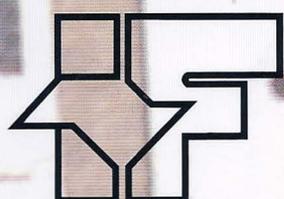




SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO FLORESTAL



REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

Rev. Inst. Flor.

São Paulo

v. 17

n. 1

p. 1 - 128

jun. 2005

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

José Goldemberg

DIRETORA GERAL

Maria Cecília Wey de Brito

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Alexandre Magno Sebbenn

Waldir Joel de Andrade

Antônio da Silva

Dimas Antonio da Silva

Francisco Carlos Soriano Arcova

Frederico Alexandre Roccia Dal Pozzo Arzolla

João Aurélio Pastore

Marco Antonio Pupio Marcondes

Marilda Rapp de Eston

Miguel Luiz Menezes Freitas

Sandra Monteiro Borges Florsheim

Yara Cristina Marcondes

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL/SEMESTRAL PUBLICATION

SOLICITA-SE PERMUTA

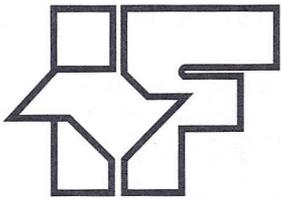
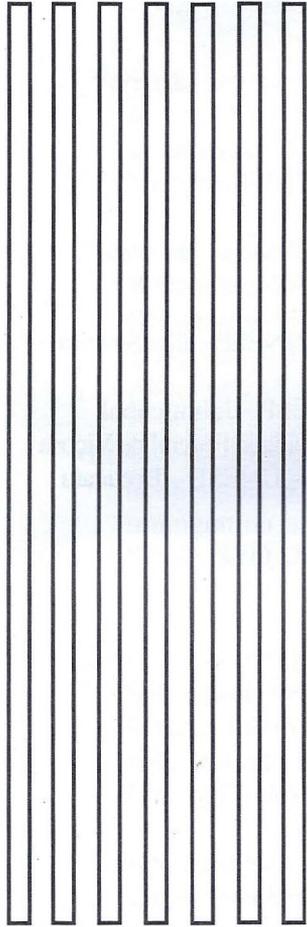
EXCHANGE DESIRED

ON DEMANDE L'ÉCHANGE

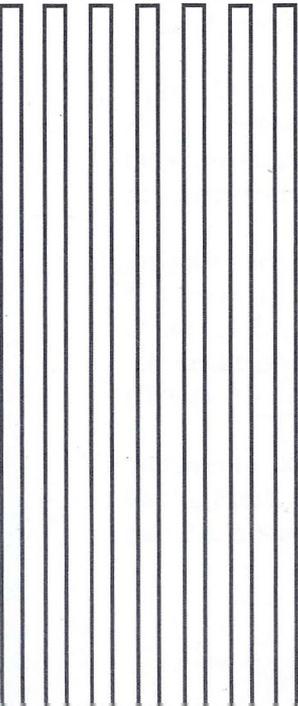
Biblioteca do
Instituto Florestal
Caixa Postal 1.322
01059-970 São Paulo, SP
Brasil
Fone: (011) 6231-8555
Fax: (011) 6232-5767
nuinfo@iflorest.sp.gov.br



SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO FLORESTAL



REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL



Rev. Inst. Flor.

São Paulo

v. 17

n. 1

p. 1 - 128

jun. 2005

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Alexandre Magno Sebbenn

Waldir Joel de Andrade

Antônio da Silva

Dimas Antonio da Silva

Francisco Carlos Soriano Arcova

Frederico Alexandre Roccia Dal Pozzo Arzolla

João Aurélio Pastore

Marco Antonio Pupio Marcondes

Marilda Rapp de Eston

Miguel Luiz Menezes Freitas

Sandra Monteiro Borges Florsheim

Yara Cristina Marcondes

APOIO/SUPPORT

Carlos Eduardo Sposito (Revisão)

CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO:Ananda Virgínia de Aguiar – Universidade Federal de Goiás – Mario Luiz Teixeira de Moraes – UNESP – Ilha Solteira
Campus SamambaiaCybele de S. M. Crestana – Instituto Florestal (ex-funcionária) Reinaldo César de Paula – UNESP - Jaboticabal
João Del Giudice Neto – Instituto de Botânica – SP Robson Fernando Missio – Universidade Federal de Viçosa
João L. F. Batista – ESALQ/USP Wolmar Aparecida de Carvalho – UNESP – Botucatu
Jurandir Lúcio Sanches Ross – USP**SOLICITA-SE PERMUTA/EXCHANGE DESIRED/ON DEMANDE L'ÉCHANGE**

Biblioteca do Instituto Florestal

Caixa Postal 1.322

010509-970 São Paulo-SP-Brasil

Fone: (011) 6231-8555

Fax: (011) 6232-5767

nuinfo@iflorest.sp.gov.br

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL/SEMESTRAL PUBLICATION**REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL**
São Paulo, Instituto Florestal.

1989, 1(1-2)	1999, 11(1-2)
1990, 2(1-2)	2000, 12(1-2)
1991, 3(1-2)	2001, 13(1-2)
1992, 4	2002, 14(1-2)
1993, 5(1-2)	2003, 15(1-2)
1994, 6	2004, 16(1-2)
1995, 7(1-2)	2005, 17(1-
1996, 8(1-2)	
1997, 9(1-2)	
1998, 10(1-2)	

COMPOSTO NO INSTITUTO FLORESTAL
junho, 2005

ERRATA

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL – v. 17, n. 1, jun. 2005

Página	Onde se lê:	Leia-se:
Verso da página de rosto	CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO: Jurandir Lúcio Sanches Ross – USP Reinaldo César de Paula – UNESP – Jaboticabal Wolmar Aparecida de Carvalho – UNESP – Botucatu	CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO: Jurandyr Luciano Sanches Ross – USP Rinaldo Cesar de Paula – UNESP – Jaboticabal Wolmar Apparecida de Carvalho – UNESP – Botucatu

SUMÁRIO/CONTENTS

	p.
<p>Variação genética em procedências de <i>Pinus patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i> no noroeste do Estado de São Paulo. Genetic variation in provenance and progeny test of <i>Pinus patula</i> ssp. <i>tecunumanii</i> in northwest of São Paulo State. Alexandre Magno SEBBENN; Miguel Luiz Menezes FREITAS; Eurípedes MORAIS; Antonio Carlos Scatena ZANATTO</p>	1-15
<p>Teste de procedências de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> aos 32 anos de idade em Bebedouro–SP. <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> provenances test at 32 years, in Bebedouro–SP. Miguel Luiz Menezes FREITAS; Antonio Carlos Scatena ZANATTO; Eurípedes MORAIS; Saulo Vannucci LEMOS; Alessandro Chagas FERNANDES; Alexandre Magno SEBBENN</p>	17-23
<p>Efeitos da fragmentação florestal sobre a imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de <i>Euterpe edulis</i> Mart. Effects of forest fragmentation on seed immigration and temporal genetic structure of <i>Euterpe edulis</i> Mart. Carlos Eduardo Sícole SEOANE; Paulo Yoshio KAGEYAMA; André RIBEIRO; Renato MATIAS; Maurício Sedrez dos REIS; Kamal BAWA; Alexandre Magno SEBBENN</p>	25-43
<p>Relação solos/vegetação em area natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. Soil-native vegetation relationships at Porto Ferreira State Park, São Paulo, Brazil. Marcio ROSSI; Isabel Fernandes de Aguiar MATTOS; Ricardo Marques COELHO; João Roberto Ferreira MENK; Finê Thomaz ROCHA; Rui Marconi PFEIFER; Isabella Clerice DeMARIA</p>	45-61
<p>Comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa – Parque Estadual Carlos Botelho/SP-Brasil. Comparison of sampling methods in the Dense Ombrophylous Forest, Carlos Botelho State Park, São Paulo, Brazil. Antonio Cecílio DIAS; Hilton Thadeu Zarate do COUTO</p>	63-72
<p>Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaquí, no município de Santa Gertrudes, SP. Application of revegetation model in degraded areas aiming at the ecological restoration in the catchment of the Itaquí farm stream, Santa Gertrudes municipality, SP, Brazil. Rosa Maria Galera GONÇALVES; Edegar GIANNOTTI; Juliana Di Giorgio GIANNOTTI; Araci Aparecida da SILVA</p>	73-95
<p>Comparação entre modelos para determinação da porcentagem de madeira em árvores de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. et Golf. em Itirapina. Comparison between models to estimate the percentage of wood in <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. et Golf. Trees in Itirapina. Gilberto de Souza PINHEIRO</p>	97-102
<p>Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>, aos 22 anos de idade. Genetic parameters in open-pollinated families of <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>, at 22 years of age. Miguel Luiz Menezes FREITAS; Alexandre Magno SEBBENN; Eurípedes MORAIS; Antonio Carlos Scatena ZANATTO; Clayton Martins Rangel de SOUSA; Saulo Vannucci LEMOS</p>	103-111
<p>Levantamento do meio físico das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina, São Paulo, Brasil. Physical environment of Itirapina Ecological and Experimental Stations, São Paulo State, Brazil. Dimas Antonio da SILVA</p>	113-128

VARIAÇÃO GENÉTICA EM PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* NO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO*

Alexandre Magno SEBBENN**
Miguel Luiz Menezes FREITAS***
Eurípedes MORAIS***
Antonio Carlos Scatena ZANATTO***

RESUMO

Um teste de procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii* foi estabelecido na Estação Experimental de Bento Quirino, São Simão, Estado São Paulo, no delineamento de “blocos de famílias compactas”, com 10 procedências e 6 a 20 progênies por procedência, 4 plantas por parcela e 7 repetições. A variação genética entre e dentro de procedências e progênies e parâmetros genéticos foram investigadas para DAP, altura e forma do fuste aos 14 anos após o plantio. As análises de variância revelaram diferenças significativas entre procedências, para todos os caracteres, e diferenças significativas entre progênies dentro de procedências para altura e forma de fuste. A avaliação dos componentes da variância mostrou que os efeitos de procedência (variando de 1,25 a 4,56%) e progênie dentro de procedência (variando de 0,61 a 3,97%) contribuíram pouco para a variância total e, portanto, a maior parte da variação reside dentro de progênies, dentro de procedências (variando de 91,47 a 98,14%). A avaliação do crescimento em DAP e da altura mostrou, respectivamente, as procedências San Esteban e Villa Santa, de Honduras, como as melhores e a Las Piedrecitas, do México, como a pior para o local de ensaio. A avaliação da forma do fuste mostrou a procedência San Rafael del Norte, da Nicarágua, como a melhor e a Mount Pine Ridge, de Belize, como a pior. Os valores das herdabilidades no sentido restrito, em nível de plantas individuais (\hat{h}_i^2) e dentro de progênies (\hat{h}_d^2), foram baixos para todos os caracteres, variando de 0,0125 para o DAP, a 0,1107 para a forma do fuste. Os valores da herdabilidade em nível de progênies (\hat{h}_m^2) variaram de baixo (0,1148) para DAP, a alto (0,4199) para a forma do fuste. Os ganhos esperados para DAP, altura e forma do fuste foram 6,36, 5,59 e 20,48%, respectivamente. Esses ganhos são para plantios de *P. patula* ssp. *tecunumanii* aos 14 anos de idade e em ambientes similares ao do local do experimento.

Palavras-chave: melhoramento florestal; parâmetros genéticos; seleção; coancestria; número *status*.

ABSTRACT

A combined provenance-progeny test of *P. patula* ssp. *tecunumanii* was established in Bento Quirino Experimental Station, São Simão, São Paulo State, Brazil, in a “compact family” blocks design with 10 provenances, 6 to 20 families per provenance, four individuals per subplot and seven replications. Variation among and within provenances and families and genetic parameters for DBH, height and stem form were investigated, about 14 years after planting. Analyses of variation for all traits revealed significant differences among provenances and height and stem form revealed significant differences among families within provenances. The evaluation of components of variation showed that provenance (ranging from 1.25 to 4.56%) and family/provenance effects (ranging from 0.61 to 3.97%) had little contribution to total variance and, thus, the high portion of the variation is found within family/provenance (ranging from 91.47 to 98.14%). The evaluation of DBH and height growth showed, respectively, San Esteban and Villa Santa, provenances from Honduras with the best and Las Piedrecitas, provenance from Mexico, with the worst for site of trial. The evaluation of stem form showed San Rafael del Norte provenance from Nicaragua, with the best and the Mount Pine Ridge, provenance from Belize, with the worse. Narrow sense individual (\hat{h}_i^2) and within family (\hat{h}_d^2) heritability values were low for all traits, ranged from 0.0125 to 0.1107 for stem form. Family heritability (\hat{h}_m^2) ranged from low (0.1148) to high (0.4199) for stem form. For DBH, height and stem form, the expected genetic gains were 6.36, 5.59 and 20.48%, respectively. These gains are for *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* plantations at 14 years of age and in similar environments to the trial site.

Key words: tree breeding; genetic parameters; selection; coancestry; status number.

(*) Aceito para a publicação em junho de 2005.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. Autor para correspondência: alexandresebbenn@yahoo.com.br

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

1 INTRODUÇÃO

Pinus patula Schiede & Deppe ssp. *tecunumanii* (Equilez & Perry) Styles é uma interessante conífera da América Central e América do Norte para reflorestamentos, nas regiões tropicais brasileiras, por seu rápido crescimento, boa forma do fuste e baixa ocorrência de rabo-de-raposa. A árvore pode atingir 50 m de altura e 120 cm de DAP. O tronco é reto e geralmente livre de galhos até 20 a 30 m de altura. A madeira é de excelente qualidade (Styles & Hughes, 1988) e apresenta boas características para a produção de pasta mecânica e celulose Kraft (Silva Jr. *et al.*, 1993).

A classificação de *P. patula* ssp. *tecunumanii* é objeto de discórdia entre botanistas e taxonomistas (Styles & Hughes, 1988). Alguns acreditam que *P. patula* ssp. *tecunumanii* deve ser considerada como uma espécie à parte, *P. tecunumanii*, e outros como uma subespécie de *P. patula* (Equilez & Perry, 1983). Neste trabalho será adotada a classificação de Equilez & Perry (1983), ou seja, *P. patula* ssp. *tecunumanii*.

P. patula ssp. *tecunumanii* ocorre naturalmente em altitudes variando de 600 a 2.400 m, mas principalmente em altitudes maiores do que 1.500 m, formando populações pequenas e isoladas, em forma de ilhas, no alto das montanhas (Bierks & Barnes, 1990). Às vezes, a espécie é encontrada em talhões puros, mas geralmente ocorre associada a *P. oocarpa* var. *ochoterenai*, *P. patula* var. *longepedunculata*, *P. maximinoi*, *P. oaxacana*, *P. nubicola* e *P. ayaraciflua* (Styles & Hughes, 1988).

Um amplo estudo internacional conduzido pelo Oxford Forestry Institute - OFI (Inglaterra), envolvendo quatro procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii* (Camélias, Yucul e San Rafael del Norte, todas da Nicarágua, e Mountain Pine Ridge, de Belize), em 11 locais (Austrália, Brasil, Congo, Equador, Fuji, Costa do Marfim, Quênia, Porto Rico, África do Sul, Tailândia e Zâmbia), detectou diferenças significativas entre procedências para altura e volume, em vários locais de experimentação (Bierks & Barnes, 1990). Contudo, as três procedências nicaraguenses apresentavam comportamento similar entre si para todos os caracteres avaliados (DAP, altura, volume, bifurcação, dentre outros), e a procedência Mountain Pine Ridge teve menor produtividade,

grande tendência a rabo-de-raposa e alta proporção de α - e β -pireno, e menor Δ -3-careno (Bierks & Barnes, 1990). Na comparação da forma do tronco das procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii* com a *P. oocarpa*, entre as quatro procedências da primeira espécie, as três nicaraguenses, Camélias, Yucul e San Rafael del Norte, superam todas as de *P. oocarpa*, embora a quarta procedência, Mount Pine Ridge, tenha sido classificada entre as piores de *P. oocarpa* (Bierks & Barnes, 1990). *P. patula* ssp. *tecunumanii*, comparado com *P. oocarpa*, apresentou maior produtividade, em termos de volume de madeira, menor densidade da madeira, menos bifurcação e múltiplos troncos, maior comprimento de internódios, menor α - e β -pireno e maior proporção de Δ -3-careno (Bierks & Barnes, 1990). Igualmente, Wright *et al.* (1989) observaram, em Agudos-SP, maior crescimento em volume sem casca e índice de matéria seca de *P. patula* ssp. *tecunumanii* em relação a *P. oocarpa*, e Lima (1991), estudando procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii* em Felixlândia-MG, observou baixa taxa de rabo-de-raposa e superioridade na forma do fuste e diâmetro dos ganhos em relação a *P. oocarpa*. Tais resultados mostram que a espécie tem potencial para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético e reflorestamentos comerciais no Sudeste brasileiro.

Tradicionalmente, testes genéticos florestais de campo têm sido conduzidos sequencialmente com ensaios de espécies, procedências e progênes (Zheng *et al.*, 1994). Contudo, em programas tradicionais de melhoramento florestal, na prática, existe forte pressão econômica para reduzir o intervalo de tempo dos testes entre esses estágios (Zheng *et al.*, 1994). A combinação de procedências e progênes em um mesmo ensaio permite detectar e avaliar, além dos efeitos de origem geográfica das sementes (procedências), o efeito materno (progênes) presente dentro de cada origem. As principais vantagens desse tipo de ensaio são as reduções no tempo para obtenção de árvores superiores (Wright, 1978) e capitalização de ganhos em três níveis de seleção: *i*) entre procedências; *ii*) entre progênes dentro das melhores procedências, e *iii*) entre as melhores árvores das melhores progênes das melhores procedências (Sebbenn *et al.*, 2003).

Um teste de procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii* foi estabelecido em 1990 na Estação Experimental de Bento Quirino, município de São Simão, no Estado São Paulo, a partir de sementes coletadas nas Américas Central (Honduras, Nicarágua e Belize) e do Norte (México) pelo OFI (Inglaterra). O presente estudo descreve a variação genética entre essas procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, nas condições ambientais da Estação Experimental de Bento Quirino, com o propósito de melhoramento genético. Pretende-se a transformação desse ensaio em um pomar de sementes por mudas. Assim, os objetivos foram avaliar a quantidade e os padrões de variação genética existentes entre e dentro de procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, e estimar parâmetros genéticos em nível de procedências, progênies e dentro de progênies, e com base em tais estimativas determinar o melhor método de seleção e estratégias de melhoramento para a espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem e Delineamento Experimental

O material genético (sementes de polinização aberta) utilizado no ensaio foi obtido junto ao OFI (Inglaterra) (TABELA 1). Trata-se do experimento internacional de procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, número nove, daquele Instituto. As sementes foram enviadas em 05-02-1988 e o plantio no campo ocorreu em 17-08-1990 na Estação Experimental de Bento Quirino. As sementes foram coletadas nas procedências de 6 a 20 árvores matrizes, espaçadas entre si por, pelo menos, 100 metros em cada uma das dez procedências naturais de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, sendo duas da Nicarágua, seis de Honduras, uma do México e uma de Belize (TABELA 1). Na coleta das sementes e no plantio, a identidade das progênies foi mantida. As sementes foram germinadas em sacos de polietileno e depois transplantadas para o campo.

TABELA 1 – Tamanho amostral (número de progênies) e coordenadas geográficas de dez procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*.

Nº OFI*	Procedência	Nº de progênies	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
06/82	San Rafael del Norte – Nicarágua	13	13°14'	85°08'	1.200
07/82	Yucul, Matagalpa – Nicarágua	8	12°55'	85°48'	850-1.000
03/83	La Paz, San Pedro de Tutule – Honduras	11	14°55'	85°48'	1.750-2.000
05/83	Villa Santa – Honduras	6	14°11'	86°20'	850-950
06/83	Dulce Nombre de Culmi, Olancito – Honduras	16	15°06'	85°21'	555-650
08/85	San Esteban, Olancito – Honduras	20	15°22'	85°36'	700-800
09/85	San Francisco de La Paz, Olancito – Honduras	15	15°05'	86°20'	870-1.100
10/85	Vocón, Yoro – Honduras	15	15°15'	85°53'	850-1.100
14/85	Las Piedrecitas, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas – México	13	16°46'	92°35'	2.300-2.600
52/85	Mount Pine Ridge, Cayo – Belize	13	17°00'	88°55'	700-720

(*) Nº OFI é o número da procedência segundo Oxford Forest Institute.

O experimento foi estabelecido na Estação Experimental de Bento Quirino, do Instituto Florestal de São Paulo, localizada no município de São Simão, situado nas coordenadas 21°29'S, 47°33'W e a 640 m de altitude. A temperatura média do mês mais quente é 24°C (janeiro) e do mês mais frio 18°C (junho), com precipitação média anual de 1.452 mm e o clima é do tipo AW (Ventura *et al.*, 1965/1966). O delineamento experimental adotado foi o de blocos de famílias compactas (compact family block design, Wright, 1978), com 7 repetições, 10 procedências (parcelas), 6 a 20 progênes por procedência (subparcelas) e 4 plantas por subparcela, segundo o espaçamento 3 x 2 m. Para reduzir o efeito de borda sobre os tratamentos, foram utilizadas duas linhas de bordadura com a mesma espécie. Durante e após o plantio não foi realizada nenhuma adubação e o ensaio não foi submetido a nenhum tratamento silvicultural como desbaste, desrama, etc. O ensaio foi medido em fevereiro de 2005 (14 anos após o plantio). Os caracteres medidos foram DAP (diâmetro à altura do peito, a 1,3 m), altura total, forma do fuste (notas de 1 a 5, sendo 1 a pior e 5 a melhor forma).

2.2 Análise e Estimativa de Componentes da Variância

As análises da variância foram conduzidas utilizando-se o método REML (Restricted Maximun Likelihood) para as estimativas dos componentes da variância, devido ao desbalanceamento experimental em termos do número desigual de árvores sobreviventes por subparcelas e ao desigual número de progênes testadas por procedências. O procedimento REML do programa estatístico SAS (S.A.S., 1999) foi usado para encontrar os componentes da variância pelo modelo de máxima verossimilhança restrita, combinado com o comando VARCOMP. Os valores perdidos foram estimados, e os componentes da variância foram ajustados para estes. Para a análise de variância e estimativa de componentes de variância, adotou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = m + b_i + t_j + f_{jk} + (tb)_{ij} + (fb)_{ijk} + e_{ijkl},$$

em que, Y_{ijkl} é o valor fenotípico do l -ésimo indivíduo da k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição; m é o termo fixo da média geral; b_i é o efeito aleatório da i -ésima repetição;

t_j é o efeito aleatório da j -ésima procedência; f_{jk} é o efeito aleatório da k -ésima progênie na j -ésima procedência; $(tb)_{ij}$ é o efeito da interação entre a j -ésima procedência e a i -ésima repetição; $(fb)_{ijk}$ é o efeito da interação entre a k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição, e e_{ijkl} é o efeito da l -ésima árvore dentro da k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição. Este último termo inclui os efeitos do erro dentro; $i = 1...b$ (b é o número de repetições, no caso blocos); $j = 1...t$ (t é o número de procedência); $k = 1...f$ (f é o número de progênes dentro de procedência); $l = 1...n$ (n é o número de árvores por progênie). Com exceção da média, todos os efeitos foram assumidos como aleatórios. Da análise de variância, foram decompostos os componentes de variância: $\hat{\sigma}_p^2$ = variância genética entre procedência; $\hat{\sigma}_{p(p)}^2$ = variância genética entre progênes dentro de procedência; $\hat{\sigma}_e^2$ = variância da interação entre blocos e progênes dentro de procedência (variância ambiental), e $\hat{\sigma}_d^2$ = variância fenotípica dentro de progênes.

A associação entre caracteres e características dos locais de origem das procedências foi estimada pelo coeficiente de correlação linear de Sperman (\hat{r}), calculado usando o PROC REG do programa SAS (SAS, 1999).

2.3 Estimativa de Parâmetros Genéticos

Dos componentes de variância, foram estimadas a divergência genética entre procedências (\hat{Q}_{ST}), divergência genética entre progênes dentro de procedências ($\hat{Q}_{p(p)}$) e a diversidade fenotípica dentro de progênes (\hat{Q}_d):

$$\hat{Q}_{ST} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_{p(p)}^2 + \hat{\sigma}_p^2},$$

$$\hat{Q}_{p(p)} = \frac{\hat{\sigma}_{p(p)}^2}{\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_{p(p)}^2 + \hat{\sigma}_p^2},$$

$$\hat{Q}_d = 1 - \hat{Q}_{p(p)} - \hat{Q}_{ST}.$$

O cálculo da variância genética, das herdabilidades e dos ganhos esperados na seleção segue Namkoong (1979). As progênes foram assumidas como sendo mistas, envolvendo diferentes proporções de meios-irmãos, irmãos-completos e irmãos de autofecundação, devido às espécies do gênero *Pinus* serem monóicas, autocompatíveis e muitas vezes ocorrerem cruzamentos biparentais (Mitton *et al.*, 1997). Assim, assumiu-se que o coeficiente de parentesco entre plantas dentro de progênes (r_{xy}) era igual a 0,333, conforme sugere Bridgwater (1992), e a variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) foi então estimada por: $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_{p(p)}^2 / r_{xy}$. A variância fenotípica total ($\hat{\sigma}_F^2$) foi estimada por: $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_{p(p)}^2$.

O coeficiente de variação genética (CV_g) foi estimado por:

$$CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{p(p)}^2}}{\bar{x}} \times 100,$$

em que, \bar{x} é a média do caráter.

Os coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais (\hat{h}_i^2), média de progênes (\hat{h}_m^2) e dentro de progênes (\hat{h}_d^2) foram estimados por:

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_F^2},$$

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_{p(p)}^2}{\frac{\hat{\sigma}_d^2}{nb} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{b} + \hat{\sigma}_{p(p)}^2},$$

$$\hat{h}_d^2 = \frac{(1 - \hat{r}_{xy})\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2},$$

em que, r_{xy} é o coeficiente de parentesco entre plantas dentro de progênes.

A resposta à seleção foi estimada objetivando a formação de um pomar de sementes por mudas. A resposta entre e dentro de progênes (\hat{R}_{ed}) foi calculada por:

$$\hat{R}_{ed} = i_e \hat{\sigma}_F \hat{h}_m^2 + i_d \hat{\sigma}_d \hat{h}_d^2,$$

em que, i_e e i_d são as intensidades de seleção em unidade de desvio-padrão aplicada entre e dentro de progênes e $\hat{\sigma}_F$ e $\hat{\sigma}_d$ são os desvios-padrão da variância fenotípica total e dentro de progênes. Para a formação de um pomar de sementes por mudas foram selecionadas 50 progênes (50:130, 38,5% - $i_e = 2,1718$) e as quatro melhores árvores dentro das melhores progênes (4:28; 14,3% - $i_d = 1,5066$). A resposta à seleção em porcentagem [\hat{R} (%)] foi estimada por:

$$\hat{R}(\%) = \frac{\hat{R}_{ed}}{\bar{x}} \times 100,$$

em que, \bar{x} é a média do caráter.

