual das microbacias.

Os dados hidrológicos dos seis anos da microbacia D utilizados no estudo, fazem parte de um conjunto maior de registros já feitos, que totaliza 12 anos. Neste universo mais amplo, houve a ocorrência de um ano atípico (ano hídrico de 1984/85), excessivamente úmido, com uma precipitação total no período de 3088 mm, que resultou num deflúvio anual de 2722 mm. Este fato é revelador de que o modelo de predição do deflúvio anual estabelecido no presente trabalho não abrange a variação total das chuvas e, conseqüentemente, do deflúvio anual, que podem vir a ocorrer nas microbacias experimentais. Assim, a equação determinada no período deve restringir-se a representar os anos hídricos cuja precipitação varie entre 1815 mm a 2552 mm, isto é, para um universo de dados disponível até o momento que corresponde a 92% dos valores anuais obtidos na microbacia D.

3.2 Deflúvio Mensal

Com a finalidade de se ter equações de predição para avaliar alterações do deflúvio mensal para os períodos seco e úmido separadamente, as observações foram divididas de acordo com a época do ano e então submetidas à análise de regressão. Também obteve-se o modelo considerando os dados do ano hídrico conjuntamente (período total).

Os três modelos selecionados são lineares múltiplos. A contribuição da precipitação mensal como variável de predição é significativa para os três casos. As equações obtidas são:

- período seco: $Q_mB = 0,1769.(P_mD) + 0,7110.(Q_mD)$
- período úmido: $Q_mB = -14,7479 + 0,2198.(P_mD) + 0,7220.(Q_mD)$
- período total: $Q_mB = 0,1867.(P_mD) + 0,6957.(Q_mD)$

A TABELA 3 apresenta um resumo das principais características estatísticas das equações. Não mais que 4% da variação do deflúvio mensal da microbacia B deixa de ser quantificado pelas equações, conforme indicado pelos respectivos coeficientes de determinação (r^2). O erro padrão de estimativa para as três regressões são praticamente iguais, estando em torno de 15 mm, não ultrapassando o valor de 12,7% da média (período seco).

TABELA 3 - Características estatísticas das equações de predição do deflúvio mensal.

Período	Coef. determ. (r^2)	Erro padrão estimativa (mm)	Variável de predição	Valor de t	Nível significância
Total	0,9884	15,1	P_mD	8,7230	0,0000
			Q_mD	21,7972	0,0000
Seco	0,9856	13,6	P_mD	5,5537	0,0000
			Q_mD	19,1173	0,0000
Úmido	0,9578	13,7	P_mD	6,0989	0,0000
			Q_mD	11,3336	0,0000

A contribuição de cada variável de predição na definição do modelo do deflúvio mensal para o período total pode ser constatada por intermédio da comparação do coeficiente de determinação e do erro padrão de estimativa entre o modelo linear simples, usando apenas o deflúvio da microbacia D e o modelo linear múltiplo, acrescido da variável precipitação. A regressão simples gera um r^2 de 0,9757, sendo o erro padrão de estimativa igual a 21,7 mm. Com a introdução da precipitação no modelo, o valor de r^2 sobe para 0,9884, e o erro padrão de estimativa é reduzido para 15,1 mm.

Comportamento semelhante é observado nos modelos definidos para os períodos seco e úmido. Os valores de r^2 da regressão linear simples e da regressão múltipla, para o período seco, são 0,9734 e 0,9856, respectivamente. Os valores do erro padrão de estimativa são 18,5 mm e 13,6 mm. Para a estação úmida, os valores do coeficiente de determinação dos modelos linear simples e linear múltiplo são 0,9130 e 0,9578, respectivamente. A inclusão da variável precipitação faz com que o erro padrão de estimativa seja reduzido de 23,0 mm para 15,7 mm.

Os gráficos das FIGURAS 5, 6 e 7 mostram que praticamente todos os valores observados do deflúvio mensal da microbacia B estão incluídos na banda de confiança de 95%.