2.4 Coancestria de Grupo, Número Status

O coeficiente de coancestria de grupo ($\hat{\Theta}$) foi estimado assumindo duas pressuposições: i) considerando que a amostragem das progênes no local de origem das procedências seguiu as recomendações de amostrar sementes em árvores espaçadas por pelo menos 100 m, para evitar coletar sementes de árvores parentes, supõe-se que a coancestria entre plantas de diferentes progênes é zero ($\theta_p = 0$); ii) assumindo-se que existe depressão endogâmica na espécie, e que plantas de autofecundação e de cruzamentos endogâmicos foram eliminadas do teste ou não foram selecionadas, admitiu-se que a coancestria dentro de progênes de polinização aberta está entre meios-irmãos ($\theta_{xy} = 0,125$) e irmãos-completos ($\theta_{xy} = 0,25$), com média de $\theta_{xy} = 0,1665$ (Bridgwater, 1992). Assim, o coeficiente de coancestria de grupo ($\hat{\Theta}_{xy}$) pode ser estimado pela expressão:

$$\hat{\Theta}_{xy} = \frac{[mn0,5(1 + F) + \hat{\theta}_{xy}mn(n - 1)]}{(mn)^2},$$

sendo F o coeficiente de endogamia na população parental, assumido como zero, e m e n o número de progênes selecionadas e o número de plantas selecionadas por progênes, respectivamente.

De posse do coeficiente de coancestria de grupo estimou-se o número *status* (N_s) da população de recombinação após a seleção. O número *status* refere-se ao número de indivíduos de uma população de cruzamentos aleatórios, sem endogamia e parentesco, que a população sob consideração representa (Lindgren *et al.*, 1996). Esse parâmetro foi definido por Lindgren *et al.* (1996) como o inverso do coeficiente de coancestria de grupo ($N_s = 0,5/\Theta_{xy}$) e pode ser aplicado para as mais diversas situações, desde que se conheça ou se presuma a coancestria entre todas as árvores da população.

O coeficiente de coancestria de grupo e o número *status* foram avaliados em diferentes cenários de seleção: cenário 1 - seleção de 30 progênes e 1 a 7 plantas por progênie; cenário 2 - seleção de 40 progênes e 1 a 7 plantas por progênie, assim sucessivamente até o cenário 5 - com a seleção de 70 progênes e 1 a 7 plantas por progênie.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Variação Genética Entre Procedências

As análises de variância revelaram diferenças altamente significativas ($P < 1\%$) entre procedências para todos os caracteres avaliados (TABELA 2), mostrando que a média dos caracteres em, pelo menos, duas procedências são diferentes entre si e, portanto, existem possibilidades de progressos genéticos com a seleção entre procedências. Observando-se a média dos caracteres nas procedências (TABELA 3), verifica-se que as procedências de Honduras, San Esteban e Villa Santa foram as que apresentaram o melhor crescimento em DAP (28,58 cm) e altura (20,26 m), e a procedência nicaragüense San Rafael del Norte apresentou a melhor forma do fuste (3,32 de uma escala de 1 a 5, sendo 1 a pior e 5 a melhor).

As procedências de pior performance para caracteres de crescimento foram Las Piedrecitas, do México, que teve o pior crescimento em DAP (26,47 cm) e altura (18,60 m), e Mount Pine Ridge, de Belize, que apresentou a pior forma do fuste (2,74). A diferença entre a melhor e a pior procedência para DAP, altura e forma do fuste foram, 7,3%, 8,2% e 17,5%, respectivamente. De acordo com a média e o erro-padrão da média a 95% de probabilidade para o caráter DAP, as quatro procedências de melhor performance, San Esteban, San Francisco de La Paz, Mount Pine Ridge e Vocón, não diferem estatisticamente entre si, mas diferiram da procedência de pior performance, que foi Las Piedrecitas. Para a altura, as procedências Villa Santa, Dulce Nombre de Culmi, San Esteban, San Rafael del Norte, San Francisco de La Paz, Yucul, La Paz, Mount Pine Ridge e Vocón não diferem estatisticamente entre si e apenas as três procedências de melhor crescimento em altura (Villa Santa, Dulce Nombre de Culmi e San Esteban) diferem estatisticamente da procedência de pior performance, ou seja, Las Piedrecitas. Embora a procedência Las Piedrecitas tenha apresentado o pior crescimento em DAP e altura, ela tem uma das melhores formas de fuste, ficando classificada como a terceira procedência de melhor forma de fuste. Para a forma do fuste, as procedências de melhor performance, San Rafael del Norte, Vocón, Las Piedrecitas, La Paz, San Francisco e Yucul, não diferem estatisticamente entre si, mas diferem da procedência de pior performance, que foi a Mount Pine Ridge. Essa diferença na performance dos caracteres nas diversas procedências dificulta a seleção de uma única procedência para a região de São Simão, visto que todos os três caracteres são importantes para a seleção, ou seja, desejam-se árvores com rápido crescimento em DAP e altura e boa forma de fuste. Assim, indica-se para a região de São Simão a seleção das procedências San Esteban (1° DAP, 3° altura, 7° forma), San Francisco de La Paz (2° DAP, 5° altura, 5° forma), San Rafael del Norte (7° DAP, 4° altura, 1° forma) e Vocón (4° DAP, 9° altura, 2° forma) como as de melhor performance global para os caracteres.

TABELA 2 – Resultados da análise de variância, componentes da variância e estimativa de parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura e forma do fuste (Forma), em procedência de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, crescendo em São Simão–SP.

Fonte de Variação	GL	DAP	Altura	Forma
Procedência	9	93,3561**	82,2045**	0,6575**
Progênies/Procedência	120	26,1123	12,2814**	0,0725**
Resíduo	664	26,7460	8,4378	0,0539
Dentro	1732	22,3810	7,4296	0,0529
Coeficiente de variação – CV_{exp} (%)		24,10	9,74	13,3
Média no experimento		28,00	19,63	3,10

(**) $P \leq 0,01$.TABELA 3 – Médias (\pm erro padrão) em DAP, altura e forma do fuste (Forma) em procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, em São Simão–SP.

Procedência	DAP	Altura	Forma
San Rafael del Norte – Nicarágua	27,51 \pm 0,54 (7)	19,88 \pm 0,59 (4)	3,32 \pm 0,11 (1)
Yucul, Matagalpa – Nicarágua	27,34 \pm 0,66 (8)	19,22 \pm 0,80 (6)	3,09 \pm 0,12 (6)
La Paz, San Pedro de Tutule – Honduras	27,72 \pm 0,63 (6)	19,11 \pm 0,76 (7)	3,22 \pm 0,13 (4)
Villa Santa – Honduras	27,25 \pm 0,75 (9)	20,26 \pm 0,92 (1)	3,03 \pm 0,15 (8)
Dulce Nombre de Culmi – Honduras	27,84 \pm 0,34 (5)	20,14 \pm 0,48 (2)	2,98 \pm 0,09 (9)
San Esteban – Honduras	28,58 \pm 0,24 (1)	20,08 \pm 0,43 (3)	3,06 \pm 0,08 (7)
San Francisco de La Paz – Honduras	28,56 \pm 0,30 (2)	19,86 \pm 0,55 (5)	3,14 \pm 0,08 (5)
Vocón, Yoro – Honduras	28,32 \pm 0,40 (4)	19,04 \pm 0,52 (9)	3,31 \pm 0,08 (2)
Las Piedrecitas – México	26,47 \pm 0,77 (10)	18,60 \pm 0,99 (10)	3,25 \pm 0,15 (3)
Mount Pine Ridge – Belize	28,33 \pm 0,39 (3)	19,05 \pm 0,60 (8)	2,74 \pm 0,19 (10)

A performance inferior da procedência de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, Las Piedrecitas, em termos de crescimento em DAP e altura e boa performance em termos de forma de fuste, foi também observada aos cinco anos de experimentação em teste de procedência implantado em Felixlândia–MG por Lima (1991). O autor estudou dez procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, sendo quatro do México e seis da América Central.

Entre essas, apenas a mexicana Las Piedrecitas era comum a este ensaio e teve a mesma classificação apresentada no presente trabalho entre as de pior crescimento em DAP e altura, embora tenha sido classificada entre as três melhores em termos de forma de fuste e como a de maior sobrevivência. Tais resultados reforçam que a procedência Las Piedrecitas não é adequada para a seleção entre as de melhor produtividade para a região de São Simão.

3.2 Taxa de Crescimento das Procedências

Por não terem sido incluídas testemunhas comerciais no experimento a comparação do crescimento da espécie será feita com outras do gênero *Pinus*. Comparando-se os crescimentos médios aqui observados para *P. patula* ssp. *tecunumanii* aos 14 anos de idade em DAP (28,00 cm) e altura (19,63 m) com os observados por Ferreira & Kageyama (1977), na mesma idade, em *P. oocarpa* (DAP = 24 cm; altura = 21 m), *P. caribaea* var. *hondurensis* (DAP = 22,4 cm; altura = 20,5 m), *P. elliottii* var. *densa* (DAP = 26,6 cm; altura = 18,3 m) e para *Pinus patula* aos 16 anos de idade (DAP = 19,3 cm; altura = 18,9 m), crescendo em Agudos-SP e *P. caribaea* var. *hondurensis* (DAP = 21,14 cm; altura = 22,46 m, Toledo Filho & Pires, 1983), crescendo em Mogi Mirim-SP, verifica-se que *P. patula* ssp. *tecunumanii* supera todas as espécies em crescimento em DAP, tanto aos 14 como aos 16 anos de idade, e supera em altura *P. elliottii* var. *densa* e *P. patula*, mas perde para *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis* neste último caráter. Ainda, comparando-se os crescimentos em DAP e altura aqui observados com os descritos por Moraes (2001) em *P. caribaea* var. *hondurensis* aos 14 anos, em Selvíria-MS (DAP = 25,04 cm; altura = 23,20 m), novamente se observa que

P. patula ssp. *tecunumanii* supera os crescimentos em DAP, mas é superado em altura por *P. caribaea* var. *hondurensis*. Em suma, a comparação dos crescimentos indica que *P. patula* ssp. *tecunumanii* tem potencial para reflorestamentos na região de São Simão, apresentando crescimentos em DAP superior à espécie do gênero *Pinus* mais recomendada para a região, *P. caribaea* var. *hondurensis*, embora seus crescimentos em altura sejam inferiores a esta.

3.3 Sobrevivência das Procedências

A sobrevivência média no ensaio foi de 78,3%, variando entre procedências de 37,8% (Las Piedrecitas) a 93,6% (Villa Santa). Em geral, as procedências apresentaram sobrevivência maior que 75% (FIGURA 1), indicando boa adaptação da espécie ao local de experimentação. A sobrevivência observada é similar à descrita por Lima (1991) em teste de procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii* aos cinco anos (sobrevivência variando de 79 a 89%), crescendo nas condições de Felixlândia-MG. Contudo, ao contrário do observado pelo autor, a procedência Las Piedrecitas apresentou, neste trabalho, a menor taxa de sobrevivência, enquanto em Felixlândia ocorreu a maior taxa de sobrevivência em relação às procedências testadas.

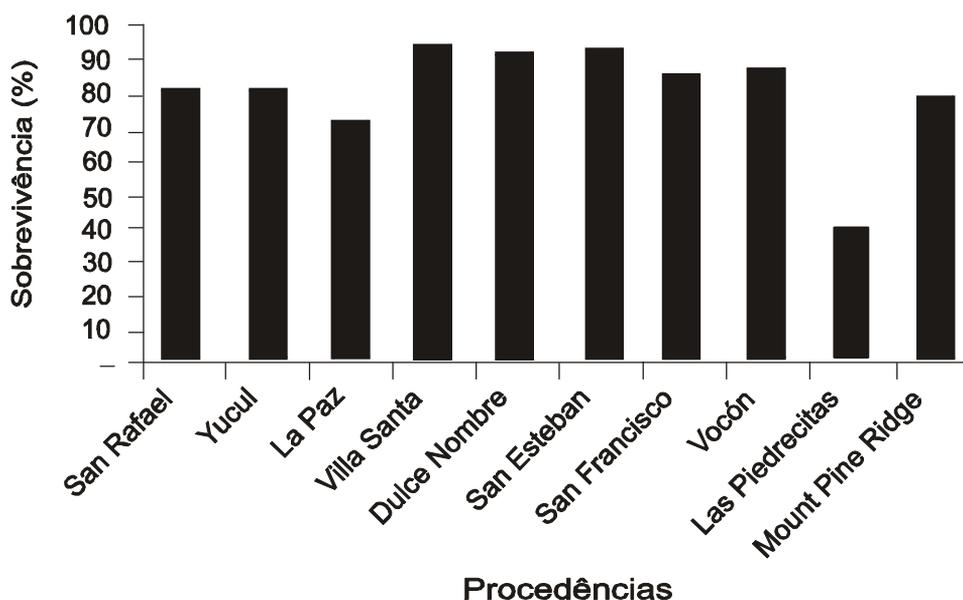


FIGURA 1 – Sobrevivência aos 14 anos de idade de diferentes procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, em São Simão-SP.

3.4 Variação Genética Entre e Dentro de Procedências

Embora tenham sido detectadas diferenças significativas entre as procedências, a estimativa da divergência genética entre procedências (\hat{Q}_{ST}) indicou que estas diferenças são geralmente pequenas para os caracteres (TABELA 4). O caráter forma do fuste foi o que apresentou maiores diferenças entre procedências, sugerindo que existe 4,56% de divergência entre procedências, e o caráter DAP foi o que revelou menor divergência genética entre procedências, indicando que existe 1,25% de diferença entre as procedências. A divergência genética entre progênes dentro de procedências ($\hat{Q}_{p(p)}$) acomodou menor variação genética do que entre procedências (TABELA 4), sendo que os caracteres DAP, altura e forma do fuste acomodaram 0,61, 2,13 e 3,97% da variação total.

A maior parte da variação reside dentro de progênes, dentro de procedências, como pode ser observado pela estimativa da diversidade fenotípica dentro de progênes (\hat{Q}_d). Portanto, conclui-se que a maior parte da variação genética reside dentro de procedências, mais especificamente entre plantas dentro de progênes (mínimo 91,47% para forma do fuste) e maiores ganhos poderão ser obtidos pela seleção entre plantas, dentro das melhores progênes. Baixa diferenciação genética entre procedências também tem sido relatada em outras espécies do gênero *Pinus*. Em 16 procedências mexicanas de *P. oocarpa*, crescendo em três locais do Estado de São Paulo (Batatais, Itapetininga e Pederneiras), foram observados, aos 18 anos de idade, maiores níveis de diferenciação genética entre procedências para os caracteres DAP e altura do que neste trabalho, com valores variando de 3,8% (DAP em Batatais) a 17,0% (altura em Pederneiras) (Ettori *et al.*, 2002).

TABELA 4 – Componentes da variância e parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura e forma do fuste (Forma), em procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, crescendo em São Simão–SP.

Estimativas	DAP	Altura	Forma
<i>Componentes da variância</i>			
Variação genética entre procedências – $\hat{\sigma}_p^2$	0,2934	0,2032	0,0026
Variação genética entre progênes – $\hat{\sigma}_{p(p)}^2$	0,1439	0,1697	0,0023
Variação ambiental – $\hat{\sigma}_e^2$	2,0208	0,0071	3,5616
Variação fenotípica dentro – $\hat{\sigma}_d^2$	23,0166	7,6026	0,0531
<i>Parâmetros genéticos</i>			
Divergência genética entre procedências – \hat{Q}_{ST}	0,0125	0,0255	0,0456
Divergência genética entre progênes – \hat{Q}_{pp}	0,0061	0,0213	0,0397
Diversidade fenotípica dentro de progênes – \hat{Q}_d	0,9814	0,9532	0,9147

A divergência genética entre procedências é determinada por fatores evolutivos, como seleção natural, fluxo gênico (imigração) e deriva genética. O fluxo de pólen é um dos fatores mais importantes, influenciando a estrutura genética de espécies arbóreas polinizadas pelo vento (Burczyk *et al.*, 2004), como *P. patula* ssp. *tecunumanii*. O extensivo fluxo gênico via pólen promove altos níveis de diversidade genética dentro de populações e

baixa diferenciação entre populações e é, muitas vezes, considerado como o maior mecanismo, mantendo a coesão genética de uma espécie. Em populações naturais, o fluxo gênico intenso pode efetivamente contrapor os efeitos deletérios da deriva genética (endogamia biparental e aumento da coancestria) ou seleção direcional (redução na diversidade genética) e pode ser a origem de novos alelos nas populações (Burczyk *et al.*, 2004).

Assim, a baixa divergência genética detectada entre as procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, para os caracteres quantitativos avaliados, pode ser um indicativo de intenso fluxo de genes entre as procedências, reduzindo os efeitos da seleção natural e deriva genética, o que explicaria a baixa diferenciação observada entre procedências.

3.5 Correlação entre Caracteres e Características Geográficas

A associação entre os caracteres com as características geográficas dos locais de origem das procedências foi avaliada com base no

coeficiente de correlação linear de Sperman (TABELA 5) e mostrou fraca associação. O coeficiente de correlação foi negativo e estatisticamente significativo a 5% de probabilidade apenas entre a altura e a longitude de origem das procedências ($\hat{r} = -0,594$), sugerindo que a longitude determinou 35,3% (\hat{r}^2) da variação observada no crescimento em altura das procedências em São Simão-SP, e que procedências de menor longitude tendem a crescer mais em altura em São Simão-SP. Contudo, de acordo com a magnitude da correção (-0,594) verifica-se que esta tendência é fraca e merece um estudo mais detalhado, envolvendo número maior de procedências.

TABELA 5 – Estimativas do coeficiente de correlação de Sperman (\hat{r}) entre caracteres e características geográficas das origens das procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*.

Características	DAP	Altura	Forma do fuste
Latitude	0,321	-0,294	-0,134
Longitude	-0,407	-0,594*	-0,341
Altitude	-0,603	-0,230	0,473

(*) $P \leq 0,05$.

3.6 Variação Genética Entre Progênies Dentro de Procedências

As análises de variância (TABELA 2) revelaram diferenças estatísticas altamente significativas ($P < 1\%$) entre progênies, dentro de procedências, para os caracteres altura e forma do fuste, sugerindo a possibilidade de capitalizarem-se progressos genéticos com a seleção entre progênies, dentro de procedências. Contudo, o baixo número de progênies utilizadas por procedências (6 a 20) indica a necessidade de uma amostragem dentro de procedências de melhor performance, incluindo um número maior de progênies (pelo menos 50 por procedência), para o desenvolvimento de um programa de seleção dentro das procedências de melhor desempenho. Outra alternativa é a seleção entre as progênies das procedências de melhor performance que não apresentaram diferenças entre si.

Outra alternativa, ainda, pode ser a seleção das melhores progênies, desconsiderando o efeito de procedências. Observando-se a FIGURA 2, nota-se que todas as procedências apresentaram progênies de ótima performance para DAP, altura e forma, permitindo a seleção de progênies em praticamente todas as procedências e a obtenção de uma população-base com ampla base genética. No entanto, ressalta-se que essa prática possa quebrar alguns blocos gênicos ou grupos de ligação altamente conservados que possam conferir alta adaptação para as procedências individualmente. As conseqüências disso são imprevisíveis, podendo não só aumentar a adaptabilidade e o vigor da nova população híbrida (híbridos interpopulacionais), como também levar à degeneração da população, por quebrar combinações alélicas entre e dentro de locos específicos que conferiam ótimas características adaptativas e silviculturais às procedências individualmente.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética em procedências e progênes de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São Paulo.

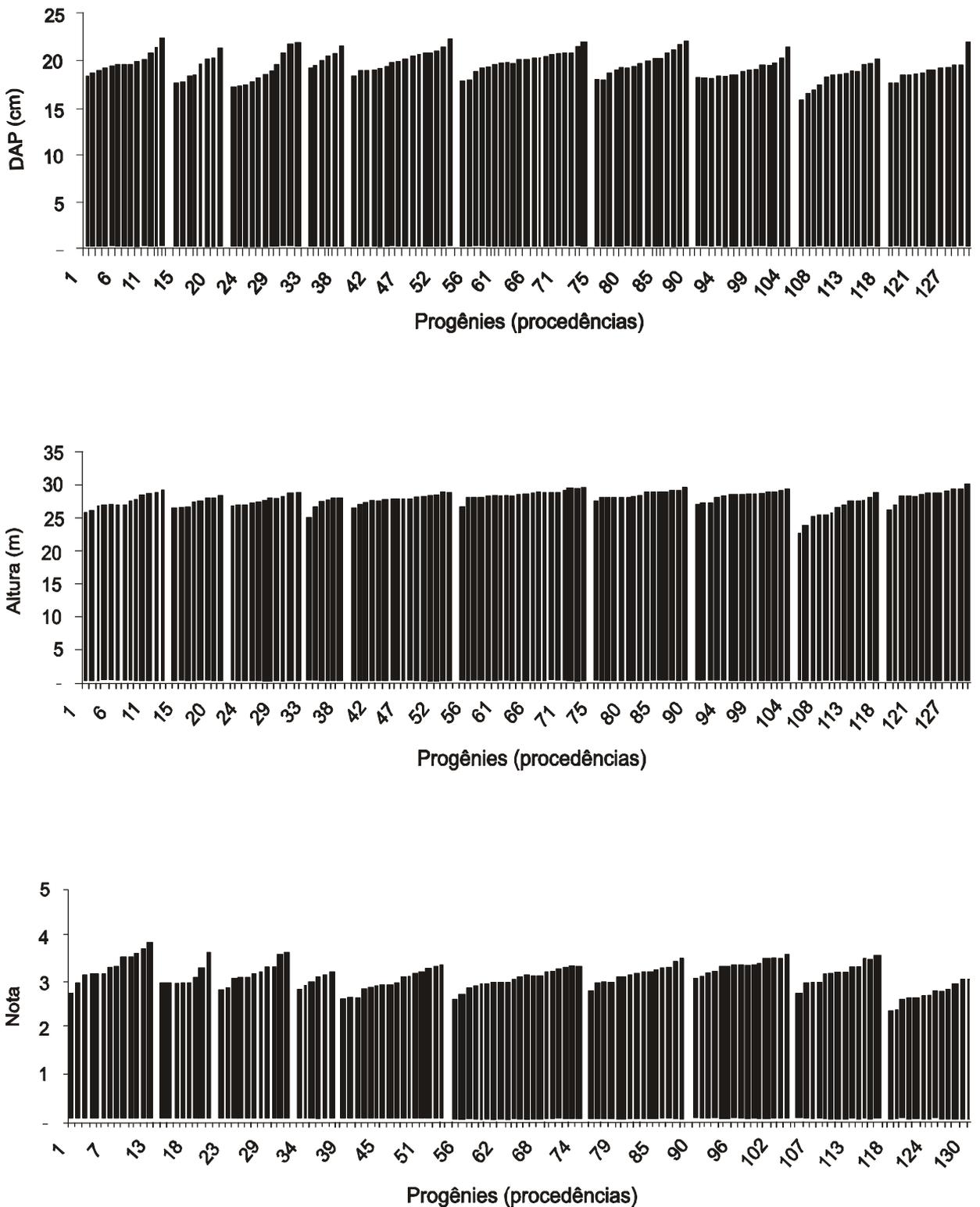


FIGURA 2 – Crescimento em DAP e altura e forma do fuste, aos 14 anos de idade, em procedências e progênes de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, em São Simão–SP. Da esquerda para a direita, encontram-se as procedências San Rafael del Norte (1-13), Yucul (14-21), La Paz (22-32), Villa Santa (33-38), Dulce Nobre de Culmi (39-54), San Esteban (55-74), San Francisco (75-89), Vocón (90-104), Las Piedrecitas (105-117) e Mount Pine Ridge (118-130).

3.7 Coeficiente de Variação Genética e Herdabilidades

O coeficiente de variação genética (TABELA 6) foi baixo para todos os caracteres (variando de 1,47% para altura a 2,78% para forma), sugerindo a possibilidade de obterem-se baixos progressos genéticos. Igualmente, as estimativas dos coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais (\hat{h}_i^2) e dentro de progênes (\hat{h}_d^2) foram baixos, indicando a possibilidade de obter-se pouco sucesso com a seleção massal no teste de procedências e progênes e entre plantas dentro de progênes, em especial para os caracteres

de crescimento (DAP e altura), onde as herdabilidades não superam o patamar de 6%. Para o caráter forma do fuste, as herdabilidades em nível de plantas (0,1107) e dentro de progênes (0,0869) foram um pouco maiores, sugerindo que a seleção massal possa trazer progressos importantes na forma do fuste da população melhorada. Por outro lado, a estimativa do coeficiente de herdabilidade entre progênes (\hat{h}_m^2) como esperada, foi superior aos demais coeficientes de herdabilidade, com valores de 0,1148 para DAP, 0,2207 para altura e 0,4199 para a forma do fuste, indicando a possibilidade de progressos genéticos com a seleção entre as melhores progênes, em especial para a forma do fuste.

TABELA 6 – Estimativa de parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura (ALT) e forma do fuste (Forma), aos 14 anos de idade, em procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, crescendo em São Simão-SP.

Parâmetros	DAP	Altura	Forma
Coeficiente de variação genética – CV_g (%)	1,93	1,47	2,78
Herdabilidade individual – \hat{h}_i^2	0,0177	0,0520	0,1107
Herdabilidade entre progênes – \hat{h}_m^2	0,1148	0,2207	0,4199
Herdabilidade dentro de progênes – \hat{h}_d^2	0,0125	0,0447	0,0869
Resposta à seleção entre progênes – \hat{R}_e^a	6,27	5,36	13,22
Resposta à seleção dentro de progênes – \hat{R}_d^a	0,10	0,23	7,26
Resposta total à seleção – \hat{R}_{ed}	6,36	5,59	20,48

Obs.: Seleção de 38,5% ($i = 2,1718$) das progênes (50:130) e 14% ($i = 1,5066$) das melhores plantas, das melhores progênes (4:28).

3.8 Coancestria de Grupo, Número Status e Ganhos na Seleção

O presente teste de procedências e progênes representa o único material genético de *P. patula* ssp. *tecunumanii* com *pedigree* conhecido que o Instituto Florestal detém. Por isso, é importante selecionar para obterem-se ganhos genéticos, mas manter a variabilidade genética alta para desenvolver um programa de melhoramento de longo prazo para crescimento e forma, produção de resina (ainda não avaliado), hibridação interespecífica ou testá-la futuramente em outros ambientes. Para atingir esses objetivos, utilizou-se uma medida de representatividade genética do número de indivíduos de uma população, denominada número *status*, N_s (Lindgren *et al.*, 1996; 1997).

O número *status* refere-se ao número de indivíduos de uma população de cruzamentos aleatórios, sem endogamia e parentesco, que a população sob consideração representa (Lindgren *et al.*, 1996). Esse parâmetro pode ser utilizado para conhecer a representatividade genética de indivíduos de uma população para as mais diversas situações, desde que se conheça ou se suponha a coancestria entre todas as árvores da população. O número *status* permite o controle e o monitoramento do *pedigree* de populações tanto em programas de melhoramento como para conservação genética, de forma que é possível prever o futuro genético da população em termos de endogamia, tendo em vista que a endogamia de uma geração é igual a coancestria na precedente geração.

As estimativas do coeficiente de coancestria de grupo e do número *status* para diversos cenários, envolvendo a seleção de diferentes números de progênies e plantas por progênie, são apresentadas na FIGURA 3. Observa-se que, quanto menor o número de progênies e plantas por progênies selecionadas, maior é o coeficiente de coancestria de grupo e vice-versa. Isso acontece porque, com pequenas populações, o coeficiente de autoancestria passa a ter maior peso nas estimativas, aumentando o coeficiente de coancestria de grupo e vice-versa. A seleção de 50 progênies e 4 plantas por progênie parece ser uma opção razoável, por manter o coeficiente de coancestria em nível baixo ($\hat{\Theta}_{xy} = 0,005$) e o

número *status* relativamente alto ($\hat{N}_s = 101$). Assim, a endogamia esperada nas sementes coletadas do referido pomar será de 0,005, igual ao coeficiente de coancestria de grupo da presente geração (população selecionada).

O esquema de seleção proposto possibilita uma expectativa alta de progressos genéticos (TABELA 6), para a forma do fuste (20,5%) e razoáveis para DAP e altura (6,36% e 5,59%, respectivamente). Esses progressos genéticos esperados são válidos para plantios comerciais com *P. patula* ssp. *tecunumanii*, aos 14 anos de idade, no mesmo espaçamento aqui utilizado (3 x 2 m) e nas mesmas condições ambientais de São Simão.

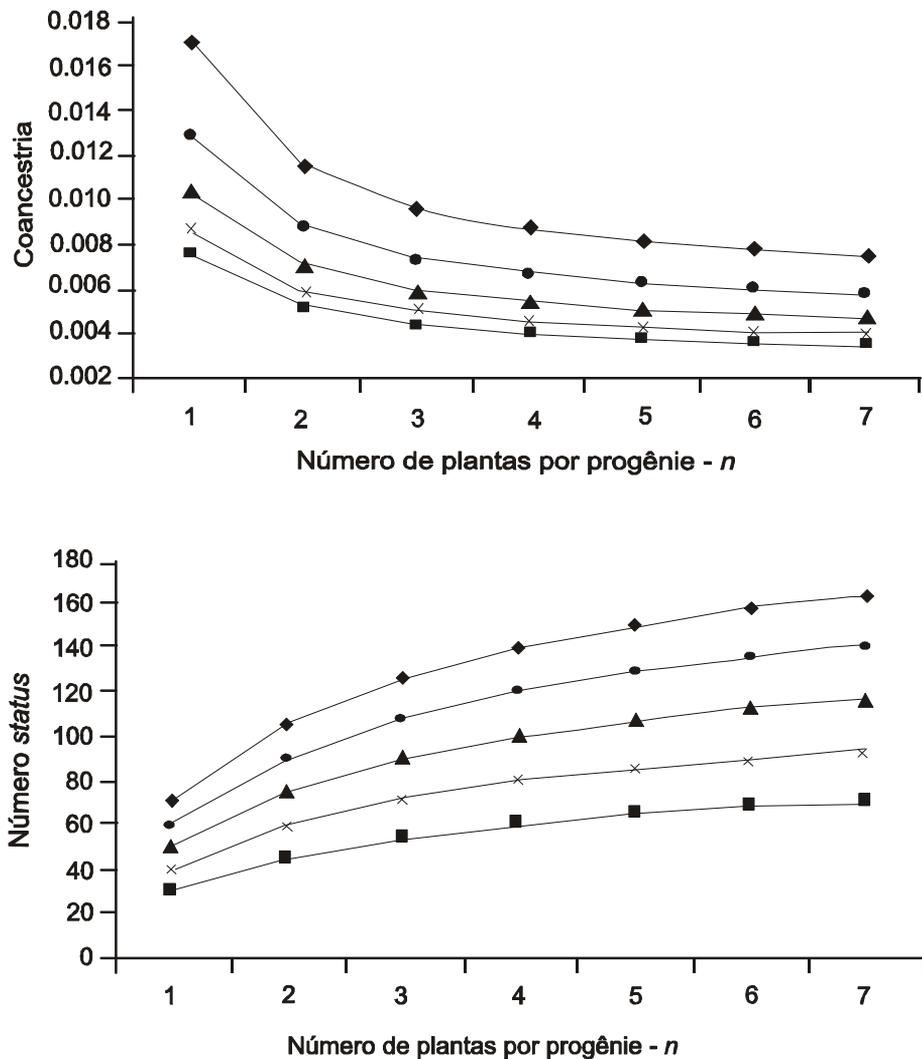


FIGURA 3 – Coeficiente de coancestria e número *status* para diferentes cenários de seleção de progênies (30 a 70) e plantas por progênies (1 a 7) em teste de procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii*. (■ - 30 progênies; × - 40; ▲ - 50; ● - 60; ◆ - 70).

4 CONCLUSÕES

1. Existe variação genética entre e dentro de procedências e progênes de *P. patula* ssp. *tecunumanii* para DAP, altura e forma do fuste, aos 14 anos de idade, e, portanto, possibilidades de melhoramento genético.
2. As procedências de maior potencial para crescimento, na região de São Simão, são originadas de Honduras. As procedências San Esteban e San Francisco de La Paz são as mais indicadas para crescimento em DAP, e as procedências Villa Santa e Dulce Nombre del Culmi, para altura. As procedências San Rafael del Norte, da Nicarágua, e Vocón, de Honduras, são as mais indicadas para a obtenção de árvores com boa forma do fuste.
3. O controle genético dos caracteres em nível de progênes é razoável, portanto, existe a possibilidade de se obterem ganhos com a seleção entre progênes dentro de procedências, em especial para forma do fuste, onde foram observadas as maiores herdabilidades.
4. Os ganhos estimados pela seleção foram promissores para todos os caracteres, em especial para a forma do fuste.

5 AGRADECIMENTOS

A realização deste estudo foi possível graças à concessão de bolsa CNPq de Produtividade em Pesquisa ao autor Alexandre Magno Sebbenn. Os autores são gratos aos Biólogos Clayton Martins Rangel de Sousa e Alessandro Chagas Fernandes (Faculdades Integradas de Bebedouro - FAFIBE), e ao estudante de Graduação em Agronomia Saulo Vannucci Lemas (Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - FEIS/UNESP), pela mensuração do experimento e digitação dos dados, e à Assistente Técnica de Pesquisa Científica e Tecnológica Yara Cristina Marcondes, pela revisão gramatical. Os autores também são gratos aos dois revisores anônimos pelas constritivas correções no primeiro manuscrito deste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIERKS, J. S.; BARNES, R. D. **Provenance variation in *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii***. Oxford: Oxford Forestry Institute, University of Oxford, 1990. 40 p. (Tropical Forestry Papers, 21).
- BRIDGWATER, F. Mating designs. In: FINS, L.; FRIEDMAN, S. T.; BROTSCHOL, J. V. (Ed.). **Handbook of quantitative forest genetics**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992. cap. 3, p. 69-95.
- BURCZYK, J.; LEWANDOWSKI, A.; CHALUPKA, W. Local pollen dispersal and distant gene flow in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 197, p. 39-48, 2004.
- EQUILEZ, P. T.; PERRY Jr., J. P. *Pinus tecunumanii* una especie nueva de Guatemala. **Ciencia Forestal**, Lleida, v. 41, n. 8, p. 3-22, 1983.
- ETTORI, L. C. *et al.* Teste de procedências de *Pinus oocarpa* Schiede em três locais do Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 39-51, 2002.
- FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Programme for genetic improvement of populations of *Pinus oocarpa* Schiede in Brazil by the IPEF. In: NIKLES, D. G.; BURLEY, J.; BERNES, R. D. PROCEEDINGS OF A JOINT WORKSHOP ON PROGRESS AND PROBLEMS OF GENETIC IMPROVEMENT OF TROPICAL FOREST TREES. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1977. p. 643-654.
- LIMA, R. T. Comportamento de espécies/procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia/MG-Brasil, Região de Cerrado: 2 – *Pinus patula* ssp. *tecunumanii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 1-9, 1991.
- LINDGREN, D.; GEA, L.; JEFFERSON, P. Loss of genetic diversity by status number. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 45, p. 52-59, 1996.
- _____.; LUIGI, D. G.; JEFFERSON, P. A. Status number for measuring genetic diversity. **Forest Genetics**, Svolen, v. 4, n. 2, p. 69-76, 1997.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética em procedências e progênes de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São Paulo.

MITTON, J. B.; LATTA, R. G.; REHFELDT, G. E. The pattern of inbreeding in washoe pine and survival of inbreed progeny under optional environmental conditions. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 46, n. 4, p. 215 - 219, 1997.

MORAES, M. L. T. **Variação genética e aplicação de análise multivariada em progênes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barret et Golfari.** 2001. 124 f. Tese (Livro Docência em Silvicultura) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Ilha Solteira.

NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry.** Washington, D.C.: United States Forest Service, 1979. 342 p. (Technical Bulletin, 1588).

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide.** Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética entre e dentro de procedências e progênes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no sul do Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 109-124, 2003.

SILVA Jr., F. G *et al.* Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus patula* var. *tecunumanii* visando à produção de celulose Kraft e pasta mecânica. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 26., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1993. p. 357-365.

STYLES, B. T.; HUGHES, C. E. **Variabilidad de los *Pinus* centroamericanos:** taxonomia y nomenclatura de los *Pinus* y otras Gimnospermas. Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Centro Nacional de Investigación Forestal Aplicada - CENIFA, 1988. 20 p.

TOLEDO FILHO, D. V. de ; PIRES, C. L. da S. Comportamento do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. aos 16 anos em diferentes espaçamentos sem desbaste. In: SIMPÓSIO IUFRO EM MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO, 1983, Águas de São Pedro. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS, 1983. p. 229-230. (Silvicultura, São Paulo, v. 29, 1983).

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 57-140, 1965/66.

WRIGHT, J. W. A simplified design for combined provenance and progeny testing. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 27, n. 2, p. 68-70, 1978.

_____.; GIBSON, G. L.; BARNES, R. D. Variación en volumen y densidad de la madera de ocho procedencias de *Pinus oocarpa* y *P. patula* ssp. *tecunumanii* en Conocoto, Ecuador. **IPEF**, Piracicaba, v. 41/42, p. 5-7, 1989.

ZHENG, Y. O.; ENNOS, R.; WANG, H. R. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* Morrelet var. *bahamensis* and Golf. **Forest Genetics**, Zvolen, n. 1, v. 3, p. 165-174, 1994.

TESTE DE PROCEDÊNCIAS DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* AOS 32 ANOS DE IDADE EM BEBEDOURO-SP*

Miguel Luiz Menezes FREITAS**
Antonio Carlos Scatena ZANATTO**
Eurípedes MORAIS**
Saulo Vannucci LEMOS***
Alessandro Chagas FERNANDES**
Alexandre Magno SEBBENN**

RESUMO

ABSTRACT

O objetivo deste trabalho foi estudar a variação genética entre procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, visando à seleção de populações adaptadas e produtivas para a região de Bebedouro-SP. Assim, foi implantado, em 1973, na Floresta Estadual de Bebedouro, um teste envolvendo dez procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* da América Central e duas testemunhas, sendo uma de *P. caribaea* var. *bahamensis* e uma de *P. caribaea* var. *caribaea*. O delineamento experimental utilizado foi o blocos ao acaso, com cinco repetições e parcelas quadradas com 49 plantas. Aos 32 anos de idade (2005), o ensaio foi avaliado para os caracteres DAP e forma do fuste. A análise de variância detectou diferenças entre as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* para o caráter DAP, sugerindo a possibilidade de ganhos na seleção entre procedências. A procedência de melhor crescimento em DAP foi a Rio Coco, e a pior foi a Santa Clara, ambas da Nicarágua. Para o caráter forma do fuste, não foram detectadas diferenças significativas entre as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* e nem entre esta espécie e as testemunhas. A estimativa da correlação linear entre a temperatura de origem das procedências e o caráter forma do fuste indica a possibilidade de a temperatura de origem das procedências estar influenciando na forma das árvores em Bebedouro.

The aim of this work was to study the genetic variation among *Pinus caribaea* var. *hondurensis* provenances, tend to selected adapted and productive populations to Bebedouro region, São Paulo State. Thus, in 1973 was implanted in Bebedouro State Forest, a trial involving ten *P. caribaea* var. *bahamensis* provenances and two controls: *P. caribaea* var. *bahamensis* and *P. caribaea* var. *caribaea*. The trial was implanted in a randomized block design with five replications and 49 trees per plots. The trial was evaluated at 32 years old (2005) to DBH and stem form. The variance analysis detected differences among *P. caribaea* var. *hondurensis* provenances to DBH trait, suggesting the possibility of genetic gains with provenance selection. The best provenance for DBH growth was Rio Coco and the worst was Santa Clara, both from Nicaragua. To stem form do not was detected significant differences among provenances. The correlation estimate between temperature of the origin of provenances and stem form trait indicate the possibility of the temperature of the provenance origin to be inflowing the trees stem form at Bebedouro.

Palavras-chave: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; teste de procedências; variação genética; seleção.

Key words: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; provenances test; genetic variation; selection.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Pinus* foi introduzido no Brasil no ano de 1936, com sementes oriundas da Europa (Barrett & Golfari, 1962). Porém, o cultivo em larga escala só ocorreu a partir de 1940, para suprir a demanda de madeira branca e produção de fibra que anteriormente era suprida pela *Araucaria angustifolia*,

espécie de ampla ocorrência na região Sul e em alguns sítios da região Sudeste do Brasil, mas que sofria forte pressão de desflorestamento devido ao crescente consumo industrial, sendo sua extinção um fato iminente. Sendo assim, optou-se por coníferas com boas características tecnológicas, rápido crescimento e que se adaptassem mais facilmente às condições ecológicas das regiões Sul e Sudeste do Brasil.

(*) Aceito para a publicação em junho de 2005.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. Autor para correspondência: alexandresebbenn@yahoo.com.br

(***) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Caixa Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

Entre as coníferas que foram inicialmente testadas, destacaram-se as espécies do gênero *Pinus*. Dentro do gênero, *Pinus caribaea* foi uma das espécies proeminentes, que apresentou boa adaptação, rápido crescimento, boa forma do fuste e alta produção de resina, principalmente nas regiões quentes e de déficit hídrico. A espécie é também de grande interesse comercial, em nível mundial, devido às características silviculturais e qualidade da madeira (Gibson, 1987), sendo muito cultivada na região Sudeste brasileira.

O *Pinus caribaea* é formado por três variedades: var. *bahamensis*, var. *caribaea* e var. *hondurensis*, todas provenientes da América Central. Dentre as variedades destaca-se o *P. caribaea* var. *hondurensis*. A variedade *hondurensis* é encontrada naturalmente em Belize, Guatemala, Honduras, Nicarágua e México (Perry, 1991). Recentemente, novas áreas naturais têm sido encontradas em El Salvador (Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative - CAMCORE, 1996). *P. caribaea* var. *hondurensis* ocorre geralmente em altitudes que variam do nível do mar a 500 m de altitude, podendo chegar, em alguns locais, a 1.000 m de altitude (Hodge & Dvorak, 2001). O crescimento das árvores pode chegar a 30 m (Richardson, 1998). A espécie é recomendada para plantios entre o norte do Estado de São Paulo até a Amazônia (Golfari, 1967). Sua madeira é de utilidade para serrarias e produção de celulose.

O Instituto Florestal de São Paulo vem estudando procedências de *Pinus* tropicais desde

meados de 1970, procurando selecionar material genético adaptado e produtivo para as diferentes regiões bioclimáticas que compreendem o Estado de São Paulo. Dentro desse contexto, o presente trabalho objetivou estudar a variação genética entre dez procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, visando à seleção de procedências adaptadas e produtivas para a região de Bebedouro–SP.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem, Delineamento Experimental e Caracteres Avaliados

Em 1973 foi implantado na Floresta Estadual de Bebedouro um teste envolvendo dez procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*, sendo três da Nicarágua, seis de Honduras e uma da Guatemala (TABELA 1). Adicionalmente, incluíram-se duas testemunhas, sendo uma de *P. caribaea* var. *bahamensis*, das Ilhas Bahamas, e uma de *P. caribaea* var. *caribaea*, de Cuba. As sementes para a implantação do experimento foram obtidas de polinização livre.

A Floresta Estadual de Bebedouro–SP localiza-se nas coordenadas 48°30'W e 20°57'S, com altitude de 570 m. O clima é do tipo Cwa, com temperatura média anual do mês mais quente de 22,7°C e do mês mais frio de 17,2°C. A precipitação média anual é de 1.263 mm (Ventura *et al.*, 1965/1966). O relevo do local é plano, com inclinação em torno de 5%.

TABELA 1 – Coordenadas geográficas, altitude e características de origens das procedências.

Procedência	Lat.	Long.	Alt. (m)	Prec. (mm)	Temp. (°C)
	S	N			
1. I-2248 Alamicamba – Nicarágua (<i>P.c. hondurensis</i>)	13°34'	84°17'	25	2.610	27,3
2. I-2249 Rio Coco – Nicarágua (<i>P.c. hondurensis</i>)	14°45'	83°55'	75	2.863	25,8
3. I-2250 Brus – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	15°45'	84°40'	10	2.840	26,5
4. I-2251 Poptun – Guatemala (<i>P.c. hondurensis</i>)	16°21'	89°25'	500	1.688	24,2
5. I-2252 Limones – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	13°03'	86°42'	700	663	22,2
6. I-2253 Culmi – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	16°03'	85°37'	550	1.325	24,5
7. I-2254 Guanaja – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	16°27'	85°55'	75	2.308	27,1
8. I-2255 Santa Clara – Nicarágua (<i>P.c. hondurensis</i>)	13°48'	86°12'	700	1.818	23,4
9. I-2256 Mt. Pine Ridge – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)*	17°00'	88°55'	400	1.558	23,9
10. I-2257 Andros – Bahamas (<i>P.c. bahamensis</i>)*	24°53'	78°07'	3	1.055	25,4
11. I-2258 Manuel – Cuba (<i>P.c. caribaea</i>)	23°37'	83°40'	150	1.477	24,4
12. I-2259 Melinda – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	17°01'	88°20'	12	2.137	26,9

Lat. S: latitude Sul; Long. N: longitude Norte; Alt.: altitude; Prec.: precipitação média anual; Temp.: temperatura média anual.

(*) Testemunhas.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com 12 tratamentos, cinco blocos e parcelas quadradas com 49 plantas, obedecendo ao espaçamento 3,0 x 2,0 m. Foi também utilizada uma bordadura externa com duas linhas, a fim de se reduzirem os efeitos de borda sobre os tratamentos. Esse experimento foi inicialmente avaliado em 1986 (13 anos de idade), sendo posteriormente realizada uma intervenção com a retirada de aproximadamente 40% das árvores. Não houve seleção entre procedências.

Em 2005 (32 anos de idade), com o intuito de avaliar a performance de caracteres de crescimento e forma do fuste da espécie, realizou-se nova mensuração no experimento. Os caracteres mensurados foram o diâmetro à altura do peito (DAP) e a forma do fuste, variando de 1 (fuste muito tortuoso e bifurcado) a 5 (fuste reto, sem bifurcação, danos e doenças). Não foi avaliada a sobrevivência de plantas devido ao desbaste realizado em 1986.

2.2 Estimativa de Componentes de Variância

As análises de variância foram feitas com auxílio do programa SAS (S.A.S., 1999), utilizando os procedimentos GLM e VARCOMP (componentes da variância) e o método de REML (Restricted Maximun Likelihood), para as estimativas dos componentes de variância, devido ao desbalanceamento experimental em termos do número desigual de árvores remanescentes e sobreviventes por parcelas. Os valores perdidos foram estimados, e os componentes de variância foram ajustados para estes. As análises de variância para determinar a variação genética entre procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* foram realizadas excluindo-se as testemunhas das análises.

Para a análise de variância e estimativa de componentes de variância, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} = performance média do k -ésimo indivíduo, do j -ésimo bloco, da i -ésima procedência; m = média geral da variável em análise; t_i = efeito da i -ésima procedência ($i = 1, 2, \dots, I$); b_j = efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, 2, \dots, J$); e_{ij} = efeito da interação entre a i -ésima procedência do j -ésimo bloco, ou efeito ambiental da ij -ésima parcela; d_{ijk} = efeito da k -ésima árvore dentro da ij -ésima parcela (erro dentro). Todos os efeitos do modelo, exceto a média, foram assumidos como aleatórios na análise envolvendo somente as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*, sendo que K é o número de árvores por procedência, J é o número de blocos, I é o número de procedências e \bar{K} é a média harmônica do número de árvores por parcela. O esquema da análise de variância encontra-se na TABELA 2.

Das análises de variância foram estimados os componentes: $\hat{\sigma}_p^2$ = variância genética entre procedências; $\hat{\sigma}_e^2$ = variância devido à interação entre procedências e repetições; $\hat{\sigma}_d^2$ = variância fenotípica dentro de procedências, e $\hat{\sigma}_F^2$ = variância fenotípica total. A variância fenotípica foi estimada por $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2$.

Dos componentes de variância, estimou-se a divergência genética entre procedências:

$$\hat{Q}_{ST} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2}.$$

TABELA 2 – Quadro da análise de variância para cada caráter em nível de plantas individuais.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	$J-1$	QM_{blocos}	–
Procedências	$I-1$	$QM_{\text{procedências}}$	$\sigma_d^2 + \bar{K} \sigma_e^2 + J \bar{K} \sigma_p^2$
Erro entre procedências	$(J-1)(I-1)$	QM_{entre}	$\sigma_d^2 + \bar{K} \sigma_e^2$
Dentro de procedências	$JI(\bar{K}-1)$	QM_{dentro}	σ_d^2
Total	$JI \bar{K} - 1$	–	–

Em que: J = número de blocos; I = número de procedências, e \bar{K} = média harmônica do número de árvores por parcela.

A associação entre caracteres e características dos locais de origem das procedências foi estimada pelo coeficiente de correlação linear de Sperman (\hat{r}), calculado usando o procedimento REG do programa estatístico SAS (S.A.S., 1999). O coeficiente de variação genética entre procedências foi estimado por:

$$CV_g (\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\bar{x}} \times 100,$$

sendo \bar{x} a média do caráter.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimentação

O coeficiente de variação experimental foi alto para o DAP (24,0%) e médio para a forma do fuste (16,21%). A magnitude desses coeficientes encontra-se dentro do padrão observado em outros estudos envolvendo espécies do gênero *Pinus* (Sebbenn *et al.*, 2005; Freitas *et al.*, 2005).

3.2 Variação Entre e Dentro de Procedências

A análise de variância detectou diferenças significativas a 95% de probabilidade (TABELA 3) entre, pelo menos, duas procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*, para o caráter DAP, sugerindo a possibilidade de se obterem ganhos com a seleção da melhor procedência. Para o caráter forma do fuste

não foram observadas diferenças significativas entre procedências pelo teste F da análise da variância ($F = 1,04$; $P = 0,4072$). O resultado da avaliação deste experimento, aos 13 anos de idade, não revelou diferenças significativas para DAP (Toledo Filho *et al.*, 1986). A presença de diferenças significativas entre procedências para o caráter DAP, aos 32 anos de idade, pode ser fruto do desbaste, que permitiu que as procedências expressassem sua variabilidade genética. Contudo, a estimativa do coeficiente de variação genética ($CV_g = 0,31\%$) entre procedências foi baixa para o caráter, indicando que embora existam diferenças entre as procedências, estas são de baixa magnitude genética. Esse resultado também é observado na estimativa da divergência genética entre procedências, que mostra a existência de menos de 1% de variação entre elas para o caráter DAP. Para o caráter forma do fuste não foi detectada divergência genética entre procedências. Em geral, estudos em procedências de espécies do gênero *Pinus* têm observado maior divergência genética entre procedências do que os aqui detectados. A divergência genética entre procedências para DAP tem sido da ordem de 9% em *P. caribaea* var. *bahamensis* (Zheng *et al.*, 1994), 16,6% em *P. contorta* ssp. *latifolia* (Yang *et al.*, 1996) e 7,7 a 11,1% em *P. oocarpa* (Ettorri *et al.*, 2002). Para a forma do fuste de *Pinus pinaster*, González-Martínez *et al.* (2002) relatam divergência da ordem de 97,3%.

TABELA 3 – Estimativas de quadrados médios, resultados do teste F, probabilidade (P), coeficiente de variação experimental (CV_{exp}) e componentes de variância para DAP e forma do fuste de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Estimativa	DAP			Forma do fuste		
	QM	F	P	QM	F	P
Procedências	112,0417	1,93*	0,0391	0,0779	1,04	0,4072
Erro entre	58,1489			0,1229		
CV_{exp} (%)	24,0			16,2		
Média	31,44 cm			2,82		
$\hat{\sigma}_p^2$	0,0094			0		
$\hat{\sigma}_e^2$	2,0275			0,0023		
$\hat{\sigma}_d^2$	57,3596			0,0750		
CV_g (%)	0,31			0		
\hat{Q}_{ST} (%)	0,02			0		

(*) $P < 0,05$.

3.3 Taxa de Crescimento

A melhor procedência de *P. caribaea* var. *hondurensis* para o crescimento em DAP foi a Rio Coco, e a pior foi a Santa Clara, ambas da Nicarágua (TABELA 4). Observando-se o intervalo do erro, a 95% de probabilidade, verifica-se que a média de crescimento em DAP da procedência Rio Coco difere estatisticamente das duas procedências de pior crescimento, Santa Clara e Mount Pine Ridge (Honduras). A testemunha de *P. caribaea* var. *caribaea* de Manuel (Cuba), apresentou o segundo melhor desenvolvimento em DAP, embora seu crescimento não difira de nenhuma das outras procedências. As demais procedências também não apresentaram diferenças significativas entre si. A média de crescimento da testemunha de *P. caribaea* var. *bahamensis*, de Andros (Bahamas), ficou classificada em sexto lugar.