Da mesma forma que para o deflúvio anual, as equações determinadas para o deflúvio mensal apresentam reduzido erro padrão de estimativa, podendo assim ser empregadas na avaliação de efeitos hidrológicos na microbacia B.

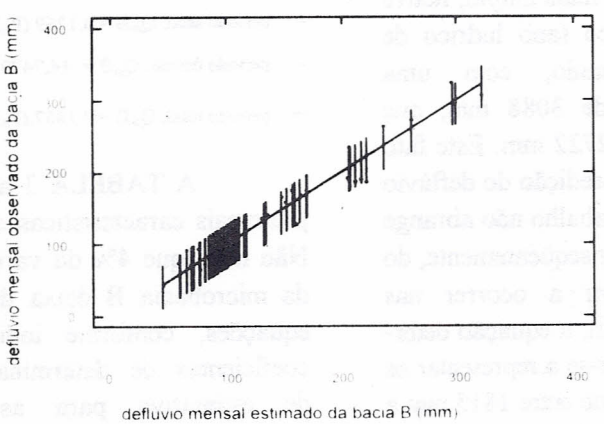


FIGURA 5 - Relação entre os valores estimados e os observados do deflúvio mensal da microbacia B, para o período total.

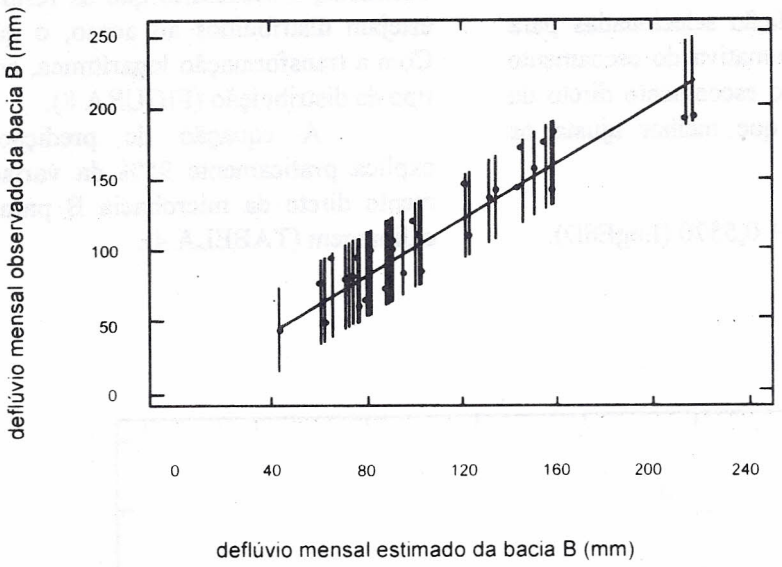


FIGURA 6 - Relação entre os valores estimados e os observados do deflúvio mensal da microbacia B, para o período seco.

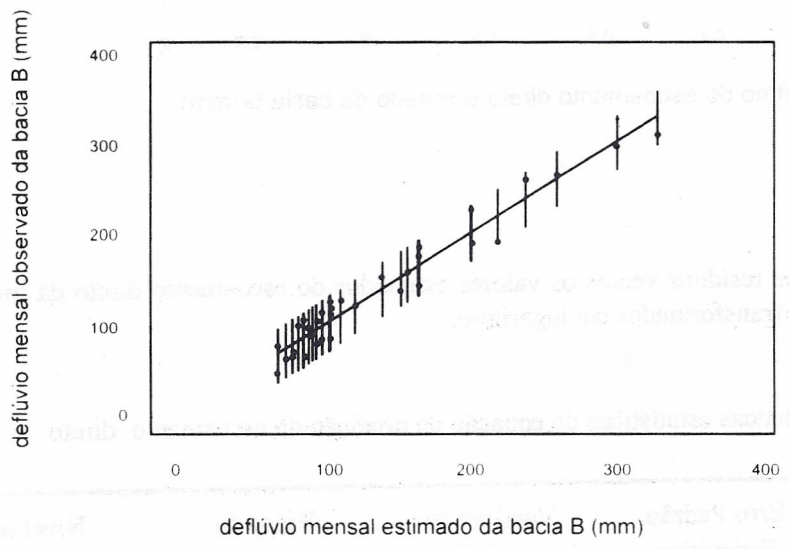


FIGURA 7 - Relação entre os valores estimados e os observados do deflúvio mensal da microbacia B, para o período úmido.