A melhor procedência de *P. caribaea* var. *hondurensis* para o caráter forma do fuste foi Limones, e a pior foi Brus, ambas de Honduras.

Contudo, de acordo com o intervalo de confiança a 95% de probabilidade, não existem diferenças entre nenhuma das procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* e desta espécie com as testemunhas. A procedência Rio Coco ficou classificada em terceiro lugar; a testemunha *P. caribaea* var. *bahamensis* ficou em quinto lugar, e a *P. caribaea* var. *caribaea* ficou em oitavo.

Os resultados obtidos aos 32 anos contrariam, em parte, os mensurados aos 13 anos, onde as testemunhas foram consideradas como os melhores materiais genéticos para a região, e as procedências Rio Coco, Brus e Culmi como as piores. Neste trabalho, Rio Coco foi a melhor para crescimento em DAP, seguida da testemunha *P. caribaea* var. *caribaea*. Isso demonstra que conclusões obtidas aos 13 anos podem não corresponder a resultados obtidos em idades avançadas.

Em termos gerais, os resultados indicam que é possível a seleção para DAP de mais de uma procedência de *P. caribaea* var. *hondurensis* para a região de Bebedouro.

TABELA 4 – Estimativas de médias ($\pm IC_{95\%}$) para DAP e forma do fuste em procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Procedências	DAP (cm)	Forma do fuste
1. I-2248 Alamicamba – Nicarágua (<i>P.c. hondurensis</i>)	30,69 \pm 1,56 (10)	2,89 \pm 0,19 (9)
2. I-2249 Rio Coco – Nicarágua (<i>P.c. hondurensis</i>)	33,58 \pm 1,73 (1)	2,99 \pm 0,19 (3)
3. I-2250 Brus – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	31,57 \pm 1,59 (8)	2,73 \pm 0,18 (12)
4. I-2251 Poptun – Guatemala (<i>P.c. hondurensis</i>)	31,72 \pm 1,27 (4)	2,88 \pm 0,18 (10)
5. I-2252 Limones – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	31,58 \pm 1,63 (7)	3,10 \pm 0,21 (1)
6. I-2253 Culmi – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	32,06 \pm 1,48 (3)	2,94 \pm 0,20 (7)
7. I-2254 Guanaja – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	30,95 \pm 1,57 (9)	2,98 \pm 0,19 (4)
8. I-2255 Santa Clara – Nicarágua (<i>P.c. hondurensis</i>)	29,91 \pm 1,92 (12)	2,94 \pm 0,24 (6)
9. I-2256 Mt. Pine Ridge – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	30,01 \pm 1,37 (11)	3,00 \pm 0,16 (2)
10. I-2257 Andros – Bahamas (<i>P.c. bahamensis</i>)	31,65 \pm 1,96 (6)	2,97 \pm 0,19 (5)
11. I-2258 Manuel – Cuba (<i>P.c. caribaea</i>)	32,17 \pm 1,66 (2)	2,92 \pm 0,23 (8)
12. I-2259 Melinda – Honduras (<i>P.c. hondurensis</i>)	31,69 \pm 1,82 (5)	2,77 \pm 0,20 (11)
Média	31,45 \pm 0,56	2,93 \pm 0,06

$IC_{95\%}$ é o intervalo de confiança do erro, a 95% de probabilidade; $IC_{95\%} = 1,96(\hat{\sigma}/\sqrt{n})$, sendo $\hat{\sigma}$ o desvio-padrão fenotípico e n o tamanho da amostra. Números entre parênteses indicam a classificação das procedências.

3.4 Correlações entre Caracteres e Características Geográficas e Climáticas

A fim de conhecer quais as características geográficas e climáticas de origem das procedências possam estar influenciando no crescimento das procedências em Bebedouro, estimaram-se o coeficiente de correlação entre tais características e a média dos caracteres (TABELA 5). Nenhuma das características geográficas e climáticas apresentou correlações significativas com o caráter DAP, indicando independência entre as mesmas.

Por outro lado, a estimativa da correlação de Sberman foi negativa e significativa a 95% de probabilidade ($-0,523$; $P < 0,05$) entre forma do fuste e temperatura média anual de origem das procedências, sugerindo que procedências de temperaturas mais baixas na região de origem apresentem melhor forma do fuste na região de Bebedouro. Contudo, a baixa magnitude da correlação não permite inferir com certeza se procedências de temperaturas mais altas na região de origem apresentarão melhor forma do fuste na região de Bebedouro.

TABELA 5 – Estimativas do coeficiente de correlação de Sberman (\hat{r}) entre caracteres e características geográficas e climáticas de origem das procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Características	DAP	FORMA
Latitude	0,234	-0,310
Longitude	-0,118	0,315
Altitude	-0,031	0,392
Precipitação média anual	0,281	-0,498
Temperatura média anua	0,285	-0,523*

(*) $P < 0,05$.

4 CONCLUSÕES

1. Existe variação genética entre as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* para crescimento em DAP, sugerindo a possibilidade de ganhos com a seleção entre procedências para este caráter.
2. A procedência de melhor crescimento em DAP, para Bebedouro, foi a Rio Coco, e a pior foi a Santa Clara, ambas da Nicarágua.
3. Não existem diferenças significativas entre as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*, e nem entre esta espécie e as testemunhas para a forma do fuste.
4. O caráter forma do fuste, aparentemente, é influenciado pelo efeito da temperatura de origem das procedências.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Biólogo Clayton Martins Rangel de Sousa (Faculdades Integradas de Ilha Solteira - FAFIBE), pelo apoio na mensuração do experimento e pela digitação dos dados. O autor Alexandre Magno Sebbenn agradece ao

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão da bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETT, W. H. G.; GOLFARI, L. Descripción de las nuevas variabilidades del “Pino del Caribe”. **Caribbean Forester**, Porto Rico, v. 23, n. 2, p. 59-71, 1962.
- CENTRAL AMERICA AND MEXICO CONIFEROUS RESOURCES COOPERATIVE - CAMCORE. **Annual Report**. Raleigh: Department of Forestry, College of Forest Resources, North Carolina State University, 1996. 29 p.
- ETTORI, L. C. *et al.* Teste de procedências de *Pinus oocarpa* Schiede em três locais do Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, v.14, n. 1, p. 39-51, 2002.
- FREITAS, M. L. M. *et al.* Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade. **Rev. Inst. Flor.**, v. 17, n. 1, p. 103-111, 2005.

FREITAS, M. L. M. *et al.* Teste de procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 32 anos de idade em Bebedouro–SP.

GIBSON, G. L. A review of provenance testing of commercially important tropical pines. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FORESTALES, 1987, Buenos Aires. Buenos Aires: CIEF, 1987. t. 1, p. 29-61. (Trabalhos enviados).

GOLFARI, L. Coníferas aptas para repoblações florestais em el Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 6, p. 7-62, 1967.

GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S. C.; ALÍA, R.; GIL, L. Population genetic structure in a Mediterranean pine (*Pinus pinaster* Ait.): a comparison of allozyme markers and quantitative traits. **Heredity**, Lund, v. 89, p. 199-206, 2002.

HODGE, G. R.; DVORAK, W. S. Genetic parameters and provenance variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in 48 international trials. **Canadian Journal Forest Resources**, Ottawa, v. 31, p. 496-511, 2001.

PERRY, J. P. **The pines of Mexico and Central America**. Portland: Timber Press, 1991. 231 p.

RICHARDSON, D. **Ecology and biogeography of Pinus**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 527 p.

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide**. Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética em procedências e progênies de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2005.

TOLEDO FILHO, D. V.; PIRES, C. L. S.; ROSA, P. R. F. Teste de origens de *Pinus caribaea* Mor. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., 1986, Olinda. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1986. p. 114. (Silvicultura, São Paulo, n. 41, 1986, Edição especial).

YANG, R.; YEH, F. C.; YANCHUK, A. D. A comparison of isozyme and quantitative genetic variation in *Pinus contorta* ssp. *latifolia* by F_{ST} . **Genetics**, Baltimore, v. 142, p. 1045-1052, 1996.

VENTURA, A. *et al.* Características edafoclimáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 57-140, 1965-1966.

ZHENG, Y.; ENNOS, R.; WANG, H. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barr. and Golf. **Forest Genetics**, Zvolen, v. 1, n. 3, p. 167-174, 1994.

EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL SOBRE A IMIGRAÇÃO DE SEMENTES E A ESTRUTURA GENÉTICA TEMPORAL DE POPULAÇÕES DE *Euterpe edulis* Mart.¹

Carlos Eduardo Sícoli SEOANE²
Paulo Yoshio KAGEYAMA³
André RIBEIRO^{4,5}
Renato MATIAS^{4,6}
Maurício Sedrez dos REIS⁷
Kamal BAWA⁸
Alexandre Magno SEBBENN⁹

RESUMO

ABSTRACT

A fragmentação florestal afeta processos genéticos populacionais como a deriva genética, o fluxo gênico e a reprodução. Trabalhos que comparem populações em locais com diferentes intensidades de perturbação antrópica ainda são escassos. *Euterpe edulis* Mart. é uma palmeira brasileira que pode ser considerada como uma espécie-chave, produzindo anualmente uma grande quantidade de frutos consumidos avidamente pela fauna. O estudo foi realizado em duas populações de *E. edulis* do Estado do Rio de Janeiro, uma localizada em um fragmento florestal de cerca de 1.000 hectares (População Isolada) e a outra em uma floresta relativamente contínua (População Contínua). O objetivo deste trabalho foi estudar os padrões genéticos entre gerações e verificar mudanças nestes padrões genéticos e no banco de plântulas, relacionadas à intensidade de perturbação das atividades humanas nos locais. A amostragem foi realizada em cinco subpopulações em cada uma das duas populações. Plântulas isoladas, matrizes locais e progênies foram genotipadas para seis locos microsatélites. Como resultados, obteve-se que: 1 - os níveis de diversidade genética são semelhantes aos de outras regiões de ocorrência, embora os níveis de endogamia detectados tenham sido bem superiores; 2 - existem diferenças genéticas nas frequências alélicas entre as plantas adultas e sementes em relação às plântulas, provavelmente devido à deriva genética; 3 - os índices de fixação dos adultos sugerem que a degradação ambiental não era significativamente diferente entre estas populações, quando de sua formação; 4 - o índice de fixação menor para as plântulas da População Contínua indica que o fluxo gênico é prejudicado com o isolamento populacional;

Forest fragmentation affects population genetic processes such as random drift, gene flow and mating system. Studies comparing populations situated at locations under different human disturbance intensities are still scarce. *Euterpe edulis* Mart., a heart-of-palm, produces a large quantity of fruits, which supports many animal species and can be considered a keystone species. This research was conducted at Rio de Janeiro State, Brazil, comparing two populations, one in a tropical forest fragment with an area of approximately 1,000 hectares and the other in a relatively continuous tropical forest. The objective of this work was to study the genetic patterns among different generations and to verify changes in these patterns related to different local human disturbance intensities. Seeds, seedlings and adults from both populations were assessed by microsatellites analyses. In each population the sampling was conducted in five subpopulations, isolated seedlings, local adults and progenies. The results obtained were: 1 - the genetic diversity levels were similar to those found at other occurrence regions of the species, although inbreeding levels were considerably superior; 2 - there were genetic differences in the allelic frequencies among adults and seeds when compared to the seedlings, probably due to the genetic drift; 3 - adults fixation indexes suggest that when their populations were formed there were no significant differences among the environment degradation at the two sites; 4 - the lower fixation index for the seedling from the continuous population indicated disturbances in the gene flow processes when a population becomes isolated;

(1) Aceito para publicação em junho de 2005.

(2) Embrapa Florestas, Caixa Postal 319, 83.411-000, Colombo, PR, Brasil. E-mail: eduardo@cnpf.embrapa.br

(3) ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 15, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

(4) IBRAS, Rua Ignez Peixoto, 565, Caixa Postal 319, 24346-070, Niterói, RJ, Brasil.

(5) UERJ, Departamento de Geografia, Faculdade Formação de Professores – FFP, Av. Brigadeiro Trompowski, s/nº, Cidade Universitária, 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

(6) UFRRJ, ICF, Departamento de Ciências Florestais, Av. Brigadeiro Trompowski, s/nº, Cidade Universitária, 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

(7) UFSC, Departamento de Genética, Campus Universitário, Trindade, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

(8) University of Massachusetts, UMass, Biology Department, 100 Morrissey Boulevard, Boston, MA 02125-3393, USA.

(9) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: a.sebbenn@holz.uni-hamburg.de

5 - o valor maior para a divergência genética na População Contínua é devido ao maior número de genes advindos de fora das subpopulações amostradas; 6 - o pequeno valor da relação entre o número de plântulas e de adultos da População Isolada sugere perturbação na manutenção do banco de plântulas devido ao isolamento populacional, e 7 - a frugivoria foi proporcional à oferta de frutos, mas em números absolutos foi três vezes menor na População Isolada, o que sugere que, em populações isoladas, a longo prazo, há efeitos negativos na dinâmica do fluxo gênico da espécie e na sobrevivência local das espécies frugívoras associadas.

Palavras-chave: fragmentação florestal; *Euterpe edulis*; dispersão de sementes; fluxo gênico; banco de plântulas; estrutura genética temporal; microssatélites; conservação genética; equilíbrio de Hardy-Weinberg.

1 INTRODUÇÃO

O palmeiteiro, *Euterpe edulis* Mart., é uma palmeira nativa da Mata Atlântica que produz grande quantidade de frutos e que pode ser considerada como uma espécie-chave, pois seus frutos ficam maduros em uma época de escassez geral de alimentos, quando então são consumidos por um grande número de aves e mamíferos (Terborgh, 1986; Reis, 1995; Galetti & Aleixo, 1998; Reis & Kageyama, 2000). Neste sentido, possíveis alterações nas dinâmicas populacionais da espécie, decorrentes das atividades humanas, devem ser pesquisadas, monitoradas e atenuadas, para que em suas populações toda a gama de animais frugívoros continue a existir em suas áreas de ocorrência natural. Além disso, *E. edulis* é adequada para ser modelo das espécies comuns, climáticas e/ou daquelas sob intensa exploração extrativista (Seoane, 1998; Reis *et al.*, 2000b).

A fragmentação florestal é uma ameaça presente em todos os ecossistemas florestais do planeta. A redução no número de indivíduos, o declínio nos tamanhos populacionais médios e a separação de remanescentes florestais por áreas não florestadas afetam processos genéticos fundamentais ocorrentes nas populações, como a deriva genética, o fluxo gênico e a reprodução. Os três efeitos genéticos mais óbvios da fragmentação florestal são: *i*) perda de diversidade genética tanto ao nível populacional quanto de espécie; *ii*) aumento da estrutura interpopulacional, e *iii*) aumento da endogamia (Young & Boyle, 2000).

A fragmentação florestal leva à redução do tamanho populacional, criando gargalos genéticos (“bottlenecks”), pois os indivíduos que

5 - the higher levels of genetic divergence found for the continuous populations are due to the large number of genes coming from outside the sampled subpopulations; 6 - the smaller number of seedlings per adult found in the isolated population suggests disturbances to the maintenance of the seedling bank when a population becomes isolated, and 7 - frugivory was proportional to the fruit availability but in absolute numbers was three times smaller in the isolated population, which suggests that when a population becomes isolated there will be negative effects on the gene flow dynamics of the species and in the local survival of the associated frugivorous species, on the long run.

Key words: forest fragmentation; *Euterpe edulis*; seed dispersion; gene flow; seedling bank; temporal genetic structure; microsatellite; genetic conservation; Hardy-Weinberg equilibrium.

restam contêm apenas uma pequena amostra do conjunto gênico original. Quando se têm poucas gerações, os resultados observados se devem ao efeito de gargalo genético (Young *et al.*, 1996), mas a pequena população remanescente, caso permaneça isolada por muitas gerações, terá contínua perda de alelos devido à deriva genética aleatória, diminuindo a variabilidade dentro de populações e aumentando a diferenciação entre populações (Barret & Kohn, 1991; Seoane *et al.*, 2000a). As conseqüências da deriva dependem do número de gerações que se passaram nos remanescentes. Tais efeitos apresentam implicações em relação à persistência da espécie. No curto prazo, a perda de heterozigosidade pode reduzir a aptidão individual da espécie, inviabilizando o remanescente populacional. No longo prazo, a redução da riqueza alélica deve limitar a habilidade das espécies a responderem às mudanças devidas à ação de forças seletivas (Charlesworth & Charlesworth, 1987; Seoane, 1998; Seoane *et al.*, 2000a). Outra conseqüência é a depressão endogâmica, ou seja, a redução da performance reprodutiva da espécie devido ao cruzamento entre indivíduos aparentados (Allard, 1971; Templeton *et al.*, 1990; Seoane *et al.*, 2000b).

O presente estudo, realizado em duas populações de *E. edulis* sujeitas a diferentes graus de isolamento, devido à intensidade da fragmentação florestal, na região centro-sul do Estado do Rio de Janeiro, concentra-se em uma importante estratégia natural da espécie: a dispersão de sementes e os efeitos da fragmentação florestal sobre esta.

Geralmente os estudos de genética de populações, incluindo aqueles que analisam os efeitos da fragmentação florestal, envolvem duas fases de vida dos vegetais: adultos reprodutivos e suas progênes, isto tanto no nível internacional (Bawa, 1973; Ellstrand, 1990; Hall *et al.*, 1996; Chase *et al.*, 1996a, b), quanto no Brasil (Seoane *et al.*, 2000a, b; Sebbenn *et al.*, 1998a, b, 2001) e mais especificamente para *E. edulis* (Reis *et al.*, 2000c; Gaiotto *et al.*, 2001; Seoane *et al.*, 2005a). Nesse sentido, poucos estudos de genética de populações abordam o fluxo gênico realizado pela dispersão de sementes nas espécies arbóreas tropicais (Hamrick & Loveless, 1986; Pacheco & Simonetti, 2000), pois muitas vezes a análise do fluxo gênico, via dispersão de sementes, é deixada de lado por ser de grande dificuldade experimental (Denslow & Hartshorn, 1994).

A análise genética dos adultos permite olhar sobre o fluxo gênico “histórico”, em que se mesclam vários fatores, inclusive a seleção de alelos não neutros. Já a análise das progênes, ou seja, de plântulas de sementes coletadas diretamente da árvore matriz, se concentra na migração de alelos potencialmente realizada pela polinização, e não a migração de alelos realizada pela dispersão de sementes, uma etapa seguinte, após a queda do fruto ao solo ou da sua retirada da planta matriz por um dispersor. No entanto, ao se estudar *E. edulis*, se torna imperativo analisar a dispersão de sementes, pois o fluxo gênico da espécie é provavelmente realizado, em grande parte, por ela através dos mais variados tipos de animais, muitos deles capazes de vôos longos. Já a polinização é realizada principalmente por pequenos insetos (Mantovani & Morellato, 2000), com o alcance de vôo provavelmente muito mais limitado (Nason *et al.*, 1996, 1998).

A grande produção de frutos em *E. edulis* resulta em um expressivo banco de plântulas sob os adultos reprodutivos, uma estratégia natural para a regeneração das populações da espécie (Reis, 1995; Reis *et al.*, 2000a). Esses frutos são altamente consumidos por animais que dispersam as sementes de *E. edulis* para longe da planta matriz e mesmo para outras localidades, sendo esta dispersão também uma estratégia natural da espécie, tanto para a manutenção da diversidade genética das populações quanto para a colonização de novas áreas.

No presente trabalho, seguindo a definição de Howe (1986) e Reis & Kageyama (2000), conceitua-se “dispersão de sementes” como o transporte das sementes para um local próximo ou distante da planta matriz, o que pode variar de centímetros a quilômetros.

Dentro das florestas tropicais, a síndrome de dispersão de sementes mais freqüente é a zoocórica, sendo normalmente entre 60 e 90% as espécies adaptadas a este tipo de transporte (Howe & Smallwood, 1982; Levey *et al.*, 1994; Reis & Kageyama, 2000), o qual predomina nas palmeiras (Terborgh, 1986; Reis & Kageyama, 2000). O gênero *Euterpe* é classificado por Van der Pijl (1972) como um processo de dispersão de sementes entre a sinzoocoria (sem percorrer o trato digestivo do animal) e a endozoocoria (percorrendo o trato digestivo do animal, saindo nas fezes). Os frutos de *E. edulis* são do tipo drupa. Neste e em outros trabalhos o conjunto “semente mais endocarpo” é tratado como “semente”, formando a unidade de dispersão mais simples da espécie (Reis, 1995; Henderson, 2000; Queiroz, 2000; Reis & Kageyama, 2000).

Visando trazer subsídios para a elaboração das estratégias de conservação da floresta tropical, e mais especificamente das populações naturais de *E. edulis* ocorrentes na região centro-sul do Estado do Rio de Janeiro, o objetivo geral deste trabalho foi estudar os padrões genéticos entre gerações em duas populações da espécie e verificar os efeitos decorrentes da intensidade de perturbação das atividades humanas. Os objetivos específicos foram: 1 - verificar se as populações se encontram em conformidade com o princípio de equilíbrio de Hardy-Weinberg; 2 - quantificar a estrutura genética temporal das freqüências alélicas; 3 - comparar os níveis de variabilidade genética entre gerações; 4 - analisar a densidade dos indivíduos no banco de plântulas, e 5 - Caracterizar a contribuição, para o banco de plântulas, vinda de plântulas originadas de sementes imigrantes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Locais de Estudo

O estudo foi realizado em duas populações de *E. edulis* da floresta Atlântica, da região centro-sul do Estado do Rio de Janeiro, uma localizada em um fragmento florestal e outra em uma floresta relativamente contínua. A distância entre as duas populações é de aproximadamente 66 km. Ambos os locais apresentam cobertura vegetal de floresta tropical (Mata Atlântica), onde predomina uma floresta de estrutura secundária, em recuperação após interferência antrópica ocorrida há algumas décadas na forma de corte raso para implantação de ciclos de sistemas agrícolas (cana-de-açúcar, café e banana, entre os principais).

Principalmente na floresta contínua estudada, se apresentam alguns trechos de floresta tropical não diretamente antropizada (floresta primária), onde podem ser encontrados indivíduos de espécies arbóreas com distribuição de baixa densidade (raras) e outros elementos da flora e fauna indicadores de um alto grau de conservação da floresta. A presença desses trechos de floresta relativamente não perturbada proporcionou uma entrada de propágulos (chuva de sementes) nas áreas perturbadas adjacentes, o que foi fundamental para a recuperação dessas áreas e permitiu que, após algumas décadas, se encontrasse ali uma predominância de floresta de estrutura secundária.

A população do fragmento florestal, doravante denominada “População Isolada”, situa-se nas coordenadas 22°50’S e 42°53’W, em um fragmento florestal de área de 1.160 hectares, na elevação litorânea denominada “Serra do Macaco”, também conhecida localmente como “Morro da Torre”, no município de Maricá-RJ, na região conhecida como “Região dos Lagos”. Esse fragmento florestal doravante será denominado “fragmento florestal”. Ele está isolado de outros por pelo menos 700 metros, por um mosaico de pequenos sítios com matas em regeneração e pastos dominados por capim-colonião (*Panicum maximum*). Segundo o relato de habitantes, havia florestas com populações de *E. edulis* nos locais onde hoje se encontram esses pequenos sítios. Essa e as demais “serras” das redondezas são tombadas como parte da “Reserva da Biosfera da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro” (Instituto Estadual de Florestas do Rio de Janeiro - IEF/RJ, 1994). O fragmento florestal tem indivíduos adultos ocorrendo somente no local onde foi feita a amostragem e em um outro local distante cerca de 400 metros. Foi estimada a presença de 240 indivíduos adultos em todo o fragmento florestal e, na ocorrência, uma densidade de 192 indivíduos adultos por hectare, ou seja, há em todo o fragmento florestal apenas dois pequenos trechos, somando um pouco mais de um hectare, com a presença altamente agrupada de indivíduos de *E. edulis*.

A população da floresta contínua, doravante denominada “População Contínua”, situa-se nas coordenadas 22°24’S e 42°31’W, em um fragmento florestal de aproximadamente 25.900 hectares, na localidade de Macaé de Cima, município de Nova Friburgo-RJ. Esse fragmento doravante será denominado “floresta contínua”. A população estudada encontra-se em propriedade particular, denominada “Sítio do Sr. Glin”. A floresta contínua é cortada por diversas estradas não pavimentadas e nela se encontram inseridos muitos sítios com pequenas lavouras e também casas de veraneio.

Segundo relatos de habitantes, na População Contínua nunca houve uma extração significativa de palmito nem redução das florestas que a cercam. Legalmente, o local onde se encontra a população estudada integra a Reserva Ecológica de Macaé de Cima (Lima *et al.*, 1999). Foram estimadas, através de transectos, a presença de 1.315.360 indivíduos adultos na floresta contínua e, através de transectos plotados no local de ocorrência da espécie, uma densidade local de 189 indivíduos adultos por hectare, o que mostra que nesse fragmento florestal há indivíduos ocorrendo em muitos locais além de onde foi feita a amostragem. A floresta contínua é contígua a vários fragmentos florestais, separados por estradas pavimentadas e não pavimentadas, que no somatório perfazem um total de cerca de 150.000 hectares florestados na porção central da Serra do Mar do Estado do Rio de Janeiro.

2.2 Amostragem

Sementes, plântulas e adultos foram coletados em ambas as populações e genotipados para seis locos microssatélites: EE05, EE15, EE23, EE45, EE48 e EE54. Esses locos são parte do conjunto de locos desenvolvidos por Gaiotto *et al.* (2001) e utilizados para essas mesmas sementes e adultos em Seoane *et al.* (2005a). Toda a amostragem para a genotipagem foi realizada em dez parcelas, doravante denominadas subpopulações, cinco em cada uma das duas populações. O critério de escolha para os locais estabelecidos para essas parcelas, ou subpopulações, foi o de encontrar, dentro das populações, locais de máxima presença dos elementos estudados. As parcelas variaram em tamanho e forma, de acordo com os elementos locais que foram amostrados: plântulas isoladas, matrizes locais e progênies de algumas destas matrizes locais, conforme segue abaixo.

Em cada uma das subpopulações foram coletadas folhas de todas as plântulas que eram isoladas de outras por mais de 30 cm, doravante denominadas “plântulas isoladas”, evitando-se, assim, ter de genotipar o grande número de plântulas originado de sementes que chegaram ao banco de plântulas com a queda da infrutescência da qual originaram. Outro critério seguido foi o de coletar somente plântulas que ainda tivessem o fruto ou parte dele, evitando-se a coleta de plântulas originadas de sementes germinadas há mais de dois anos, que é, aproximadamente, o tempo que os resquícios das sementes continuam anexados às plântulas.