3.3 Escoamento Direto

As variáveis de predição selecionadas para comporem a equação de estimativa do escoamento direto são a precipitação e o escoamento direto da microbacia D. O modelo que melhor ajusta os dados é:

$$LogEdB = 0{,}3382.(LogPD) + 0{,}5570.(LogEdD).$$

Para que as observações possam ser utilizadas, é necessário que os resíduos do modelo estejam distribuídos ao acaso, o que não ocorre. Com a transformação logarítmica, consegue-se este tipo de distribuição (FIGURA 8).

A equação de predição determinada explica praticamente 95% da variação do escoamento direto da microbacia B para o período de calibragem (TABELA 4).

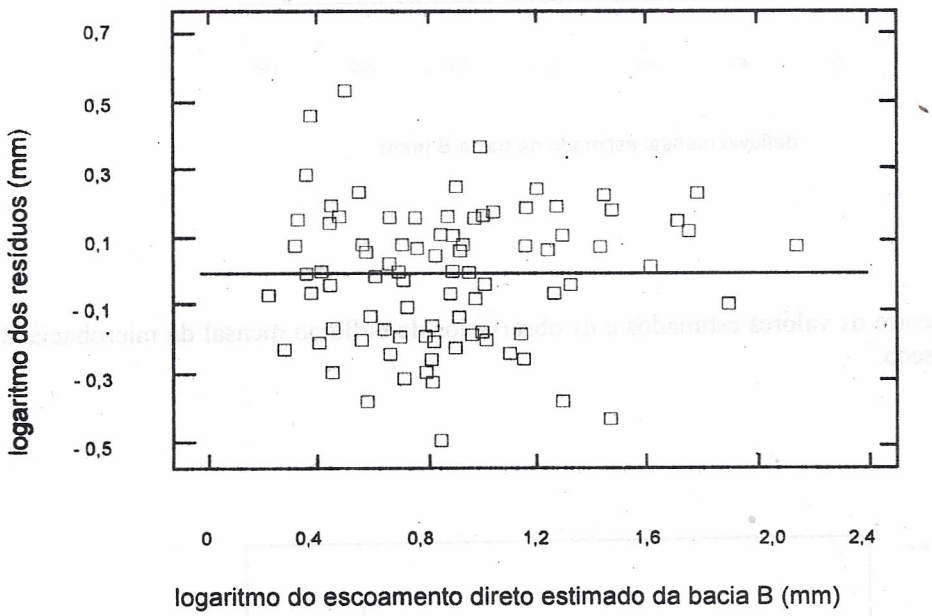


FIGURA 8 - Distribuição dos resíduos versus os valores estimados do escoamento direto da microbacia B a partir de dados transformados em logaritmo.

TABELA 4 - Características estatísticas da equação de predição do escoamento direto.

Coef. determinação (r^2)	Erro Padrão Estimativa (mm)	Variável de predição	Valor de t	Nível de significância
0,9542	8,9	PD	9,7766	0,0000
		EdD	8,3949	0,0000

A relação entre valores observados de escoamento direto da microbacia B e os valores estimados pelo modelo de calibragem revela que apenas 3 pontos amostrados excedem a banda de confiança de 95%, indicando um ajuste bastante satisfatório da equação obtida (FIGURA 9).