Para tornar possível a análise da imigração de sementes, amostrou-se e se genotipou apenas aquelas que aqui serão denominadas “matrizes locais”: aqueles adultos que eram árvores matrizes em potencial para a formação das plântulas genotipadas, caso estas, quando sementes, tivessem caído das infrutescências (barocoria) e não tivessem sofrido outra maneira de dispersão, como por exemplo a zoocoria. Distinguiram-se as matrizes locais dos demais adultos da população ao se considerar que a distância que a barocoria pode lançar o fruto raramente excede o dobro da altura das árvores (Eldridge *et al.*, 1993; Sebbenn, 2002), e que a altura máxima que os indivíduos de *E. edulis* alcançam é de 15 metros (Lorenzi, 2002; Henderson, 2000). Coletaram-se as folhas de todos os adultos dentro das parcelas e em um raio de 30 metros das bordas das parcelas, dobrando este raio morro acima, caso o terreno tivesse declividade maior que 30°. Foram amostrados tecidos foliares de 34 e 43 indivíduos adultos das populações Isolada e Contínua, respectivamente.

Sementes de polinização aberta foram coletadas em seis adultos na População Isolada e em nove na População Contínua. Todos esses adultos eram matrizes locais em suas subpopulações, como descrito acima. As sementes foram germinadas e dez plantas de cada árvore materna (progênes) foram genotipadas. Essas são as mesmas sementes analisadas em Seoane *et al.* (2005a).

2.3 Análise de Microssatélites (SSRs)

Tecidos foliares tiveram seu DNA extraído segundo a metodologia proposta por Ferreira & Gattaplagia (1996), adaptada por Gaiotto *et al.* (2001). Para se quantificar o DNA presente no material extraído correu-se 2,5 µl da amostra, adicionados de 2 µl de tampão TE e 7,5 µl de H₂O m.l.q., em gel de agarose, por cerca de 15 minutos em eletroforese. O resultado foi comparado com aqueles dos DNAs de concentrações conhecidas (50, 100 e 300 ηg/µl) colocadas no mesmo gel. Para se chegar à concentração adequada para o estudo de polimorfismo de microssatélites, de cerca de 2,5 ηg/µl, adicionou-se uma determinada quantidade de H₂O m.l.q., calculada com o auxílio de uma planilha do programa Excel. Para a amplificação das amostras em PCR (Polymerase Chain Reaction), utilizou-se 3 µl da amostra adicionados de 1,34 µl de H₂O, 1,3 µl de Tp10x, 1,3 µl de dNTP (2,5 mM), 1,3 µl de BSA (2,5 mg/ml), 4,3 µl de Primer (0,9 µM) e 0,2 µl de *Taq* polimerase (5 v/µl).

O programa utilizado para a amplificação foi o denominado “micro 56”: 96°C por 2 minutos, 30 ciclos de 94°C por um minuto, um ciclo em temperatura específica de anelamento do *primer* por um minuto, um ciclo em 72°C por um minuto, um ciclo em 72°C por sete minutos. Foram colocadas 3 µl das amostras amplificadas para correr por cerca de uma hora, em um gel de poliacrilamida 4% pré-aquecido e com corrente testada, contendo 8 M de uréia, por cerca de uma hora. Em cada gel correram cerca de 90 amostras. Na etapa da coloração foi utilizado o seguinte protocolo, adaptado de Ferreira & Gattaplagia (1996): “fix-stop” (formamida), por 20 minutos, três banhos de água, de dois minutos, banho em nitrato de prata, por 30 minutos, banho em água, por 10 segundos, banho em revelador por até sete minutos, banho em “fix-stop” por cinco minutos, e em água, por cinco minutos. Os géis eram interpretados depois de secarem por cerca de 24 horas, escaneados e devidamente descartados. As temperaturas de anelamento dos *primers* são as seguintes: EE05: 56°C; EE15: 56°C; EE23: 58°C; EE45: 56°C; EE48: 64°C; EE 54: 56°C (Gaiotto *et al.*, 2001).

2.4 Análises Estatísticas

2.4.1 Índices de diversidade intrapopulacionais e teste de Equilíbrio de Hardy-Weinberg

A diversidade genética, dentro das populações, foi analisada pela heterozigosidade observada (\hat{H}_o), heterozigosidade esperada em equilíbrio de Hardy-Weinberg (\hat{H}_e), número médio de alelos por loco (\hat{A}) e número médio efetivo de alelos por loco (\hat{A}_e), estimativas obtidas a partir do programa GDA (Lewis & Zaykin, 2000).

O modelo de equilíbrio de Hardy-Weinberg postula que em populações de cruzamentos aleatórios, na ausência de seleção, deriva genética, mutação e fluxo gênico, as frequências alélicas e genotípicas não se alteram com o passar das gerações. Assim, a população se mantém em um estado estável, até que alguma força evolutiva, por ventura, venha a ocorrer. Neste estudo três gerações foram avaliadas quanto ao ajuste das populações ao modelo de EHW. O teste de aderência dos locos individuais e da média entre locos ao modelo de EHW foi realizado com base no índice de fixação, \hat{f} .

A vantagem de abordar o EHW por esse método é que além de ele poder indicar a presença de desvios do modelo, mostra o sentido dos desvios em termos de excesso ou deficiência de heterozigotos. Na presença de EHW, o índice \hat{f} não é diferente de zero e valores positivos e significativos indicam excesso de homozigotos, enquanto valores negativos e significativos indicam excesso de heterozigotos em relação ao modelo de EHW. O índice \hat{f} foi estimado pela expressão (Weir, 1996):

$$\hat{f} = \frac{(\hat{H}_o - \hat{H}_e) + \frac{1}{2n} \hat{H}_o}{\hat{H}_e - \frac{1}{2n} \hat{H}_o}.$$

O índice de fixação foi estimado em nível de progênies (\hat{F}_p), banco de plântulas (\hat{F}_j) e indivíduos adultos (\hat{F}_a), para cada população e seus respectivos intervalos de confiança por 10.000 reamostragens *bootstrap*, usando o programa GDA (Lewis & Zaykin, 2000).

2.4.2 Estrutura genética entre gerações

A divergência genética entre gerações foi avaliada pela estimativa da medida de divergência genética proposta por Slatkin (1985) para dados de locos microssatélites, baseado no número de pares de base, \hat{R}_{HO} , utilizando o programa R_{ST} de Goodman (1997). Para obter-se o intervalo de confiança, a 95% de probabilidade da média entre locos de \hat{R}_{HO} , utilizou-se 1.000 reamostragens *bootstrap*.

2.5 Análise da Densidade dos Indivíduos no Banco de Plântulas

Foi realizada a amostragem da densidade de plântulas nas duas populações, a partir de três parcelas de 160 metros quadrados localizadas em pontos centrais da ocorrência de indivíduos adultos da espécie. Nessas parcelas foram contabilizadas as plântulas, assim consideradas: aqueles indivíduos com no máximo a terceira e quarta folhas, que são as duas primeiras folhas fotossintetizantes a emergir, já desenvolvidas, de acordo com Queiroz (2000). A partir dos dados calculou-se a estimativa do número de plântulas por hectare e a relação entre o número de plântulas e o número de adultos por hectare de população.

Foi também calculada a porcentagem do banco de plântulas, composta por plântulas isoladas, ao se comparar a densidade por hectare do banco de plântulas com a densidade por hectare de plântulas isoladas.

2.6 Análise da Imigração de Sementes

Para o estudo da imigração de sementes foram comparados os genótipos de plântulas e adultos, tanto na População Isolada quanto na População Contínua, fazendo-se testes de exclusão de paternidade usando o programa CERVUS 2.0. A estimativa da imigração de sementes foi baseada em duas comparações, em cada população: 1 - na comparação dos genótipos dos indivíduos adultos com os das plântulas de toda a população (análise populacional), e 2 - na comparação dos genótipos dos indivíduos do banco de plântulas com os das matrizes locais, para averiguar qual seria a proporção de plântulas que não teriam como matriz nenhuma das matrizes locais (análise subpopulacional). As análises foram conduzidas a partir dos genótipos de 77 árvores adultas (34 da População Isolada e 43 da Contínua) e de 79 plântulas (47 da População Isolada e 32 da Contínua), caracterizados para os seis locos microssatélites.

O programa CERVUS 2.0 calcula, para cada um dos locos, uma razão entre as probabilidades de duas hipóteses alternativas (*likelihood ratio*) para cada candidato a parental masculino ou feminino, de modo que a razão de máxima verossimilhança (*likelihood ratio*) é $LR = H_{(1)}/H_{(0)}$, onde a hipótese $H_{(1)}$ representa que o candidato é o verdadeiro parental e $H_{(0)}$ representa que o parental é de ocorrência aleatória na população. Um LR total para cada candidato é calculado por multiplicação dos LR s de cada loco individual, assumindo-se segregação independente entre locos (locos em equilíbrio de ligação). O logaritmo natural (\log_e) desse LR total é denominado *LOD score*. *LOD score* positivo implica dizer que o candidato é mais provável de ser o verdadeiro pai do que um outro macho selecionado aleatoriamente. Quando dois ou mais candidatos apresentam um *LOD score* positivo, uma estatística Δ é aplicada. O parâmetro Δ é definido como a diferença do *LOD score* entre o mais provável pai (maior *LOD score* positivo) e o segundo mais provável pai (segundo maior *LOD score* positivo). A significância dos valores de Δ é acessada por testes de paternidade simulados pelo programa.

A simulação baseia-se nas frequências alélicas observadas na população (baseada nos genótipos de todas as árvores adultas e plântulas de ambas as populações) com o objetivo de gerar distribuições do Δ . A simulação gera valores críticos, de modo que a significância dos valores de Δ , encontrados nos testes de paternidade conduzidos na população estudada, possa ser determinada. O parental com o maior *LOD score* será assinalado como o pai se a diferença entre o seu *LOD score* e o do segundo candidato a parental (*A score*) for maior do que o Δ crítico. Os parâmetros usados nas inferências de paternidade foram os seguintes: admitiu-se que cada árvore matriz tinha dez árvores vizinhas (vizinhança reprodutiva), que a proporção de árvores amostradas foi de 50% e que a taxa de erro de genotipagem foi de 0,01. Foram usadas 10.000 repetições nas simulações e os níveis de confiança restrito de 95% e relaxado de 80% para determinar um verdadeiro parental, conforme sugerem Marshal *et al.* (1998).

A metodologia aqui realizada para detectar a imigração de sementes permite que a estimativa do número de plântulas da área amostrada, que foram originadas de sementes imigrantes, seja também uma estimativa da dispersão de sementes via zoocoria ocorrente, mas com cautela, visto que seria uma estimativa provavelmente subestimada, por várias razões, entre elas a mortalidade entre a fase semente e a fase plântula, a não contagem das sementes dispersadas para fora da população, a não contagem de possíveis sementes dispersadas via zoocoria em grupo,

manipuladas na própria infrutescência ou, coincidentemente, caindo perto de outras sementes e/ou plântulas, e a não contagem de sementes dispersadas via zoocoria, mas com alelos iguais aos dos adultos locais. É possível, também, que entre as populações estudadas haja diferenças de taxa de mortalidade entre as fases de semente e plântula e/ou diferenças de ocorrência de um ou mais dos fatores de não contagem de plântulas, que estariam distorcendo os resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Equilíbrio de Hardy-Weinberg

As estimativas do índice de fixação foram positivas e estatisticamente diferentes de zero (TABELA 1), indicando excesso de homozigotos, na População Isolada, para adultos em cinco locos, para plântulas em seis locos e para progênies em quatro locos, sendo a média entre locos também positiva e significativamente diferente de zero para os três estágios; na População Contínua, para adultos em quatro locos, plântulas em cinco locos e progênies em quatro locos, sendo a média entre locos positiva e também significativamente diferente de zero para os três estágios. O índice de fixação foi negativo e estatisticamente diferente de zero, indicando excesso de heterozigotos em dois locos das progênies da População Contínua.

TABELA 1 – Estimativas dos índices de fixação (\hat{f}) para locos microsatélites em adultos, progênies e plântulas de *Euterpe edulis* Mart.

População	Estágio	EE05 ^a	EE15 ^a	EE23 ^a	EE45 ^a	EE48 ^a	EE54 ^a	Média ^b
Isolada	Adultos	0,194**	0,523**	0,344**	-0,022	0,062*	0,197**	0,224**
	Progênies	0,140**	-0,023	0,193**	0,301**	0,411**	-0,070	0,165*
	Plântulas	0,104**	0,748**	0,432**	0,172**	0,114**	0,273**	0,338**
Contínua	Adultos	0,230**	0,109	0,175**	0,098	0,397**	0,343**	0,223**
	Progênies	-0,066**	0,464**	0,185**	0,329**	0,144**	-0,054**	0,212*
	Plântulas	0,324**	–	0,348**	0,232*	0,264**	0,127**	0,257**

(*) $P < 0,05$.

(**) $P < 0,01$.

(a) $\chi^2 = n\hat{f}(a-1)$; GL = (a-1), sendo n o tamanho amostral e a o número de alelos no loco; GL = graus de liberdade.

(b) A significância estatística da estimativa populacional de \hat{f} , média, entre locos, foi obtida por 10.000 reamostragens *bootstrap*.

Com esses resultados se verifica que apenas 3 dos 18 valores individuais do índice de fixação na População Isolada (16,7%) e 2 dos 17 valores na População Contínua (11,8%) não foram estatisticamente diferentes de zero, ou seja, estavam ajustados ao modelo de equilíbrio de Hardy-Weinberg. Por outro lado, todos os valores médios estimados entre locos foram significativamente diferentes de zero. Esses resultados mostram clara ausência de EHW nas populações e indicam desvios de cruzamentos aleatórios e/ou a atuação de forças evolutivas como deriva genética ou fluxo gênico. Exclui-se o caso de seleção natural, visto que locos microssatélites são teoricamente neutros, portanto não estariam sobre os efeitos de tal fator evolutivo. Valores positivos e estatisticamente diferentes de zero indicam excesso de homozigotos e podem ser associados, mais comumente, a algum tipo de endogamia e/ou deriva genética aleatória. Já valores negativos significativamente diferentes de zero indicam excesso de heterozigotos e podem estar associados, mais comumente, a fluxo gênico.

Os valores médios do índice de fixação para a classe de adultos, de ambas as populações (0,223 e 0,224), foram positivos, estatisticamente diferentes de zero e muito semelhantes. A hipótese inicial era de que o índice de fixação seria semelhante para a classe de adultos de ambas as populações, o que de fato ocorreu, sugerindo que a degradação ambiental do fragmento florestal onde está a População Isolada, quando dos eventos reprodutivos que formaram os indivíduos adultos, ainda não era intensa o bastante a ponto de influenciar no processo reprodutivo da espécie, dando indícios de que nessa época a População Isolada não era uma população “dreno”, pois provavelmente não estava experimentando uma deriva genética maior do que aquela atuando na População Contínua (Barton & Whitlock, 2000).

As plântulas da População Contínua apresentaram um índice de fixação (0,257) menor do que as plântulas da População Isolada (0,338), sendo que esta diferença indica que o fluxo gênico, via dispersão de sementes por zoocoria, está muito prejudicado para a População Isolada,

o que acarretaria uma atuação da deriva genética aleatória maior para as plântulas desta população, levando a índices de fixação de valores maiores. No tocante às progênies se encontraram valores com uma diferença de cerca 28,5%, com um índice de fixação maior para População Contínua; no entanto, dos seis valores do índice de fixação medidos para locos individuais, nas progênies da População Contínua, dois foram negativos e estatisticamente diferentes de zero, aliás, os únicos do experimento, indicando excesso de heterozigotos.

A comparação dos índices de fixação em três diferentes gerações permite avaliar os possíveis efeitos da seleção sobre as estruturas genóticas das populações. Aqui não foram detectados indícios de seleção entre as gerações. Nas três gerações das duas populações os índices de fixação foram positivos e significativamente diferentes de zero (TABELA 1), indicando endogamia. O padrão de índices de fixação foi o mesmo nas duas populações, com maior índice de fixação na geração jovem, seguido das árvores adultas e, finalmente, das progênies. Na População Isolada, as diferenças entre gerações foram maiores, mas na População Contínua os valores do índice de fixação foram, em geral, semelhantes em magnitude entre as gerações, sugerindo que esta população se encontra em equilíbrio de endogamia.

Gaiotto *et al.* (2001) também estudaram três gerações de *E. edulis* em duas populações no Distrito Federal e, tal como no presente trabalho, detectaram maiores indícios de endogamia na geração de plântulas, seguida da geração de adultos e finalmente pela geração de progênies. Entretanto, Conte (2004) estudou três gerações de *E. edulis* em quatro populações no Estado de Santa Catarina e não observou diferenças significativas no índice de fixação entre gerações. Contudo, na média das quatro populações, o autor detectou menor índice de fixação nas árvores jovens (0,024), seguido da geração adulta (0,034) e da geração de plântulas (0,071), com sutil tendência de seleção contra homozigotos entre a geração de plântulas para a adulta, embora as diferenças não tenham sido significativas.

3.2 Estrutura Genética entre Gerações

Quando analisada toda a população, a divergência genética (TABELA 2) assumiu um valor consideravelmente maior na População Contínua (0,087) do que na População Isolada (0,053), o que pode ser explicado por uma contribuição maior de sementes imigrantes originadas de indivíduos na própria população que não foram amostrados, de outras populações do próprio fragmento e de populações em fragmentos florestais vizinhos.

As divergências genéticas entre as frequências alélicas de adultos e plântulas não foram diferentes de zero em nenhuma das populações (Isolada: $\hat{R}_{HO} = 0,005$; Contínua: $\hat{R}_{HO} = 0,014$), indicando a mesma estrutura genética para ambas as gerações. Por outro lado, as divergências genéticas entre adultos e progênies (Isolada: $\hat{R}_{HO} = 0,087$; Contínua: $\hat{R}_{HO} = 0,074$) e plântulas e progênies (Isolada: $\hat{R}_{HO} = 0,081$; Contínua: $\hat{R}_{HO} = 0,165$) foram significativamente diferentes de zero em ambas as populações, indicando alterações na estrutura genética da geração de progênies em relação às gerações de adultos e plântulas.

Essas alterações podem ser causadas por seleção natural, deriva genética e migração. Descarta-se a seleção, considerando-se que essas diferenças foram observadas a partir de um marcador neutro, microssatélite. A causa mais provável é a deriva genética aleatória, que está ocorrendo no processo de reprodução e o provável fluxo de genes para as populações. Seoane *et al.* (2005a), estudando o sistema de reprodução nessas populações, detectaram, comparando a frequência alélica do pólen cruzado com a frequência alélica presente nos óvulos cruzados, desvios de cruzamentos aleatórios e que a proporção de progênies de irmãos-completos era de aproximadamente 10% na População Isolada e 20% na População Contínua. Desvios de cruzamentos aleatórios e cruzamentos biparentais são indicativos de deriva genética no processo de reprodução. Ainda, o fluxo gênico, via pólen, também pode ocasionar diferenças nas frequências alélicas entre a geração parental e suas progênies. Assim, as divergências genéticas observadas entre as gerações adultas e plântulas, em relação às progênies, devem ter surgido, provavelmente, devido à ocorrência de deriva genética no processo de reprodução, combinado com fluxo gênico de fora da população. Outra explicação pode ser que a população reprodutiva é maior do que a população amostrada.

TABELA 2 – Comparação da estimativa da divergência genética entre gerações pelo método de Slatkin (\hat{R}_{HO}), em duas populações de *Euterpe edulis*.

População	Comparação	\hat{R}_{HO}
Isolada	Adultos e Plântulas	0,005 (-0,007 a 0,077)*
	Adultos e Progênies	0,087 (0,043 a 0,166)*
	Plântulas e Progênies	0,081 (0,032 a 0,169)*
	Toda a população	0,053 (0,033 a 0,112)*
Contínua	Adultos e Plântulas	0,014 (-0,001 a 0,139)*
	Adultos e Progênies	0,074 (0,036 a 0,116)*
	Plântulas e Progênies	0,165 (0,102 a 0,280)*
	Toda a população	0,087 (0,062 a 0,161)*

(*) Os valores entre parênteses indicam o intervalo de confiança a 95% de probabilidade, obtido por 10.000 reamostragens *bootstrap*.

3.3 Diversidade Genética Intrapopulacional

A População Contínua, em termos gerais, apresentou maiores níveis de diversidade genética em relação à População Isolada (TABELA 3). O número médio de alelos por loco foi menor na População Contínua ($\hat{A} = 10,7$), em relação à Isolada ($\hat{A} = 11,3$), mas o número efetivo de alelos por locos, que mede a diversidade alélica em termos de diferentes alelos e frequências dos alelos, foi maior na População Contínua ($\hat{A}_e = 4,7$) em relação à Isolada ($\hat{A}_e = 3,9$). As heterozigosidades médias esperadas em equilíbrio de Hardy-Weinberg (\hat{H}_e) e observadas (\hat{H}_o) foram maiores na População Contínua do que na Isolada.

Comparando esses resultados com os relatados por Gaiotto *et al.* (2001) estudando duas populações de *E. edulis* no Distrito Federal, verificam-se valores muito semelhantes. Os autores detectaram, para a média das populações, que o número médio de alelos por locos foi 10,8, que a heterozigosidade esperada foi 0,749 e a observada foi 0,690, valores próximos aos aqui obtidos.

Contudo, na comparação dos resultados deste estudo com os detectados por Conte (2004) para quatro populações de *E. edulis*, no Estado de Santa Catarina, verifica-se que os níveis de diversidade genética aqui são, em geral, inferiores. O autor detectou para as médias das populações de plântulas, progênies e adultos, número médio de alelos por locos variando de 14,1 a 14,5, heterozigosidade esperada variando de 0,781 a 0,785 e heterozigosidade observada variando de 0,678 a 0,709. Nas populações aqui estudadas e nas citadas, os níveis de heterozigosidades são altos, sugerindo que *E. edulis* tem alto potencial evolutivo. Altas heterozigosidades são desejáveis, considerando o grande número de recombinações genotípicas possíveis de ocorrer nas próximas gerações, capacitando as populações a melhor adaptação local e colonização de novos ambientes (Sebbenn *et al.*, 1998a; Seoane *et al.*, 2000a). Os altos níveis de diversidade genética detectados e o conseqüente alto potencial evolutivo da espécie podem ser explicados pela sua ampla distribuição geográfica, que vai do Estado da Bahia ao do Rio Grande do Sul e de sua alta densidade populacional que varia de 50 a 150 indivíduos adultos por hectare.

TABELA 3 – Estimativas de índices de diversidade genética com base em quatro locos microssatélites em indivíduos adultos, plântulas e progênies, em duas populações de *Euterpe edulis* no Estado do Rio de Janeiro.

População	Fase	<i>n</i>	\hat{A}	\hat{A}_e	\hat{H}_e	\hat{H}_o
Isolada	Adultos	34	12,2	5,3	0,813	0,677
	Plântulas	47	12,7	4,6	0,781	0,541
	Progênies	57	9,0	2,7	0,636	0,553
	Média		11,3	3,9	0,743	0,590
Contínua	Adultos	43	10,7	6,1	0,835	0,625
	Plântulas	32	11,0	6,6	0,848	0,636
	Progênies	86	10,5	3,1	0,674	0,566
	Média		10,7	4,7	0,786	0,609

n = tamanho amostral; \hat{A} = número médio de alelos por loco; \hat{A}_e = número médio efetivo de alelos por loco; \hat{H}_e = heterozigosidade média esperada em equilíbrio de Hardy-Weinberg, e \hat{H}_o = heterozigosidade média observada.

3.4 Banco de Plântulas

De acordo com os dados da TABELA 4, alguma perturbação na manutenção do banco de plântulas pode estar ocorrendo na População Isolada que, apesar de ter uma estimativa do número de plântulas por hectare de valor alto (3.210 plântulas por hectare de população), teve uma estimativa da relação entre o número de plântulas e o número de adultos por hectare com valor pequeno (17 plântulas por adulto); para as nove populações estudadas por Seoane *et al.* (2005b), a média da estimativa desta relação foi de 67 plântulas por adulto. Assim, era esperado que o grande número de adultos por hectare de população estivesse gerando mais plântulas do que o encontrado. Deve-se reconhecer a possibilidade de que o ano amostrado, 2000, ter sido um ano atípico em termos de formação de plântulas e que o valor pequeno na relação entre adultos e plântulas pode não ser reflexo de perturbações que levam a problemas de regeneração na população, nos médio e longo prazos. Neste sentido, dois dados interessantes que não foram amostrados seriam comparar, entre as populações estudadas, a porcentagem de adultos com infrutescência do total de adultos e o número de frutos por infrutescência, e se para a População Isolada fosse confirmada uma diminuição desta porcentagem ou deste número, então haveria indícios de que a fragmentação florestal estaria influenciando na polinização ou na formação de inflorescências; no entanto, tal influência não ocorreu nos parâmetros do sistema de reprodução amostrado (Seoane *et al.*, 2005a).

Além do mais, os resultados encontrados em Seoane *et al.*, (2005b) mostram a maioria das populações estudadas (cinco das nove) com valores em torno de três ou quatro mil plântulas por hectare, não tendo sido constatada uma uniformidade de valores, nem tampouco uma diferenciação entre o número de plântulas por hectare relacionado com o grau de isolamento da população, sendo que outras condições ambientais locais, que não o isolamento, poderiam explicar tal variação.

3.5 Imigração de Sementes

A análise da contribuição da imigração de sementes para a formação do banco de plântulas foi realizada de duas maneiras: 1 - considerando a contribuição do conjunto de adultos de todas as subpopulações para a constituição genética das plântulas de cada uma das subpopulações (TABELA 5), e 2 - considerando a contribuição dos adultos de uma determinada subpopulação para a constituição genética das plântulas daquela subpopulação (TABELAS 7 e 8). Os resultados encontram-se resumidos na TABELA 9. A metodologia utilizada provavelmente subestimou o número de plântulas originadas de sementes imigrantes, pois existe a possibilidade de sementes imigrantes coincidentemente caírem perto de outras sementes e/ou plântulas.

Conforme os resultados da TABELA 5, das 47 plântulas isoladas avaliadas na População Isolada, 20 plântulas, ou seja 43%, tiveram um parental, provavelmente a mãe, determinado dentro do conjunto de subpopulações amostradas, enquanto na População Contínua apenas uma plântula, equivalente a 3%, das 32 avaliadas, teve um dos parentais determinado dentro do conjunto de subpopulações amostradas.