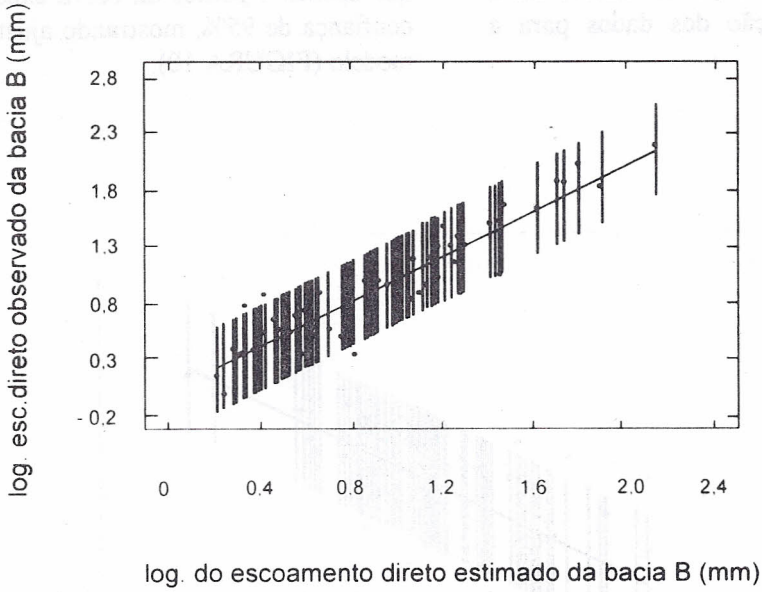


FIGURA 9 - Relação entre o logaritmo do escoamento direto estimado e o observado da microbacia B.

Porém, o modelo apresenta um erro padrão de estimativa bastante elevado. Na forma não logarítmica seu valor é de 8,9 mm, correspondendo a 65% do escoamento médio da microbacia B. Isto deve ocorrer em função da alta variabilidade que há entre o volume de escoamento direto e também entre as precipitações das microbacias.

Assim, a adoção do modelo para a avaliação dos efeitos de um tratamento experimental sobre o escoamento direto da microbacia B pode ser prematura, sendo interessante fazer uma amostragem mais ampla de hidrogramas para a determinação de uma equação que represente as correlações entre as duas bacias. Outra possibilidade seria o emprego de outros tipos de regressão, além das equações lineares ora utilizadas.

3.4 Pico de Vazão

As variáveis de predição utilizadas no modelo para estimativa da taxa de pico de vazão constam da TABELA 5. Além do pico de vazão, a equação inclui a quantidade da precipitação da microbacia D.

TABELA 5 - Características estatísticas da equação de predição do pico de vazão.

Coef. determinação (r^2)	Erro Padrão Estimativa (l/s)	Variável de predição	Valor de t	Nível de significância
0,9656	280,9	PvD	3,5807	0,0006
		PD	5,0577	0,0000

A equação que relaciona o pico de vazão da microbacia B com as variáveis selecionadas é:

LogPvB = 0,8294. (LogPD) + 0,4260. (LogPvD).

Igualmente ao escoamento direto, há a necessidade de transformação dos dados para a forma logarítmica.

Pela equação obtida, 97% da variação da descarga da microbacia B pode ser quantificado.

A relação entre valores observados do pico de vazão da microbacia B e os valores estimados pela equação obtida na calibragem indica que apenas 4 pontos da curva excedem a banda de confiança de 95%, mostrando ajuste satisfatório do modelo (FIGURA 10).

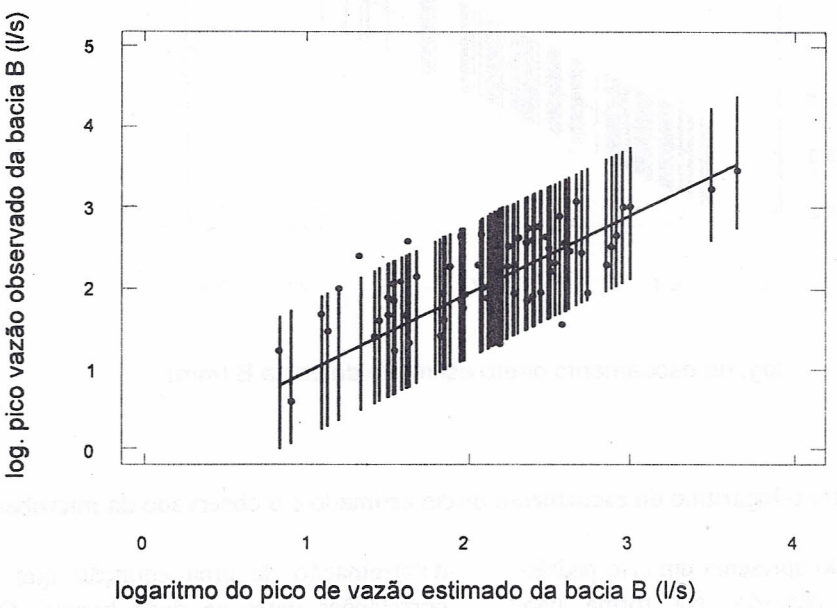


FIGURA 10 - Relação entre o logaritmo do pico de vazão estimado e o observado da microbacia B.

O erro padrão de estimativa da equação de calibragem do pico de vazão, já na forma logarítmica, é bastante elevado (280,9 l/s), correspondendo a 84% do pico de vazão médio da microbacia B (333,3 l/s). Portanto, seria interessante também que o período de calibragem das bacias fosse estendido, com o intuito de se determinar um modelo mais adequado para a predição desta característica.

4 CONCLUSÕES

a) Os modelos determinados para os deflúvios anual e mensal, com reduzidos erro padrão de estimativa, podem ser usados na avaliação de uma eventual alteração da cobertura florestal na microbacia B sobre sua produção hídrica.

b) Os modelos definidos para o escoamento direto e para o pico de vazão apresentam elevado erro padrão de estimativa, prejudicial para a avaliação de alterações na microbacia B sobre estas características dos hidrogramas.

c) O período de calibragem deve ser prolongado por mais alguns anos, para amostrar uma amplitude maior de observações das precipitações e dos deflúvios anual e mensal. Recomenda-se a inclusão de mais observações na tentativa de melhorar as equações para o escoamento direto e pico de vazão, além do teste de outros tipos de regressão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F. C. S. 1996. *Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 130p. (Dissertação de Mestrado)

BOSCH, J. M. & SMITH, R. E. 1989. The effect of afforestation of indigenous scrub forest with Eucalyptus on streamflow from a small catchment in the Transvaal, South Africa. *South African Forestry Journal*, Pretoria, *150*:7-17.

BREN, L. J. & PAPWORTH, M. 1991. Early water yield effects of conversion of slopes of a eucalypts forest catchment to radiata pine plantation. *Water Resources Research*, *27*(9):2421-2428.

BROOKS, K. N. *et al.* 1991. *Hydrology and the management of watersheds*. Ames, Iowa State University Press. 392p.

BRUIJNZEEL, L. A. 1990. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. Amsterdam, Free University Amsterdam / UNESCO, Humid Tropics Programme Publication, Free University. 224p.

GOLDING, D. L. 1980 Calibration methods for detecting changes in streamflow quantity and regime. In: THE INFLUENCE OF MAN ON THE HYDROLOGICAL REGIME WITH SPECIAL REFERENCE TO REPRESENTATIVE AND EXPERIMENTAL BASINS, Helsinki, 1980. *Proceedings*.... International Association of Hydrological Sciences. p. 3-7. (Publication, 130)

REIGNER, I. C. 1964. *Calibrating a watershed by using climatic data*. Upper Darby: U.S. Forest Service Research, Northeastern Forest Experiment Station,. 45p. (Paper NE, 15)

REINHART, K. G. 1958 Calibration of five small forested watersheds. *Transactions American Geophysical Union*, *38*(5):933-936.

_____. 1967 Watershed calibration methods. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST HYDROLOGY, 1, Pennsylvania, Aug. 29-Sept. 10, 1965. *Proceedings*... Oxford, Pergamon Press Ltd. p. 715-723.

SAMRAJ, P. 1988. Hydrological behaviour of the Nilgiri sub-watersheds as affected by bluegum plantations, part 1. The annual water balance. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, *103*:335-345.