Os resultados da TABELA 5 refletem a densidade e a distribuição de indivíduos adultos nas duas localidades estudadas, levantadas por Seoane *et al.* (2005b) pela metodologia de transectos. As densidades de indivíduos adultos no local das duas populações são semelhantes, cerca de 190 indivíduos por hectare, mas as quantidades e distribuições de indivíduos em toda a área do fragmento florestal e em toda a área da floresta contínua são muito diferentes, com uma média de um indivíduo por hectare no fragmento florestal e de 46 indivíduos por hectare na floresta contínua. Essas densidades e distribuições de indivíduos seriam explicadas pelas diferentes condições climáticas encontradas nas regiões onde as duas populações se encontram, e por influências de fatores antrópicos, como a fragmentação florestal e o extrativismo do palmito.

TABELA 4 – Estimativas das densidades de plântulas de *Euterpe edulis* em duas populações naturais do Estado do Rio de Janeiro.

População	Densidade de plântulas/ha	Densidade de plântulas isoladas/ha	Relação plântulas/adultos
Isolada	3.210	716 (22%) ¹	17
Contínua	10.710	2.072 (19%) ¹	137

(1) Porcentagem de plântulas isoladas no banco de plântulas.

TABELA 5 – Análise de paternidade de plântulas de duas populações de *E. edulis*, considerando o pool gênico do conjunto de adultos das subpopulações amostradas.

População Isolada						População Contínua					
Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.	Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.
1	0,062	2	0,717	0,430	-	1	0,143	36	1,11	0,00	-
2	0,006	11	1,527	0,617	+	2	0,116	40	1,47	0,13	-
3	0,027	17	1,557	0,463	+	3	0,019	71	2,27	0,72	-
4	0,000	15	1,059	0,145	-	4	0,081	49	1,00	0,01	-
5	0,000	25	1,460	0,141	-	5	0,006	66	0,72	0,02	-
6	0,001	18	1,001	0,283	-	6	0,036	49	1,10	0,59	-
7	0,014	16	0,911	0,059	-	7	0,008	57	1,31	0,34	-
8	0,054	22	2,406	0,205	-	8	0,038	56	1,66	0,25	-
9	0,002	15	1,167	0,087	-	9	0,010	48	1,14	0,39	-
10	0,013	22	2,180	0,479	+	10	0,004	71	1,41	0,30	-
11	0,003	7	1,375	0,027	-	11	0,031	58	1,88	0,23	-
12	0,009	7	1,441	0,222	-	12	0,052	37	1,62	0,66	-
13	0,008	24	1,851	0,419	-	13	0,049	68	1,06	0,19	-
14	0,002	30	0,900	0,089	-	14	0,059	58	2,58	1,05	+
15	0,023	20	3,121	1,194	-	15	0,181	71	1,79	0,67	-
16	0,023	21	2,063	0,284	-	16	0,000	39	1,09	0,26	-
17	0,013	21	2,486	0,363	-	17	0,016	72	1,37	0,56	-
18	0,029	21	2,379	1,033	+	18	0,067	71	1,01	0,38	-
19	0,002	29	1,637	0,001	-	19	0,147	56	1,80	0,05	-
20	0,017	17	1,789	0,759	+	20	0,005	36	1,16	0,05	-
21	0,002	29	3,544	1,881	*	21	0,030	56	1,37	0,13	-
22	0,001	23	2,587	1,132	+	22	0,006	66	1,85	0,22	-
23	0,001	27	1,737	0,942	+	23	0,002	53	1,67	0,09	-
24	0,001	27	1,768	0,559	+	24	0,058	71	1,80	0,70	-
25	0,017	17	2,606	0,911	+	25	0,068	40	1,47	0,38	-
26	0,004	14	2,027	0,528	+	26	0,093	72	2,02	0,47	-
27	0,134	5	1,843	0,075	-	27	0,062	75	2,08	0,49	-
28	0,008	22	0,714	0,064	-	28	0,011	36	0,88	0,14	-
29	0,002	29	3,078	0,138	-	29	0,035	71	1,20	0,36	-
30	0,011	33	1,735	0,208	-	30	0,010	63	0,79	0,28	-
31	0,000	17	0,965	0,569	+	31	0,010	72	1,69	0,24	-
32	0,016	7	0,778	0,068	-	32	0,037	63	1,55	0,59	-
33	0,009	16	1,907	0,293	-						
34	0,028	32	2,748	1,486	+						
35	0,003	7	1,520	0,372	-						
36	0,018	26	1,611	0,031	-						
37	0,037	6	1,165	0,020	-						
38	0,046	30	1,681	0,067	-						
39	0,030	33	1,053	0,269	-						
40	0,001	32	3,077	0,698	+						
41	0,013	11	3,339	1,632	*						
42	0,026	16	1,958	1,094	+						
43	0,003	34	1,487	0,957	+						
44	0,019	24	1,057	0,528	+						
45	0,004	2	0,777	0,077	-						
46	0,000	34	1,125	0,356	-						
47	0,025	32	1,812	1,060	+						

Resultados:

População Isolada
Número de plântulas = 47
Número de paternidades determinadas = 20
Indivíduo parental dentro da área total amostrada = 0,43
Indivíduo parental fora da área total amostrada = 0,57

População Contínua
Número de plântulas = 32
Número de paternidades determinadas = 1
Indivíduo parental dentro da área total amostrada = 0,03
Indivíduo parental fora da área total amostrada = 0,97

Em que: * = paternidade determinada em $P < 0,05$, delta = 1,93; + = paternidade determinada em $P < 0,02$, delta = 0,95; - = sem paternidade determinada.

Utilizando os dados da estimativa de número de adultos por hectare e as estimativas de área de fragmento florestal ou de floresta contínua (Seoane *et al.*, 2005b), pode-se estimar o número de adultos nestas áreas (TABELA 6). Disto resulta que há mais de um milhão de adultos reprodutivos nesta floresta contínua, sem barreiras antrópicas para ocorrer a polinização e a dispersão de sementes entre seus indivíduos, enquanto no fragmento florestal haveria apenas 240 indivíduos adultos reprodutivos participando dos eventos reprodutivos e de dispersão sem serem atrapalhados por aquelas barreiras. Portanto, era esperado que a proporção da contribuição de genes advindos de adultos de fora das subpopulações amostradas, na floresta contínua, fosse proporcionalmente muito maior, e assim o foi, como mostra o resultado de que apenas 3% das plântulas amostradas têm um dos progenitores dentro das subpopulações amostradas, comparado com 43% no fragmento florestal (TABELA 9).

Já os resultados das TABELAS 7 e 8, resumidos na TABELA 9, consideram a contribuição dos adultos de uma determinada subpopulação para a constituição genética das plântulas daquela subpopulação, ou seja, apresentam a proporção das plântulas que, no estágio de semente, imigraram para a subpopulação, onde posteriormente germinaram e se desenvolveram até o estágio de plântula. Na População Isolada, 89% das plântulas isoladas vieram, quando no estágio de semente, de fora da subpopulação e ali se estabeleceram com sucesso. Uma vez que 89% das plântulas isoladas sofreram imigração e estas equivalem a 22% de todas as plântulas do banco (TABELA 4), 20% de todas as plântulas do banco de plântulas da População Isolada, quando ainda no estágio de semente, imigraram para dentro da subpopulação.

Já na População Contínua, 100% das plântulas isoladas vieram, quando no estágio de semente, de fora da subpopulação e ali se estabeleceram com sucesso. Considerando-se que todas as plântulas isoladas sofreram imigração e estas equivalem a 19% de todas as plântulas do banco, também 19% de todas as plântulas do banco de plântulas da População Contínua, quando ainda no estágio de semente, imigraram para dentro da subpopulação.

Assim é que, apesar de uma diferença de mais de 10% entre a imigração de sementes para as plântulas genotipadas entre a População Isolada e a População Contínua, pelo fato de haver uma pequena diferença entre a proporção de plântulas isoladas no banco de plântulas entre estas duas populações, temos uma proporção semelhante do total do banco de plântulas que sofreu imigração, de cerca de 20%.

Considerando os animais como os principais vetores para a imigração de sementes de *E. edulis* para as subpopulações amostradas, através da associação entre frugivoria e zoocoria, pode-se afirmar que a primeira foi proporcional à oferta de frutos da população, não importando os valores absolutos de oferta de frutos. Apesar da amostragem ter sido somente em duas populações, sendo assim recomendável aumentá-la em futuros estudos, poder-se-ia associar essa proporcionalidade encontrada a uma possível consequência da coevolução entre *Euterpe edulis* e seus dispersores frugívoros, que levasse a uma estratégia de “fuga da predação”, fazendo com que a proporção ótima de sementes dispersas distantes da planta matriz, em termos evolutivos, fosse de um determinado valor que acarretasse em um banco de plântulas da espécie, composto por cerca de 20% de sementes produzidas por indivíduos adultos de outros locais.

TABELA 6 – Estimativas do número de indivíduos adultos de *E. edulis* por hectare na população, número de indivíduos adultos por hectare da floresta como um todo e número de indivíduos adultos da floresta como um todo.

População	Nº de adultos por hectare na população	Nº de adultos por hectare de fragmento florestal/Floresta contínua*	Nº de adultos no fragmento florestal/Floresta contínua*
Isolada	192	1	240
Contínua	189	46	1.315.360

(*) O cálculo utilizado considera a área núcleo da floresta, conforme Seoane *et al.* (2005b).

TABELA 7 – Análise de paternidade de plântulas da População Isolada de *Euterpe edulis*, separando o pool gênico de cada subpopulação amostrada.

Subpopulação 1						Subpopulação 3					
Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.	Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.
1	0,094	2	-1,28	0,00	-	27	0,070	23	1,92	1,50	+
2	0,080	11	8,99	8,99	-	28	0,187	28	1,16	2,97	-
3	0,010	8	9,99	9,99	-	29	0,001	24	1,45	9,44	-
4	0,029	3	1,07	1,07	-	30	0,001	24	1,70	1,23	+
5	0,000	12	9,91	9,91	-	31	0,018	25	1,64	1,35	+
6	0,253	12	9,05	9,05	-	32	0,007	27	1,18	8,26	-
7	0,048	6	1,49	9,00	-	33	0,133	24	1,03	7,19	-
8	0,000	12	1,36	1,06	-	34	0,323	24	-2,72	0,00	-
9	0,002	12	5,93	5,93	-	35	0,007	22	1,71	1,71	-
10	0,024	8	-1,19	0,00	-	36	0,002	26	3,10	1,43	-
11	0,056	6	6,47	3,02	-	37	0,017	25	2,62	2,62	-
12	0,003	12	1,35	1,25	+	38	0,000	23	2,41	2,41	-
13	0,025	12	1,76	3,62	-	39	0,031	26	1,33	4,71	-
14	0,005	6	1,62	2,09	-	40	0,011	22	9,91	3,70	-
15	0,008	4	1,58	5,69	-	41	0,049	26	3,83	1,73	-
16	0,012	8	1,79	7,57	-	42	0,006	24	-2,46	0,00	-
						43	0,020	25	1,66	8,01	-
						44	0,045	22	1,13	1,11	-
						45	0,056	27	1,52	4,48	-
						46	0,028	25	3,31	9,41	-
Subpopulação 2						Subpopulação 4					
Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.		Probab.	Parental	LOD	Delta	C.
17	0,001	14	6,15	4,75	-	47	0,001	29	3,14	7,80	-
18	0,038	17	3,19	1,42	+	48	0,011	30	1,83	1,83	+
19	0,018	16	1,74	1,14	-	49	0,023	30	3,83	3,83	-
20	0,044	17	1,63	1,24	-	50	0,003	29	-1,69	0,00	-
21	0,018	18	2,21	3,75	-	51	0,023	29	-9,24	0,00	-
22	0,026	18	2,28	1,07	-	52	0,004	30	8,16	8,16	-
23	0,003	14	1,53	1,53	-	53	0,001	29	-4,54	0,00	-
24	0,021	14	1,28	6,60	-						
25	0,001	15	-2,12	0,00	-						
26	0,001	20	2,56	1,05	-						
Subpopulação 5											
Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.						
54	0,035	31	1,16	1,16	-						
55	0,005	31	-5,21	0,00	-						
56	0,219	31	9,53	9,53	-						

Resultados

Número de plântulas = 56

Número de paternidades determinadas = 6

Proporção de plântulas originadas de sementes imigrantes à parcela = 0,89

Proporção de plântulas originadas de sementes oriundas de adultos de dentro da parcela = 0,11

Em que: + = paternidade determinada em $P < 0,02$, delta = 0,95; - = sem paternidade determinada.

SEOANE, C. E. S. *et al.* Efeitos da fragmentação florestal sobre a imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de *Euterpe edulis* Mart.

TABELA 8 – Análise de paternidade de plântulas da População Contínua de *Euterpe edulis*, separando o pool gênico de cada subpopulação amostrada.

Subpopulação 1						Subpopulação 5					
Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.	Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.
1	0,170	2	1,02	2,34	-	24	0,151	30	6,09	7,91	-
2	0,200	6	8,50	2,48	-	25	0,005	37	1,38	9,65	-
3	0,123	6	1,10	1,84	-	26	0,061	34	7,94	7,94	-
4	0,020	8	1,70	9,38	-	27	0,003	35	1,52	1,09	-
5	0,103	7	3,79	3,79	-	28	0,030	35	7,99	2,00	-
6	0,202	8	8,82	8,82	-	29	0,329	35	4,60	1,27	-
						30	0,255	34	6,01	1,41	-
						31	0,072	34	6,01	9,99	-
						32	0,112	33	1,84	9,04	-
						33	0,065	36	2,07	5,91	-
						34	0,011	34	5,68	4,22	-
						35	0,034	32	1,18	3,60	-
						36	0,013	28	5,19	2,92	-
						37	0,245	34	1,03	5,84	-
						38	0,011	33	1,81	1,07	-
						39	0,034	37	8,13	5,86	-

Subpopulação 2					
Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.
7	0,006	9	5,48	5,48	-
8	0,034	9	2,75	2,75	-
9	0,325	9	1,66	1,66	-

Subpopulação 4					
Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.
16	0,164	24	2,61	1,82	-
17	0,000	23	-8,66	0,00	-
18	0,017	25	4,42	4,42	-
19	0,056	24	6,08	1,57	-
20	0,359	23	6,70	2,56	-
21	0,125	24	1,82	3,08	-
22	0,006	23	1,02	7,38	-
23	0,025	24	1,30	8,74	-

Subpopulação 3					
Plântulas	Probab.	Parental	LOD	Delta	C.
10	0,033	16	7,67	1,25	-
11	0,009	15	1,05	3,19	-
12	0,053	17	4,59	2,87	-
13	0,048	17	8,26	1,71	-
14	0,061	19	-1,73	0,00	-
15	0,181	11	4,77	4,77	-

Resultados

Número de plântulas = 39

Número de paternidades determinadas = 0

Proporção de plântulas originadas de sementes imigrantes à parcela = 1,00

Proporção de plântulas originadas de sementes oriundas de adultos de dentro da parcela = 0,00

Em que: + = paternidade determinada em $P < 0,02$, delta = 0,95; - = sem paternidade determinada.

TABELA 9 – Resultados da análise da imigração de sementes em duas populações de *Euterpe edulis*.

Parâmetro	População Isolada	População Contínua
Plântulas isoladas com parentais de fora do conjunto das subpopulações amostradas	57%	97%
Plântulas isoladas originadas de sementes imigrantes à sua subpopulação	89%	100%
Proporção do banco de plântulas que sofreu imigração	20%	19%

Segundo a hipótese de Janzen-Connell, a maioria das sementes produzidas caem perto da planta matriz, onde a probabilidade de mortalidade causada por predação e ataque de fungos é mais alta, diminuindo com o aumento da distância da planta matriz, devendo aparecer um pico de recrutamento a alguma distância dela, determinado, por um lado, pela menor chance de mortalidade pela distância da planta matriz, e por outro, pelo número de sementes que chegam nos locais, o que vai diminuindo com o aumento desta distância (Janzen, 1970; Connell, 1971, 1979). Assim, uma frugivoria e a conseqüente dispersão de uma quantidade de frutos para longe da planta matriz que acarretasse em cerca de 20% do total das plântulas sendo imigrantes, poderia representar uma estratégia adaptativa ótima para *E. edulis*, pois a densidade alta de indivíduos perto da planta matriz se traduziria em uma mortalidade muito alta tanto das sementes quanto das plântulas originadas destas. Portanto, uma intensa dispersão de sementes para longe da planta matriz evitaria a predação destes indivíduos “fora do padrão” (*outliers*) e ao mesmo tempo produziria uma quantidade suficiente destes. Pelo lado do frugívoro, o próprio sucesso da manutenção ótima das populações de *E. edulis* seria a vantagem evolutiva.

Mas vale atentar que, em números absolutos, cerca de duas mil sementes por hectare da População Contínua imigraram para o banco de plântulas local, comparadas com cerca de 600 sementes por hectare da População Isolada, ou seja, os processos de zoocoria e de frugivoria associada foram três vezes mais atuantes na População Contínua do que na População Isolada, o que, provavelmente, influirá na dinâmica do fluxo gênico da espécie *E. edulis* a longo prazo e na sobrevivência das espécies frugívoras associadas.

4 CONCLUSÕES

- Os níveis de diversidade genética detectados nas populações de *E. edulis* são semelhantes aos detectados em outras regiões de ocorrência da espécie, embora os níveis de endogamia detectados tenham sido bem superiores.
- Existem diferenças genéticas nas frequências alélicas entre as gerações de plantas adultas e suas sementes, em relação à geração de plântulas, provavelmente devido à atuação de alguma forma evolutiva, como a deriva genética.
- Índices de fixação semelhantes para a classe de adultos, de ambas as populações, sugerem que a degradação ambiental do fragmento florestal onde está a População Isolada ainda não era intensa o bastante a ponto de influenciar no processo reprodutivo da espécie, quando dos eventos reprodutivos que formaram os indivíduos adultos.
- Um índice de fixação menor para as plântulas da População Contínua, em comparação ao das plântulas da População Isolada, indica que o fluxo gênico via dispersão de sementes por zoocoria está muito prejudicado para a População Isolada, acarretando em uma atuação da deriva genética aleatória maior para as plântulas, com o isolamento populacional.
- A divergência genética assumiu um valor consideravelmente maior na População Contínua do que na População Isolada, o que pode ser explicado por uma contribuição maior de sementes imigrantes originadas de indivíduos na própria população que não foram amostrados, de outras populações da própria floresta contínua e de populações em fragmentos florestais vizinhos. Concordantemente, na análise da imigração de sementes, a contribuição de genes advindos de adultos de fora das subpopulações amostradas, na População Contínua, foi proporcionalmente muito maior do que na População Isolada.
- O pequeno valor encontrado para a estimativa da relação entre o número de plântulas e o número de adultos por hectare da População Isolada sugere a atuação de alguma perturbação na manutenção do banco de plântulas, talvez devida ao isolamento populacional. No entanto, deve-se reconhecer a possibilidade de que o ano amostrado ter sido um ano atípico em termos de formação de plântulas.
- A frugivoria sobre *E. edulis* foi proporcional à oferta de frutos da população, não importando os valores absolutos. No entanto, em números absolutos, os processos de zoocoria e da frugivoria associada foram três vezes mais atuantes na População Contínua do que na População Isolada, o que sugere que, em populações isoladas, a longo prazo, há efeitos negativos na dinâmica do fluxo gênico da espécie e na sobrevivência local das espécies frugívoras associadas.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Srs. Glin e Marçal, pela autorização de entrada em suas propriedades; à Equipe do LARGEA/USP, em especial às Sras. Andréa Beltrão e Elza Martins; aos Srs. Rick Kesseli e Cameron Moller, pelo auxílio em laboratório, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381 p.
- BARRETT, S. C. H.; KOHN, J. R. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation. In: FALK, D. A.; HOLSINGER, K. E. (Ed.). **Genetics and conservation of rare plants**. New York: Oxford University Press, 1991. p. 3-30.
- BARTON, N. H. ; WHITLOCK, M. C. The evolution of metapopulations. In: HANSKI, I; GILPIN, M. E. **Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution**. San Diego: Academic Press, 2000. p. 183 - 210.
- BAWA, K. S. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. **Evolution**, San Francisco, v. 28, p. 85-92, 1973.
- CHARLESWORTH, D.; CHARLESWORTH, B. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Davis, v. 18, p. 237-268, 1987.
- CHASE, M.; KESSELI, R.; BAWA, K. S. Microsatellite markers for population and conservation genetics of tropical trees. **American Journal of Botany**, Oklahoma, v. 8, p. 351-57, 1996a.
- CHASE, M. *et al.* Distant gene flow in tropical trees. **Nature**, London, v. 383, p. 398-399, 1996b.
- CONNELL, J. H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and rain forests trees. In: DEN BOER, P. J.; GRADWELL, G. R. (Ed.). **Dynamic populations**. Wageningen: Center for Agricultural Publishing and Documentation, 1971. p. 298-312.
- CONNELL, J. H. Tropical rain forests and coral reefs as open non equilibrium systems. In: ANDERSON, L. R.; TURNER, B. D.; TAYLOR, L. R. (Ed.). **Population dynamics - Symposium of British Ecol. Soc.** Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1979. p. 141-163.
- CONTE, R. **Estrutura genética de populações de *Euterpe edulis* Mart. submetidas à ação antrópica utilizando marcadores alozímicos e microssatélites**. 2004. 124 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- DENSLOW, J. S.; HARTSHORN, G. S. Tree fall gap environments and forest dynamics processes. In: McDADE, L. A. *et al.* (Ed.). **La selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago: University of Chicago Press, 1994. p. 120-127.
- ELLSTRAND, N. C. Gene flow of pollen: implication for plant conservation genetics. **Oikos**, Lund, v. 63, p. 77-86, 1990.
- ELDRIDGE, K. *et al.* **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1993. 288 p.
- FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Brasília, D.F.: Embrapa-Cenargen, 1996. 220 p.
- GAIOTTO, F. A.; GRATTAPAGLIA, D.; VENCOSKY, R. Genetic structure, mating system, and long-distance gene flow in Heart of Palm (*Euterpe edulis* Mar.). **Journal of Heredity**, Cary, v. 94, n. 5, p. 399-406, 2001.
- GALETTI, M; ALEIXO, A. Effects of palmheart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brazil. **Journal of Applied Ecology**, London v. 35, p. 286-293, 1998.
- GOODMAN, S. J. RST CALC: a collection of computer programs for calculating unbiased estimates of genetic differentiation and determining their significance for microsatellite data. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 6, p. 881-885, 1997.
- HALL, P.; WALKER, S.; BAWA, K. S. Effect of forest fragmentation on genetic diversity and mating system in tropical tree, *Pithecelobium elegans*. **Conservation Biology**, San Francisco, v. 10, n. 3, p. 757-768, 1996.

HAMRICK, J. L.; LOVELESS, M. D. The influence of seed dispersal mechanism on the genetic structure of plant populations. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T. H. (Ed.). **Frugivores and seed dispersal**. Dordrecht: Dr. Junk Publications, 1986. p. 211-223.

HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. In: REIS, M. S.; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius – (palmitreiro):** biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p. 1-22.

HOWE, H. F. The implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. **Biological Conservation**, San Francisco, v. 30, n. 3, p.261-282, 1986.

_____.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, Davis, v. 13, p. 201-228, 1982.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF (Rio de Janeiro). **Mapa da Reserva da Biosfera do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 1994. Escala 1:4550.000.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **American Naturalist**, Chicago, v. 104, p. 501-528, 1970.

LIMA H.; MORIM, M. P.; GUDES-BRUNI, R. R. Estudos florísticos em Unidades de Conservação: a experiência do Jardim Botânico do Rio de Janeiro na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Nova Friburgo, Rio de Janeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50., 1999, Florianópolis. **Anais...** Blumenau: Sociedade Botânica do Brasil, 1999. p. 306-307.

LEVEY, D. J.; MOERMOND, T. C.; DENSLOW, J. S. Frugivory: an overview. In: McDADE, L. A. *et al.* (Ed.). **La selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago: University of Chicago Press, 1994. p. 282-294.

LEWIS, P. O.; ZAYKIN, D. **GDA – Genetic Data Analysis:** version 1.1 for windows 95/NT. Disponível em: <<http://www.lewis.eeb.ucom.edu/lewishome/>> Acesso em: 18 abr. 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v. 1, 385 p.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, P. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmitreiro. In: REIS, M. S.; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius – (palmitreiro):** biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p. 23-38.

MARSHAL, T. C. *et al.* Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 7, p. 639-655, 1998.

NASON J. D., HERRE, E. A.; HAMRICK, J. L. Paternity analysis of the breeding structure of strangler fig populations: evidence for substantial long-distance wasp dispersal. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 23, p. 501-512, 1996.

_____. The breeding structure of a tropical keystone plant resource. **Nature**, London, v. 391, p. 685-687, 1998.

PACHECO, L. F.; SIMONETTI, J. A. Genetic structure of a mimosoid tree deprived of its seed disperser, the spider monkey. **Conservation Biology**, San Francisco, v. 1, p. 1766-1775, 2000.

QUEIROZ, M. H. Biologia do fruto, da semente e da germinação do Palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius). In: REIS, M. S.; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius – (palmitreiro):** biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p. 39-59.

REIS, A. **Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius (Palmae) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana da encosta Atlântica em Blumenau - SC.** 1995. 154 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

_____.; KAGEYAMA, P. Y. Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius. In: REIS, M. S.; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius – (palmitreiro):** biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p. 202-224.

REIS, M. S. *et al.* Manejo sustentável e produtividade do palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius Arecaceae). In: REIS, M. S.; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius – (palmitreiro):** biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000a. p. 202-224.

SEOANE, C. E. S. *et al.* Efeitos da fragmentação florestal sobre a imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de *Euterpe edulis* Mart.

REIS, M. S. *et al.* Distribuição geográfica e situação atual das populações na área de ocorrência de *Euterpe edulis* Martius. In: REIS, M. S.; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius – (palmitreiro):** biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000b. p. 324-335.

REIS, M. S. *et al.* Variação genética em populações naturais de *Euterpe edulis* Martius na floresta ombrófila densa. In: REIS, M. S.; REIS, A. (Ed.). ***Euterpe edulis* Martius (palmitreiro):** biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000c. p. 131-149.

SEBBENN, A. M. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 115-132, 2002.

_____. *et al.* Estrutura genética em populações de *Tabebuia cassinoides*: implicações para o manejo florestal e a conservação genética. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 99-113, 2001.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Estrutura genética de subpopulações de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em mata ciliar a partir de isoenzimas. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 95-108, 1998a.

_____. Variabilidade genética, sistema reprodutivo e estrutura genética espacial em *Genipa americana* L. através de marcadores isoenzimáticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 53, p. 15-30, 1998b.

SEOANE, C. E. S. **Efeitos da fragmentação florestal em populações de guarantã - *Esenbeckia leiocarpa* Engl., um exemplo de espécie arbórea tropical climática de distribuição agregada.** 1998. 221 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

_____.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Efeitos da fragmentação florestal em populações de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 123-139, 2000a.

_____. Sistema de cruzamento em *Esenbeckia leiocarpa* Engl. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 19-26, 2000b.

_____. Sistema de reprodução em duas populações naturais de *Euterpe edulis* Martius sob diferentes condições de fragmentação florestal. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, 2005a. (submetido).

SEOANE, C. E. S.; RIBEIRO, A.; SEBBENN, A. M. Ocorrência e conservação de *Euterpe edulis* Martius na região central do Estado do Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, 2005b. (submetido).

SLATKIN, M. Gene flow in natural population. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Davis, v. 16, p. 393-430, 1985.

TEMPLETON, A. R. *et al.* The genetics consequences of habitat fragmentation. **Ann. Rev. Missouri Bot. Gard.**, St. Louis, v. 77, p. 13-27, 1990.

TERBORGH, J. Keystone plant resources in tropical forests. In: SOULÉ, M. E. (Ed.). **Conservation biology: the science of scarcity and diversity.** Sunderland: Sinauer, 1986. p. 330-44.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants.** Berlin: Springer-Verlag, 1972. 153 p.

WEIR, B. S. **Genetic data analysis.** II. Methods for discrete population genetic data. Sunderland: Sinauer, 1996. 445 p.

YOUNG, A. G.; BOYLE, T. J. Forest fragmentation. In: YOUNG, A. G., BOSCHER, D.; BOYLE, T. J. **Forest conservation genetics: principles and practice.** Melbourne: CSIRO Publishing, 2000. p. 123-134.

YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, T. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Tree**, Victoria, v. 11, n. 10, p. 413-418, 1996.

RELAÇÃO SOLOS/VEGETAÇÃO EM ÁREA NATURAL NO PARQUE ESTADUAL DE PORTO FERREIRA, SÃO PAULO¹

Marcio ROSSI²
Isabel Fernandes de Aguiar MATTOS³
Ricardo Marques COELHO⁴
João Roberto Ferreira MENK⁵
Finê Thomaz ROCHA⁶
Rui Marconi PFEIFER⁷
Isabella Clerice DeMARIA⁸

RESUMO

O conhecimento das inter-relações solo-vegetação natural é essencial ao manejo de áreas de preservação. Para subsidiar o plano de manejo, estudou-se a relação entre atributos de solos e diferentes formações vegetais do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP). No local, em clima mesotérmico de inverno seco, desenvolvem-se, predominantemente, Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado, sobre Latossolos e Argissolos. Em duas toposseqüências cortando diferentes padrões de solo e vegetação, coletaram-se e analisaram-se atributos físicos, físico-hídricos, químicos e mineralógicos dos solos. Caracterizaram-se a vegetação desses locais por fotografias aéreas e em campo, avaliando-se a distribuição das espécies frente aos tipos de solos encontrados. O tipo de vegetação mostrou associação com teor e tipo de argila, retenção de água e disponibilidade de nutrientes. Latossolos de textura média e alta saturação por alumínio estão associados à vegetação de cerrado. Maiores teores de matéria orgânica e nutrientes em superfície, e de argila, argilominerais e umidade retida em baixos potenciais hídricos no perfil ocorrem associados à floresta e sua composição florística. A ocorrência apenas de floresta em solos com maior retenção de umidade a -1500 kPa sugere que, em plantas nativas perenes, a água retida a baixos potenciais seja importante na diferenciação dos tipos de vegetação.

Palavras-chave: transição cerrado-floresta; fertilidade do solo; disponibilidade hídrica do solo; estrutura da vegetação; composição da vegetação nativa.

ABSTRACT

Understanding soil-native vegetation interactions provides better support for managing conservation units. As an input for the management plan of Porto Ferreira State Park, SP, Brazil, relationships between soil attributes and native vegetation were studied. Regional climate is tropical humid with mild dry winter. Locally, the most occurring Oxisols and Ultisols are covered by Semi-deciduous Seasonal Forest and Cerrado types of vegetation. Soils were described and collected in two topossequences, cutting different soil and vegetation patterns. Soil physical, chemical and mineralogical attributes were analyzed. Vegetation was characterized by aerial photographs and by field work for evaluation of plant species related to soils type. Vegetation type was associated to amounts and mineralogy of clay, water retention and nutrient availability. Loamy, high aluminum status oxisols occurred associated to cerrado vegetation; whereas greater contents of organic matter and nutrients on soil surface horizons and of clay, clay minerals, and moisture retention at lower matric potentials were associated to forest vegetation and its species composition. Greater moisture retained at -1500 kPa only in soils under forest suggests that water retained at this potential has important role in the type of native vegetation establishing at the site.

Key words: forest-cerrado transition; soil fertility; soil water availability; vegetation structure; native vegetation composition.

- (1) Trabalho apresentado no 29º Congresso Brasileiro de Ciência de Solo, realizado em Ribeirão Preto, SP, no período de 13 a 18 de julho de 2003, ampliado e revisado. Trabalho derivado do Convênio IF-SMA/FNMA-MMA. Aceito para publicação em junho de 2005.
(2) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-070, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: rossi@iflorestal.sp.gov.br
(3) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-070, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: imattos@iflorestal.sp.gov.br
(4) Instituto Agronômico, Caixa Postal, 28, 13001-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: rmcoelho@iac.sp.gov.br
(5) Instituto Agronômico, Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: menk@iac.sp.gov.br
(6) Faculdade Oswaldo Cruz, R. Brigadeiro Galvão, 940, 01151-000, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: fine.rocha@oswaldocruz.br
(7) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-070, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: rpfiefer@iflorestal.sp.gov.br
(8) Instituto Agronômico, Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: icdmaria@iac.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento do relacionamento entre solo e vegetação é essencial ao manejo de áreas de preservação. Dentre os fatores que interferem na formação e no entendimento da paisagem, o solo desempenha papel fundamental, fornecendo suporte mecânico e nutrientes para o estabelecimento e desenvolvimento das plantas, além de refinar o modelado do relevo. O estabelecimento de relações diretas ou indiretas entre solo e vegetação é pouco estudado, principalmente, em áreas pouco alteradas. Existem trabalhos que relacionam as questões da fertilidade ou da toxidez de elementos do solo com a cobertura vegetal (Lima *et al.*, 2003; Martins *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 1997). Menor atenção tem sido dada a atributos como: constituição mineralógica, disponibilidade hídrica e textura do solo. Segundo Martins *et al.* (2003) a textura apresenta correlação significativa com a distribuição de espécies arbóreas em uma Floresta Estacional Semidecidual, embora a textura e a fertilidade do solo estejam também relacionadas.

As teorias que relacionam a ocorrência de vegetação de cerrado a uma baixa disponibilidade de nutrientes no solo se dividem em duas vertentes principais: a do escleromorfismo oligotrófico, que associa a morfologia peculiar (diferenciações fisionômicas) das plantas de cerrado a um inadequado suprimento de nutrientes essenciais (Arens, 1963) e a conhecida como escleromorfismo aluminotóxico, onde altos níveis de Al trocável no solo definem o predomínio dessa vegetação (Goodland, 1971). Em última análise, essas duas teorias são convergentes, indicando que tanto a saturação do complexo de troca por Al^{3+} , como a presença de macro e microelementos essenciais são determinantes dessas características morfológicas peculiares e da adaptabilidade das espécies de cerrado (Lopes & Cox, 1977). Isso porque o Al trocável não só possui uma toxicidade intrínseca às plantas, como também, a saturação dos sítios de troca catiônica com esse elemento influencia na reação do solo que, por sua vez, influi na disponibilidade dos elementos no solo. Outros autores corroboram essas teorias: fertilidade e teor de alumínio do solo (Goodland, 1979; Silva Júnior, 1984) e, fatores químicos e físicos do solo (Batista & Couto, 1990). Para o Parque Estadual de Porto Ferreira, essas diferenças parecem estar relacionadas a fatores físico-químicos do solo e a alterações antrópicas ocorridas no passado (Bertoni *et al.*, 2001).

Franco (2002) compara parâmetros físicos e químicos do solo em três profundidades sob Floresta Estacional Semidecidual e atribui à saturação por bases (V%), quando > 50%, à menor densidade arbórea, porém, com maior área basal. Para matas ciliares, Jacomine (2000) detecta a necessidade de informações de correlações específicas entre os solos e seus atributos e as diferentes variações das formações florestais.

Não menos importante é a teoria que atribui a ocorrência da vegetação de cerrado à queima continuada da vegetação e à uma menor disponibilidade hídrica para as plantas. O que essa teoria não explica é como a vegetação de áreas naturais, submetida de maneira similar ao fogo, pode regenerar diferentemente, ao longo do tempo, uma em cerrado e outra em floresta. Também permanece a dúvida de porque formações vegetais de cerrado, sendo conseqüência de estações secas prolongadas, ocorrem lado a lado com formações florestais, ambas sob climas atmosféricos semelhantes. Esta última questão conduz à hipótese de que, em clima atmosférico semelhante, a diferenciação entre as formações vegetais é conseqüência do pedoclima, mais especificamente de uma disponibilidade hídrica do solo diferenciada.

Para Alvin & Araújo (1953) a distribuição do cerrado, dentro do seu próprio limite fitogeográfico, é regulada mais pelo solo do que por qualquer outro fator ecológico.

Nesse sentido, Motta *et al.* (2003) constataram que a ocorrência de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius) em Minas Gerais acompanha solos com maior fertilidade natural, entretanto, apontaram uma possível dependência da espécie por ambiente onde o déficit hídrico no solo se apresentava minimizado.

O presente trabalho é decorrente dos levantamentos e mapeamentos de solos e de vegetação, executados para o Plano de Manejo do Parque Estadual de Porto Ferreira e objetiva obter informações adicionais sobre o recurso solo, incluindo atributos físicos, químicos, morfológicos e mineralógicos das principais classes de solos verificadas por Rossi *et al.* (2002) e relacioná-las à ocorrência das diferentes formações vegetais observadas por Mattos & Rocha (2002).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Estadual de Porto Ferreira localiza-se no município de Porto Ferreira junto à Rodovia SP 215 no Km 90, centro-norte do Estado de São Paulo (FIGURA 1), entre as coordenadas UTM 7.579.500 a 7.583.500 e 245.000 a 251.000 (21°49'S e 47°25'W), correspondendo a uma superfície de aproximadamente 611,55 ha. De acordo com Veloso & Góes-Filho (1982), a vegetação predominante na região é a Floresta Estacional Semidecidual. No Parque é composta por cerrado nas áreas de topografia mais elevada, apresentando áreas mais abertas onde predominam gramíneas,

com arbustos e arvoretas de 3 a 4 m de altura; áreas mais densas com árvores de 6 a 8 m; e, áreas onde o porte arbóreo atinge 15 m (ou mais) de altura. Em direção ao rio Mogi Guaçu há uma mudança brusca de cerrado para floresta. Ao longo do rio, numa extensão de 5 km, apresenta a floresta caracterizada como mata ciliar. As diferenças entre a mata ciliar e a floresta de áreas mais altas são percebidas tanto na composição florística como na fisionomia (Bertoni, 1984 e Bertoni *et al.*, 2001). Considerando-se a paisagem de uma dada região, as formações ciliares estão sobre condições muito específicas do ambiente, que acabam por diferenciá-las das formações do interflúvio, não ciliares (Rodrigues & Nave, 2000).

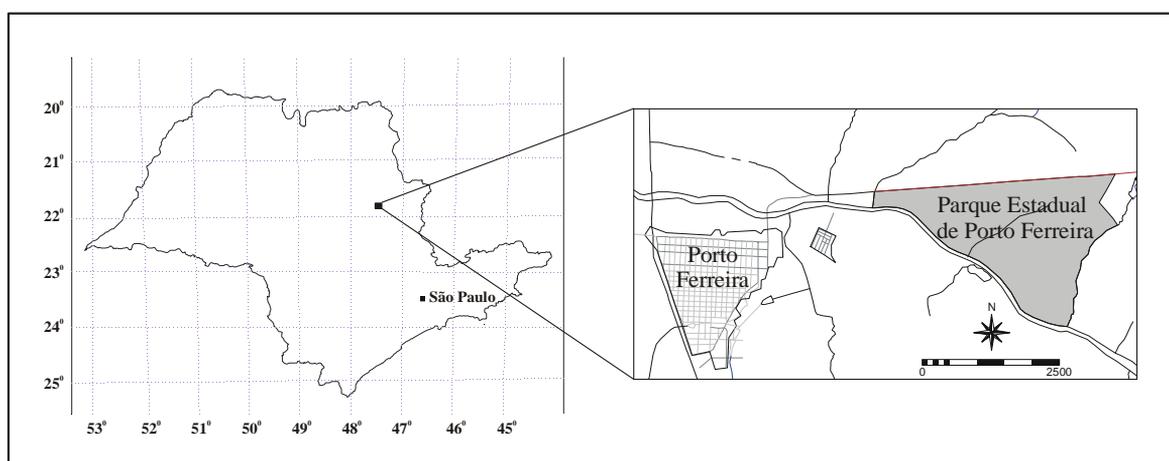


FIGURA 1 – Localização da área do Parque Estadual de Porto Ferreira no Estado de São Paulo.

O Parque insere-se na província geomorfológica da Depressão Periférica Paulista (Depressão Mogi-Guaçu), na Bacia sedimentar do Paraná (Ross & Moroz, 1997), com três formações litológicas básicas (Freitas, 1981): Formação Pirassununga, do período Terciário (arenitos finos a médios); Formação Corumbataí, do período Permiano (argilitos e siltitos) e sedimentos aluvionares, do período Quaternário (de granulação variável).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, mesotérmico de inverno seco (abril a setembro), com temperaturas inferiores a 18°C no inverno e superiores a 22°C no verão. A temperatura média anual é de 20,4°C, a precipitação anual total média é 1.416 mm e a evapotranspiração potencial, 975 mm.

Ocorre deficiência hídrica de 26 mm (abril e setembro) e excedente hídrico de 467 mm (novembro e março) (FIGURA 2).

Segundo Rossi *et al.* (2002), a área apresenta sete unidades de mapeamento: latossolos (LV e LVA); argissolos (PV e PVA); gleissolos (GX); neossolos (RU) e organossolos (OY). Desses, os latossolos distróficos ocupam as maiores extensões (53,5%); os argissolos eutróficos ocupam 38%; os neossolos litólicos eutróficos ocorrem como inclusões nas unidades de mapeamento de argissolos, enquanto os neossolos flúvicos distróficos estão distribuídos por 8,1%. Em pequena extensão (0,2%) encontram-se os gleissolos melânicos e organossolos em área abaciada, na cabeceira de um tributário do rio Mogi Guaçu, que nasce dentro do Parque (FIGURA 3).

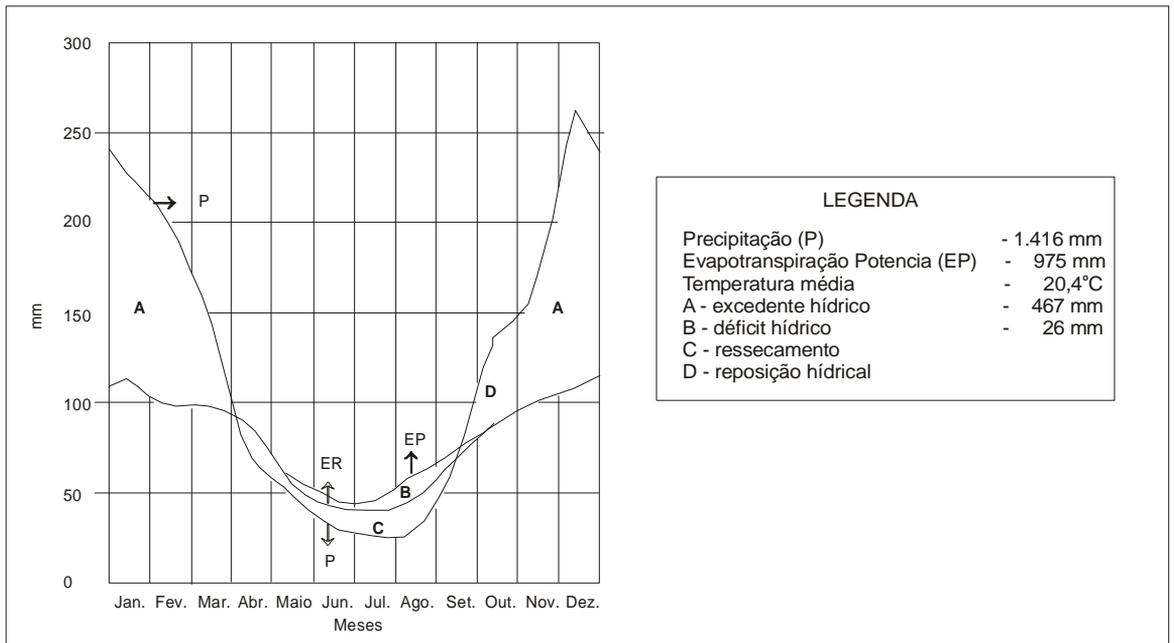


FIGURA 2 – Balanço hídrico da região de Pirassununga, SP (22°0'S, 47°25'W; 631 m de altitude). Armazenamento de água no solo: 125 mm. (Período: 1960 a 1990). Fonte: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agrônomo.

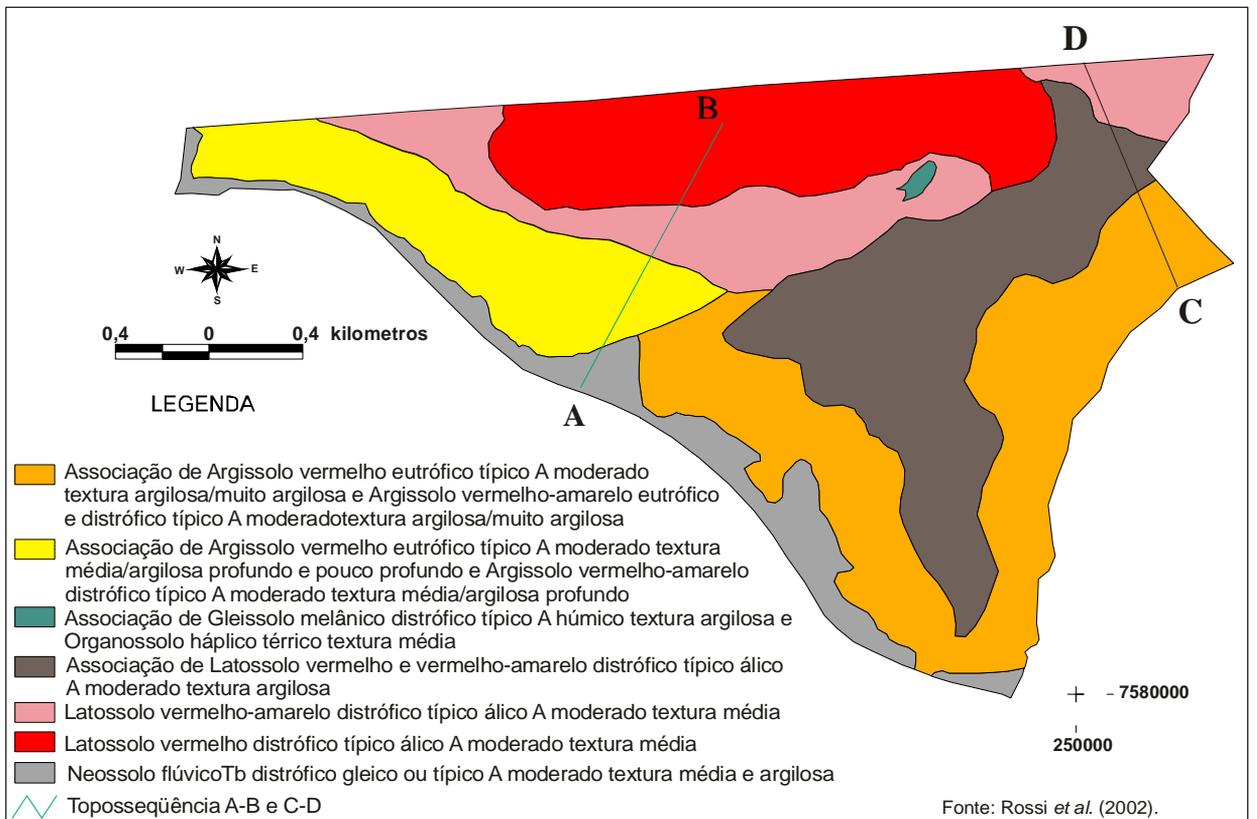


FIGURA 3 – Mapa detalhado de solos do Parque Estadual de Porto Ferreira.

Mattos & Rocha (2002) identificaram diferentes formações vegetais, desde o cerrado aberto até a floresta com jequitibás e mata ciliar (FIGURA 4). Apesar da diversidade de solos e de cobertura vegetal, o contorno dos delineamentos desses dois elementos se aproxima muito, o que levou à busca por atributos que explicassem ou indicassem prováveis relações entre os componentes solo e vegetação. Para tanto, estabeleceram-se duas toposeqüências (A-B e C-D) representativas,

com base nos trabalhos supra citados, utilizando-se carta topográfica na escala de 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1971) da Folha de Pirassununga e fotografias aéreas coloridas na escala aproximada de 1:30.000, do ano de 2000, da Base Aerofotogrametria S/A. A toposeqüência A-B secciona uma vertente de topo a base, aproximadamente na porção central do Parque no sentido NE-SW e a toposeqüência C-D, também de topo a base, na porção leste da área no sentido NW-SE.

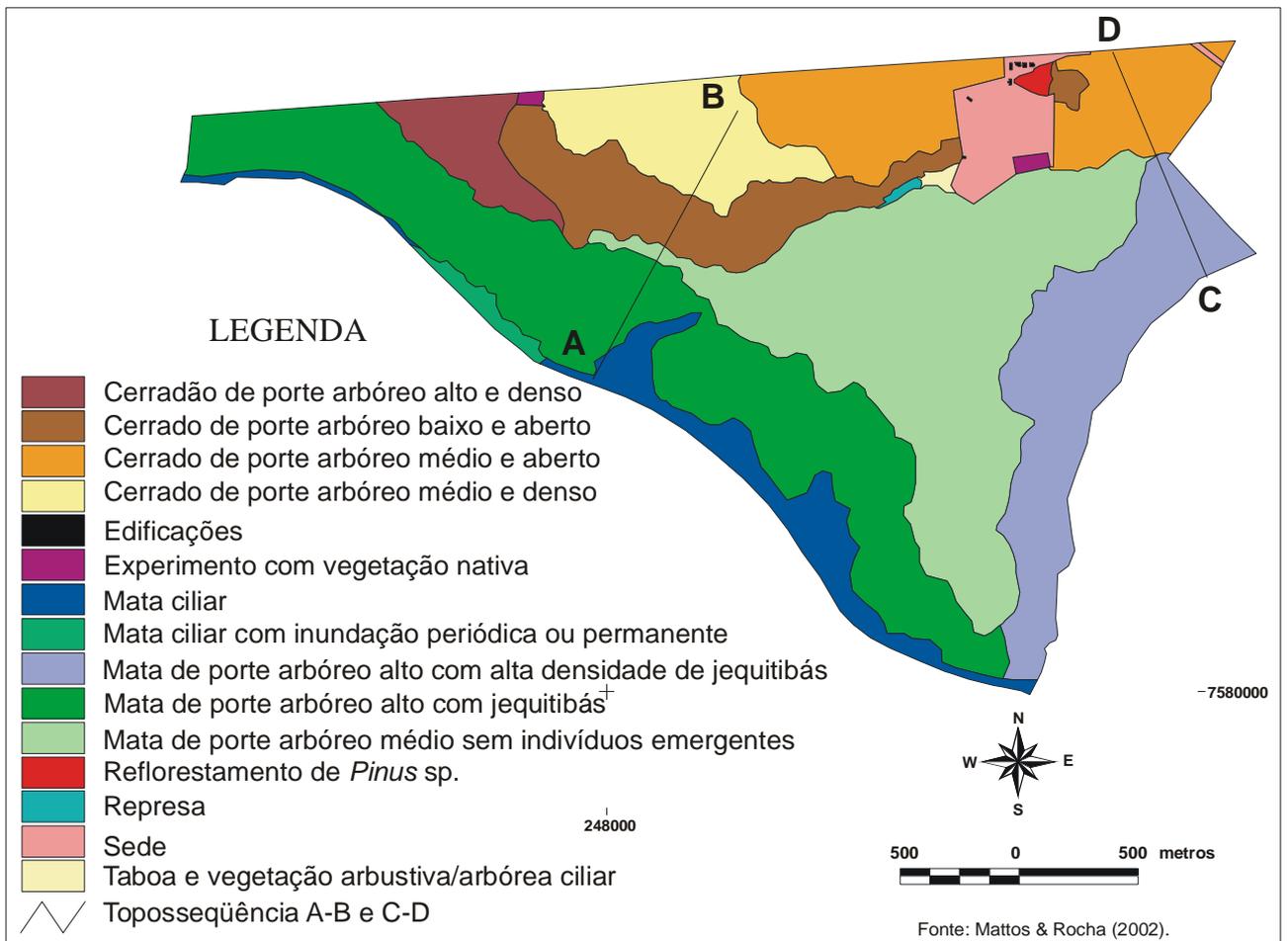


FIGURA 4 – Mapa detalhado da cobertura vegetal do Parque Estadual de Porto Ferreira.

Adotou-se o sistema de caminhamento ao longo de trilhas e estradas que cortam o Parque e de toposequências, seguindo-se um roteiro pré-estabelecido a partir do exame dos mapas de solos e de vegetação, bem como da observação das fotografias aéreas.

A seleção e coleta de amostras de solos foram realizadas mediante tradagens e trincheiras (100 x 100 x 200 cm), identificando e caracterizando os horizontes diagnósticos e possíveis variações dos atributos. Em cada ponto foram descritos os atributos morfológicos (Lemos & Santos, 1996), retiradas amostras deformadas de todos os horizontes e indeformadas dos horizontes subsuperficiais usando-se anéis com volume de 100 cm³; cada ponto foi georreferenciado, através de GPS (Global Position System).

As análises laboratoriais de solos seguiram Camargo *et al.* (1986), ou sejam: análise granulométrica determinada pelo método do densímetro; densidade do solo; curva de retenção de água do solo; análises químicas pedológicas de rotina [pH em água e em KCl 1N; carbono orgânico; alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis e acidez potencial (H + Al)]. SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ e TiO₂ foram determinados por meio da digestão sulfúrica seguindo metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1979). A mineralogia da fração argila desferrificada foi feita de acordo com Jackson (1969) por difratometria de raios-X (radiação Cu α), analisando-se as amostras saturadas com K nas temperaturas de 25°C, 350°C e 550°C, e as amostras saturadas com Mg, com e sem solvatação com etileno-glicol, na temperatura de 25°C. Os solos foram classificados seguindo os critérios de EMBRAPA (1999).

A vegetação foi caracterizada por interpretação de fotografias aéreas verticais e observações de campo, seguindo Lueder (1959) e Spurr (1960), que identificam e classificam a vegetação pelos elementos da imagem fotográfica (cor, tonalidade, textura, forma, dimensão e convergência de evidências), correlacionadas a parâmetros de campo como: porte; densidade;

estrutura da vegetação; condições de preservação, e condições ecológicas. Para a compreensão da composição florística das fitofisionomias foram efetuadas caminhadas aleatórias, com reconhecimento das espécies em campo e utilizados dados secundários apresentados por Bertoni (1984) e Bertoni *et al.* (2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento das toposequências revela uma estreita relação da cobertura pedológica com a cobertura vegetal natural, o relevo e a litologia, demonstrada nas FIGURAS 5 e 6 e no QUADRO 1. De forma generalizada, os latossolos distróficos associam-se com a vegetação predominante de cerrado; os argissolos eutróficos com a vegetação de mata; e os neossolos flúvicos distróficos com a mata ciliar. Os QUADROS 2 a 7 demonstram os atributos físicos, químicos e mineralógicos das sequências estudadas.

Os solos LV, LVA e LA na toposequência A-B não possuem impedimento físico para a infiltração da água no solo, porém apresentam limitações quanto à fertilidade natural (QUADRO 3) e retenção de água (QUADRO 4) uma vez que são de textura média e predominantemente álicos.

No PVA predomina o eutrófico, enquanto o PV se apresenta álico epieutrófico (QUADRO 3). O fato dos solos (PV) de textura argilosa e muito argilosa serem álicos epieutróficos e sustentarem uma mata de porte elevado sugere que, provavelmente, a retenção de água (QUADRO 4) determine o porte e especificidade da vegetação. Ou seja, havendo água suficiente no solo a vegetação se desenvolve e, mesmo em solos álicos, gera condições adequadas (eutrofismo superficial) ao seu sustento (reciclagem de nutrientes). Outros fatores podem estar influenciando essa ocorrência, como exposição de vertente ou áreas de surgência devido às quebras de relevo, entretanto não foram objetos de estudo.

ROSSI, M. *et al.* Relação solos/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo.

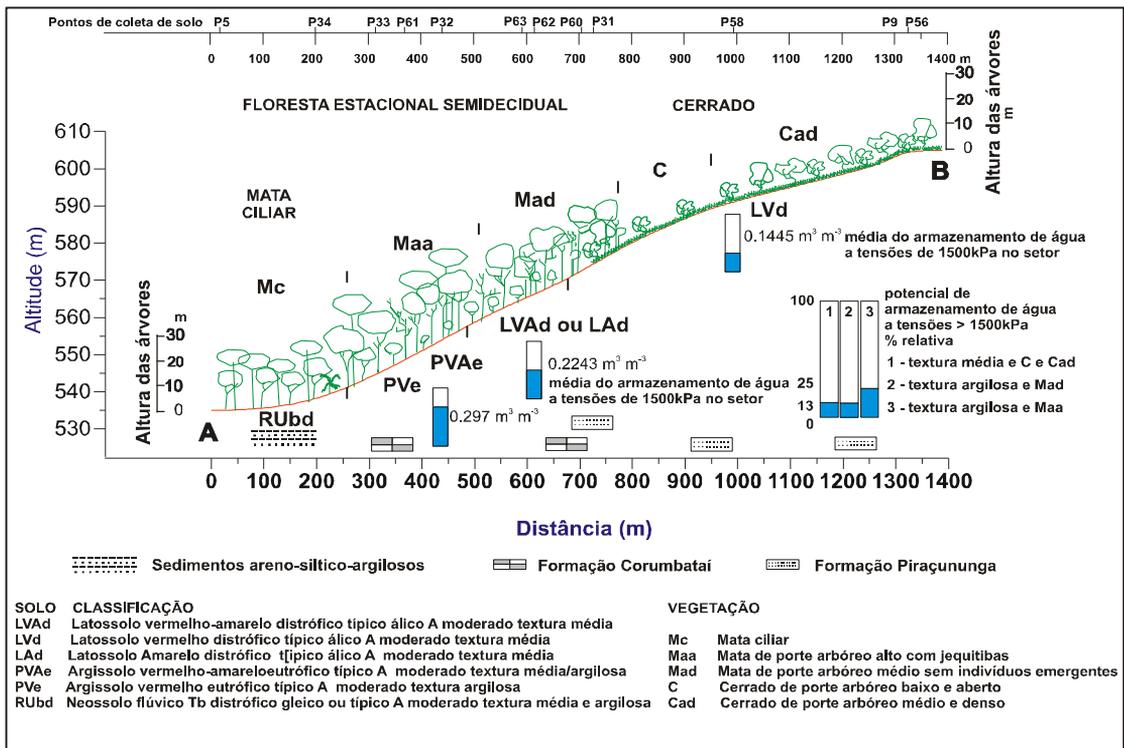


FIGURA 5 – Toposequência A-B indicando os aspectos geológico-geomorfológicos, pedológicos, da vegetação e potencial de armazenamento de água do solo.

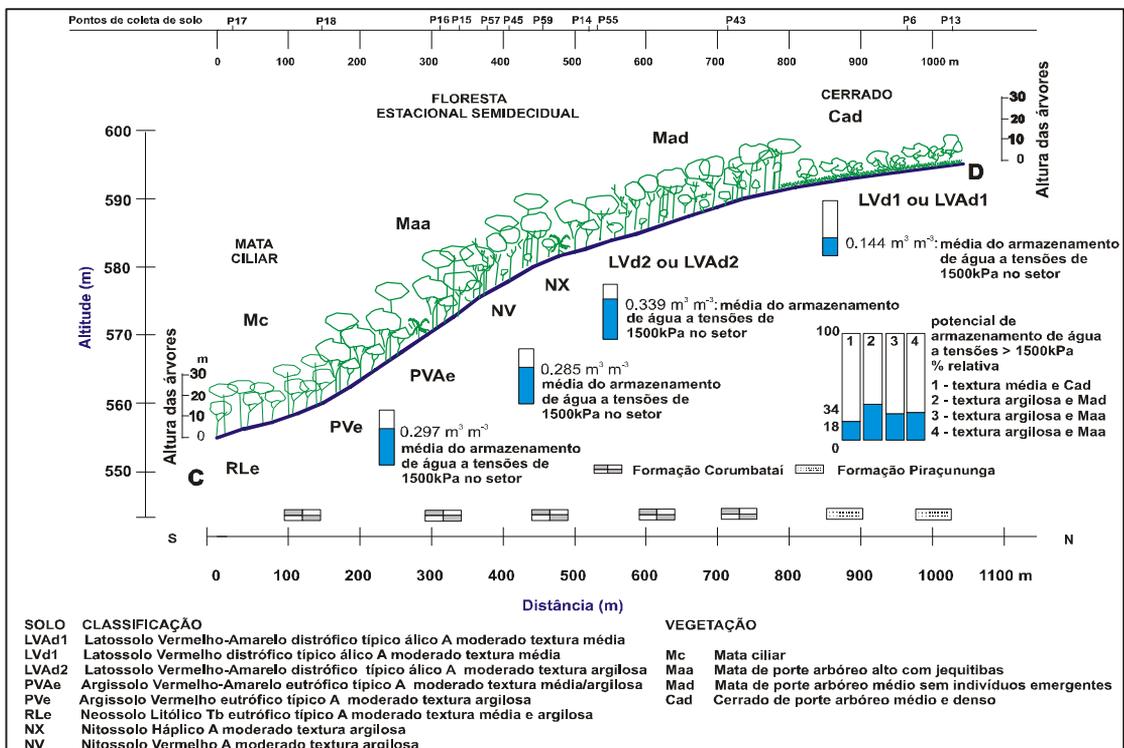


FIGURA 6 – Toposequência C-D indicando os aspectos geológico-geomorfológicos, pedológicos, da vegetação e potencial de armazenamento de água do solo.

QUADRO 1 – Ilustrativo das características das áreas estudadas.

Seção	Classe de solo	Textura de solo	Trofismo	Relevo	Litologia	Tipo de vegetação	Espécies vegetais
A-B	LV, LA e LVA	média	Distrófico e álico	topo e terço superior da vertente	Formação Pirassununga	cerrado e cerrado	<i>Lithraea molleoides</i> (aroerinha), <i>Schinus terebinthifolius</i> (aroeira), <i>Annona coriacea</i> (marolo-bravo), <i>Annona crassiflora</i> (marolo-verdadeiro), <i>Duguetia furfuracea</i> (marolo-seco), <i>Xylopia aromatica</i> (pimenta-de-macaco), <i>Aspidosperma tomentosum</i> (perobinha-do-campo), <i>Schefflera vinosum</i> , <i>Baccharis dracunculifolia</i> (vassoura), <i>Cyrtax antissiphylitica</i> (ipê-verde-do-cerrado), <i>Jacaranda caroba</i> (caroba-do-campo), <i>Zeyhera digitalis</i> (bolsa-de-pastor), <i>Eriotheca gracilipes</i> (pamíinha), <i>Dimorphandra mollis</i> (canafistula), <i>Caryocar brasiliensis</i> (pequi), <i>Conarus suberosus</i> (para-tudo), <i>Lamanonia ternata</i> (cangalheiro), <i>Erythroxylum suberosum</i> (mercúrio), <i>Bowdichia virgilioides</i> (sucupira), <i>Dalbergia miscolobium</i> (anileito), <i>Machaerium acutifolium</i> (jacarandá), <i>Ocotea corimbosa</i> (canela), <i>Strychnos pseudoquina</i> (falsa-quina), <i>Lafloensia pacari</i> (detaleiro), <i>Birsonima coccolobifolia</i> (murici), <i>Siparuna guianensis</i> (café-de-bugre), <i>Rapanea guianensis</i> (caporoca), <i>Myrcia lingua</i> (brasa-viva), <i>Roupala montana</i> (carne-de-vaca), <i>Rudgea viburnoides</i> (cotó-do-campo), <i>Tocoyena formosa</i> , <i>Mateyba guianensis</i> (camboatã), <i>Stryax camporum</i> , <i>Luehea grandiflora</i> (açoita-cavalo), <i>Aegiphyla lhotzkyana</i> (lixreira), <i>Quatea grandiflora</i> (pau-terra-do-campo), <i>Quatea multiflora</i> (pau-terra), <i>Quatea parviflora</i> e <i>Vochysia tucanorum</i> (cinzeiro)
A-B	LA e LVA	média	Distrófico e álico	terço médio de vertente	Formação Pirassununga/Corumbataí	cerrado	<i>Cordia trichotoma</i> (louro-pardo), <i>Copaifera langsdorffii</i> (copaíba), <i>Senna rugosa</i> , <i>Senna sylvestris</i> , <i>Terminalia argentea</i> (capitão-do-campo), <i>Mabea fistulifera</i> (piteira), <i>Platypodium elegans</i> (amendoim-do-campo), <i>Virola sebifera</i> (virola), <i>Coutarea hexandra</i> , <i>Guettarda viburnoides</i> (angélica), <i>Pouteriarumiflora</i> (guapeva)
A-B	PVA, PV	argilosa/muito argilosa e média/argilosa	Eutrófico e epientrófico	terço médio de vertente	Formação Corumbataí	Floresta Estacional Semidecidual porte arbóreo alto com jequitibás	<i>Cariniana legalis</i> (jequitibás), apresentando também <i>Astronium graveolens</i> (guaritá), <i>Tapirira guianensis</i> (peito-de-pomba), <i>Guarteria australis</i> (marolo), <i>Aspidosperma polyneuron</i> (peroba-rosa), <i>Aspidosperma ramiflorum</i> (guatambu), <i>Didymopanax morototoni</i> (mandoqueiro), <i>Sciadodendron excelsum</i> , <i>Syagrus romanzoffiana</i> (jerivá), <i>Vernonia diffusa</i> (assa-peixe), <i>Chorisia speciosa</i> (paineira), <i>Cordia sellowiana</i> , <i>Myroxylon peruvianum</i> (cabreuva), <i>Peltophorum dubium</i> (gurucaia), <i>Alchornea glandulosa</i> (tapitá), <i>Machaerium stipitatum</i> (sapuva), <i>Machaerium villosum</i> (jacarandá-paulista), <i>Casearia gossypiosperma</i> (espeteiro), <i>Nectandra megapota mica</i> (canela), <i>Cariniana estrelensis</i> (jequitibá-branco), <i>Cariniana legalis</i> (jequitibá-rosa), <i>Cedrela fissilis</i> (cedro-rosa), <i>Inga striata</i> (ingá), <i>Guapira opposita</i> (maria-mole), <i>Galliesia integrifolia</i> (pau-d'alho), <i>Rhammidium elaeocarpm</i> (saguaragi), <i>Zanthoxylum fagara</i> (mamica-de-porca), <i>Rollinia subvatica</i> (araticum) e <i>Piptocarpha macropoda</i> (camboatã)
A-B	RU e GX	textura variável	Distrófico e álico	planície fluvial	Sedimentos aluvionais	mata ciliar	<i>Tapirira guianensis</i> (peito-de-pomba), <i>Aspidosperma cilirocarpum</i> , <i>Aspidosperma polyneuron</i> (peroba-rosa), <i>Dendropanax cuneatum</i> (mandioqueiro), <i>Syagrus romanzoffiana</i> (jerivá), <i>Chorisia speciosa</i> (paineira), <i>Protium heptaphyllum</i> (almecega), <i>Copaifera langsdorffii</i> (copaíba), <i>Cecropia pachystachya</i> (embauba-do-brejo), <i>Croton urucurana</i> , <i>Pera glabrata</i> (tamanqueira), <i>Casearia sylvestris</i> (guaçatonga), <i>Lacistema hasslerianum</i> , <i>Endlicheria paniculata</i> (canela), <i>Ocotea pulchella</i> (canelinha), <i>Cariniana estrelensis</i> (jequitibá-branco), <i>Cabralea canjerana</i> (canjarana), <i>Guaraguidonia</i> , <i>Trichilia catigua</i> (catigüá), <i>Acacia polyphylla</i> (monjoleiro), <i>Siparuna guianensis</i> (café-de-bugre), <i>Rapanea umbellata</i> (mangue), <i>Eugenia florida</i> , <i>Guapira opposita</i> (maria-mole), <i>Prunus myrtifolia</i> (pessegueiro-bravo), <i>Esenbeckia febrifuga</i> , <i>Cupanea vernalis</i> (camboatã), <i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (guatambu-de-leite), <i>Luehea divaricata</i> (açoita-cavalo) e <i>Aegiphylasellowiana</i> (tamanqueira)
C-D	LVA	média	Distrófico e álico	topo	Formação Pirassununga	cerrado	Idem à mesma tipologia da vegetação da seqüência A-B de cerrado/cerradão
C-D	LV e LVA	argilosa	Distrófico	terço superior da vertente	Formação Pirassununga/Corumbataí	cerradão e mata	Idem à mesma tipologia da vegetação da seqüência A-B de cerrado
C-D	NV, NX, PV e PVA	argilosa, muito argilosa	Eutrófico	média para a baixa vertente	Formação Corumbataí	Floresta Estacional Semidecidual porte arbóreo alto com jequitibás	Idem à mesma tipologia da vegetação da seqüência A-B de Floresta Estacional

QUADRO 2 – Resultados das análises granulométricas da toposequência A-B, do Parque Estadual de Porto Ferreira.

Classe de solos	Perfil	Profundidade	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Areia Total	Argila	Silte
		cm								
LV	56	00-15	0,6	2,2	22,4	34,7	5,4	65,3	16,3	18,5
		15-35	0,3	1,8	18,7	47,4	8,3	76,5	18,8	4,8
		35-50	0,2	1,4	20,3	44,2	10,0	76,1	18,8	5,1
		50-90	0,1	1,6	17,2	47,8	9,0	75,7	18,8	5,5
		90-115	0,2	1,6	20,1	39,9	10,0	71,8	23,8	4,4
		200-220	0,3	1,4	14,8	43,0	11,0	70,5	26,3	3,2
LV	58	00-12	0,9	3,5	21,4	44,0	4,6	74,3	21,3	4,5
		12-29	0,3	2,0	26,0	32,5	6,2	66,9	26,3	6,8
		29-58	0,4	2,3	17,6	38,9	6,7	65,9	26,3	7,8
		58-87	0,5	2,0	20,3	32,4	7,8	63,0	28,8	8,3
		87-110	0,3	2,2	16,3	32,9	6,6	58,3	33,8	7,9
		200-220	0,7	3,0	16,9	32,1	6,1	58,9	36,3	4,9
LA	60	00-16	1,9	7,7	38,4	29,0	3,5	80,6	18,8	0,7
		16-34	1,5	7,8	39,4	21,8	4,8	75,3	21,3	3,4
		34-56	1,6	6,7	31,1	29,3	5,2	73,9	23,8	2,3
		56-95	2,0	6,3	34,2	26,2	5,2	73,9	23,8	2,4
		95-115	1,6	5,3	26,0	32,5	4,2	69,6	28,8	1,6
		200-220	2,9	5,6	25,4	24,3	6,6	64,9	31,3	3,9
LVA	62	00-12	2,4	5,9	20,9	37,5	5,6	72,2	21,3	6,6
		12-26	1,4	3,3	23,1	29,2	8,2	65,2	26,3	8,5
		26-39	1,7	3,4	20,5	34,2	6,7	66,4	26,3	7,3
		39-56	2,6	2,9	21,1	31,7	8,0	66,2	28,8	5,0
		56-110	1,8	3,9	19,5	30,6	8,3	64,0	28,8	7,3
		200-220	3,4	2,9	15,9	23,6	10,4	56,1	33,8	10,1
LA	63	00-15	2,9	5,6	22,6	33,7	8,0	72,9	18,8	8,4
		15-30	1,4	3,5	25,1	34,1	7,9	72,0	21,3	6,8
		30-47	1,5	3,7	19,9	35,8	10,0	70,9	23,8	5,3
		47-70	2,2	3,3	21,3	31,0	9,4	67,2	26,3	6,6
		70-90	2,3	3,3	17,8	29,7	9,8	62,8	28,8	8,4
		150-170	2,3	2,7	16,8	23,7	11,1	56,6	36,3	7,2
		200-220	4,6	3,6	12,5	25,1	10,2	56,0	36,3	7,8
PV	61	00-13	2,6	10,1	15,4	15,6	4,4	48,2	26,3	25,6
		13-28	2,3	7,0	16,6	13,5	8,2	47,5	28,8	23,7
		28-45	2,7	7,3	12,8	13,1	7,7	43,6	33,8	22,7
		45-65	1,6	3,5	9,4	9,1	5,3	28,9	53,8	17,3
		140-160	0,3	0,5	1,3	2,5	1,8	6,5	53,8	39,7
		170-190	0,1	0,3	1,1	1,5	2,7	5,7	53,8	40,6

QUADRO 3 – Resultados das análises granulométricas da topossequência C-D, do Parque Estadual de Porto Ferreira.

Classe de solos	Perfil	Profundidade	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Areia Total	Argila	Silte
		cm	%							
LVA	55	00-12	1,2	1,6	10,0	15,0	3,8	31,5	46,3	22,3
		12-25	0,6	1,2	7,1	14,7	5,1	28,7	53,8	17,6
		25-60	0,3	0,8	7,3	13,0	5,5	26,8	56,3	16,9
		60+	0,3	0,9	5,2	12,5	4,8	23,7	58,8	17,5
NV	57	00-10	2,4	0,8	4,4	12,3	8,5	28,4	38,8	32,8
		10-25	1,2	1,2	3,5	13,0	8,3	27,2	36,3	36,5
		25-50/70	0,7	0,6	4,6	11,3	8,4	25,6	46,3	28,2
NX	59	00-10	1,6	1,6	7,2	11,4	5,7	27,5	36,3	36,3
		10-30	1,2	1,8	5,6	14,1	6,8	29,5	41,3	29,3
		30-50	0,2	0,6	6,5	12,2	5,9	25,5	48,8	25,8
		50-60	0,3	0,7	3,5	10,8	7,2	22,4	53,8	23,8
		80-100	0,3	0,8	5,1	12,4	8,6	27,2	51,3	21,6

QUADRO 4 – Resultados das análises químicas pedológicas da topossequência A-B, no Parque Estadual de Porto Ferreira (SP).

Classe de solo	Horizonte	Profundidade		pH	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	H	S	CTC	C	V	m
		cm	água	KCl	cmolc/kg										%	
LV(56)	A	0	15	4,6	3,5	0,2	0,0	0,77	0,03	1,8	2,7	1	5,5	1,7	18	64
	Bw1	15	35	5,4	4,1	0,1	0,0	0,24	0,03	0,3	2,6	0,37	3,27	0,6	11	45
	Bw2	35	50	4,7	4,2	0,1	0,0	0,21	0,05	0,3	2,5	0,36	3,16	0,4	11	45
	Bw3	50	90	5,1	4,3	0,1	0,0	0,24	0,05	0,2	2,2	0,39	2,79	0,4	14	34
	Tradagem	90	115	5,4	4,4	0,2	0,0	0,24	0,04	0,2	2,3	0,48	2,98	0,4	16	29
	Tradagem	200	220	4,7	4,5	0,1	0,0	0,19	0,04	0,2	2,0	0,33	2,53	0,2	13	38
LV(58)	A	0	12	5,0	4	0,1	0,1	0,40	0,04	0,5	5,0	0,64	6,14	1,2	10	44
	BA	12	29	4,8	4,2	0,1	0,0	0,25	0,03	0,4	3,6	0,38	4,38	0,7	9	51
	Bw1	29	58	5,1	4,3	0,1	0,0	0,21	0,04	0,3	3,2	0,35	3,85	0,6	9	46
	Bw2	58	87	5,2	4,4	0,1	0,0	0,19	0,04	0,3	2,9	0,33	3,53	0,5	9	48
	Tradagem	87	110	5,2	4,5	0,1	0,0	0,19	0,04	0,2	2,7	0,33	3,23	0,4	10	38
	Tradagem	200	220	4,9	4,7	0,1	0,0	0,19	0,05	0,1	2,4	0,34	2,84	0,4	12	23
LA(60)	A	0	16	5,1	3,9	0,1	0,1	0,40	0,04	0,5	4,7	0,64	5,84	1,2	11	44
	BA	16	34	5,1	4,1	0,1	0,0	0,24	0,05	0,3	2,8	0,39	3,49	0,5	11	43
	Bw1	34	56	5,0	4,1	0,1	0,0	0,19	0,04	0,4	2,7	0,33	3,43	0,5	10	55
	Bw2	56	95	5,1	4,2	0,1	0,0	0,19	0,04	0,3	2,3	0,33	2,93	0,4	11	48
	Bw3	95	115	5,5	4,4	0,1	0,0	0,19	0,04	0,3	2,2	0,33	2,83	0,3	12	48
	Tradagem	200	220	5,0	4,7	0,1	0,0	0,16	0,04	0,2	2,1	0,3	2,6	0,2	12	40
LVA(62)	A	0	12	6,2	5,6	2,6	0,9	0,80	0,03	0,1	2,0	4,33	6,43	2,1	67	2
	BA	12	26	6,1	4,7	0,7	0,3	0,46	0,03	0,1	3,1	1,49	4,69	0,9	32	6
	Bw1	26	39	5,7	4,2	0,4	0,2	0,43	0,02	0,4	3,5	1,05	4,95	0,7	21	28
	Bw2	39	56	5,3	4,1	0,2	0,1	0,38	0,02	0,5	3,3	0,7	4,5	0,5	16	42
	Bw3	56	110	4,8	4,2	0,1	0,0	0,19	0,03	0,5	2,7	0,32	3,52	0,3	9	61
	Tradagem	200	220	5,0	4,4	0,1	0,1	0,08	0,02	0,4	2,3	0,3	3	0,3	10	57
LA(63)	A1	0	15	6,0	5,1	2,0	0,6	0,70	0,02	0,1	3,4	3,32	6,82	2,0	49	3
	A2	15	30	5,6	4,1	0,2	0,2	0,56	0,03	0,4	4,7	0,99	6,09	1,0	16	29
	AB	30	47	5,8	4,0	0,1	0,1	0,80	0,02	0,6	5,2	1,02	6,82	0,9	15	37
	Bw1	47	70	5,3	4,0	0,1	0,1	0,24	0,01	0,6	4,2	0,45	5,25	0,6	9	57
	Bw2	70	90	5,1	4,1	0,1	0,1	0,11	0,02	0,6	3,3	0,33	4,23	0,4	8	65
	Tradagem	150	170	5,3	4,3	0,0	0,1	0,08	0,03	0,4	2,4	0,21	3,01	0,4	7	66
	Tradagem	190	205	5,0	4,4	0,4	0,0	0,16	0,03	0,3	2,3	0,59	3,19	0,3	18	34
PV(61)	A	0	13	6,6	5,9	6,7	1,8	0,27	0,06	0,1	2,0	8,83	10,93	3,9	81	1
	AB	13	28	6,7	5,4	0,7	0,6	0,54	0,05	0,1	2,2	1,89	4,19	0,5	45	5
	Bt1	28	45	6,2	4,7	0,7	0,6	0,38	0,04	0,1	2,5	1,72	4,32	0,5	40	5
	Bt2	45	65	5,7	4,1	0,8	0,7	0,35	0,04	0,5	3,6	1,89	5,99	0,5	32	21
	Tradagem	140	160	5,7	4,0	0,2	0,8	0,24	0,05	1,5	5,2	1,29	7,99	0,4	16	54
	Tradagem	170	190	5,2	3,9	0,1	0,6	0,19	0,06	1,9	6,0	0,95	8,85	0,4	11	67

A topossequência C-D (FIGURA 6) com solos argilosos (latossolos, argissolos e nitossolos) apresenta maior retenção de água (QUADRO 4), comparativamente aos solos da topossequência A-B,

fato decorrente dos maiores teores de argila (QUADRO 5), estrutura em blocos bem desenvolvida, conseqüentemente, maior porcentagem de microporos e elevado trofismo (QUADRO 6).

QUADRO 5 – Resultados das análises químicas pedológicas da topossequência C-D, no Parque Estadual de Porto Ferreira.

Classe de solo	