SWINDEL, B. F. & DOUGLAS, J. E. 1984. Describing and testing nonlinear treatment effects in paired watershed experiments. *Forest Science*, New York, *30*(2):305-313.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. 1955. *The water balance*. Centerton, Drexel Institute of technology. 86p. (Publications in Climatology)

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

1 REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL (*Rev. Inst. Flor.*)

Publicação semestral do Instituto Florestal, destinada à veiculação de artigos técnico-científicos, notas científicas e revisões bibliográficas em ciências florestais e afins.

1.1 Encaminhamento e Apresentação do Original

Os trabalhos deverão ser encaminhados ao Diretor Geral do Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970 - São Paulo - SP - Brasil, em 4 (quatro) vias (1 original e 3 cópias), respeitando-se as margens superior e inferior de 20 mm x 20 mm e as margens laterais esquerda de 30 mm e direita de 20 mm.

Serão analisados pela **Comissão Editorial** e, após a análise, encaminhados ao(s) autor(es) para atendimento das sugestões apresentadas. Procedidas as modificações sugeridas, o(s) autor(es) deverá(ão) enviar 2 (duas) vias (1 original e 1 cópia) da versão final do artigo, acompanhadas do disquete correspondente (disquete de 3 ½'') digitado no aplicativo "Word for Windows", fonte: **Times New Roman tamanho 11**, em espaço duplo, respeitando-se as margens anteriormente citadas.

Deverão obedecer a seguinte ordem: **TÍTULO** do trabalho em caixa alta, seguido do título na língua do **"ABSTRACT"**; nome(s) do(s) **AUTOR(ES)** logo abaixo do lado direito, digitado(s) em ordem direta, prenome e sobrenome sendo o último em caixa alta. A filiação do(s) autor(es) e endereço(s) deverá(ão) constar em nota de rodapé, indicada(s) por asterisco(s) ou número(s). **RESUMO** e **"ABSTRACT"** seguidos de **PALAVRAS-CHAVE** e **"KEY WORDS"**; **INTRODUÇÃO**; **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA** (que dependendo do(s) autor(es) pode ser incluída na **INTRODUÇÃO**); **MATERIAL(AIS) E MÉTODO(S)**; **RESULTADO(S)**; **DISCUSSÃO**; **CONCLUSÃO(ÕES)**; **AGRADECIMENTO** (se houver) e **REFERÊNCIA(S) BIBLIOGRÁFICA(S)**.

1.2 Ilustrações

São consideradas ilustrações as **FIGURAS** e **TABELAS**. Deverão ser citadas no texto e colocadas o mais próximo possível deste.

1.2.1 As **FIGURAS** (mapas, gráficos, fotos, desenhos), deverão ser numeradas contínua e seqüencialmente com algarismos arábicos e título auto-explicatico abaixo, o original das figuras deverá ser confeccionado em papel vegetal, a nanquim. O uso de escala é obrigatório, e constará juntamente com a legenda (se houver), na própria figura. As normografias e as legendas deverão ser feitas com letras finas, em negrito. As fotos deverão ser, preferencialmente, em preto e branco de boa qualidade, acompanhadas dos negativos.

1.2.2 As **TABELAS** deverão ser numeradas consecutivamente com algarismos arábicos, encabeçadas e citadas como **TABELAS** com título auto-explicativo sendo a numeração distinta daquelas das figuras. As linhas horizontais só aparecerão separando o título do conteúdo e no final da mesma; evitar tabelas muito extensas.

1.2.3 O tamanho máximo das ilustrações será de **215 mm x 170 mm**, incluindo o título e a fonte (se houver). Caso seja necessário reduzir o original, calcular a redução de acordo com o tamanho da página impressa para que não haja perda na nitidez.

1.3 Citação de Literatura no Texto

Deverá ser feita na forma de **AUTOR** em caixa alta e **ANO** entre parênteses. Quando houver mais de dois autores usar *et al.*

1.4 Referência Bibliográfica

Deverá ser dada sem numeração, em ordem alfabética do sobrenome. Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(s), obedecer a ordem cronológica crescente, e quando houver vários artigos no mesmo ano, indicar: 1988a, 1988b, etc.

2 INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS

Para maiores esclarecimentos sobre a organização dos trabalhos especialmente quanto à maneira de colocação de títulos e sub-títulos, subdivisão do texto, organização de tabelas e figuras, consultar o número mais recente da revista. Os casos omissos serão resolvidos pela **COMISSÃO EDITORIAL**.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

1 REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL (*Rev. Inst. Flor.*)

Issued bi-annually by "Instituto Florestal" for the publication of original research papers, research notes and literature reviews in branches of forestry sciences.

1.1 Submission of Articles

The articles submitted for publication should be addressed to the "Diretor Geral do Instituto Florestal. Caixa Postal 1322 - 01059-970 - São Paulo - SP - Brasil", presented in 4 (four) copies (1 original and 3 copies), as matter of margin 20 mm on the top and bottom, 30 mm on the left side and 20 mm on the right side of each page

The **Editorial Board** will elaborate an analysis of the papers; after this analysis the papers will be send back to the author(s) in order to consider the recommendation presented. After considering the recommendation, the author(s) should send 2 (two) copies (1 original and 1 copy) presenting the final version of the article along with the corresponding diskette (diskette 3 ½''). The author(s) should use "Word for Windows", font: **Times New Roman size 11**, double spacing leaving, and as matter of margin the above mentioned should be used.

The parts of the articles should be presented in the following order: **TITLE** (in capitals), followed by the title translated into the language of the **ABSTRACT**; name(s) of the author(s) at the right side of the sheet, immediately under the title, name followed by the surname (the last one written in capitals). The author's affiliation and address(es) should be written as footnotes indicated by asterisks or numbers. **"RESUMO"** and **ABSTRACT** followed by **"PALAVRAS-CHAVE"** and **KEY WORDS**; **INTRODUCTION**; **LITERATURE REVIEW** (depending on the author(s) this part may be included in the Introduction); **MATERIAL(S) AND METHOD(S)**; **RESULT(S)**; **DISCUSSION**; **CONCLUSION(S)**; **ACKNOWLEDGEMENT** (if any) and **BIBLIOGRAPHY**.

1.2 Illustrations

FIGURES and **TABLES** are considered illustrations. They should be inserted close to their references in the text.

1.2.1 The **FIGURES** (maps, graphs, photos, drawings) should be sequentially numbered with arabic numerals; below each figure should appear a self-explaining caption. The original figures should be drawn in china ink on drawing paper. The use of the scale and legend (if any) in the figure is compulsory. All the drawings must be printed in bold face. The photos should be preferable in black and white with pronounced contrast, and attached with the negatives.

1.2.2 The **TABLES** should be consecutively numbered with arabic numerals and above each one should appear a self-explaining caption. Horizontal lines must be used to separate the caption from the table's body and finish it. The table(s) should be compact.

1.2.3 The maximum size of each illustration should be **215 mm x 170 mm**, including the caption and source (if any). If reduction is necessary, care should be taken in order to keep clearness.

1.3 Literature Citation in the Text

Should be made by means of **AUTHOR'S SURNAME** in capitals followed by the **YEAR** of publication inserted in parentheses. In case of more than two authors *et al.* should be used.

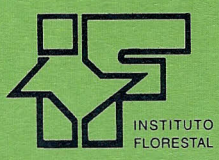
1.4 Bibliography

Should be done in alphabetical order of the author's surname and without numeration. In case of more than one paper of the same author(s), the chronological order must be followed and more than one paper in the same year must be indicated by 1988a, 1988b and so on.

2 SPECIAL INFORMATION

For more detailed instructions concerning the lay out of the paper, specially on the manner of setting out titles and subtitles, sub-division of the text and arrangement of tables and figures, consult the most recent issue of this paper. Omitted cases will be solved by the **EDITORIAL BOARD**.

Secretaria do Meio Ambiente



INSTITUTO
FLORESTAL

GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO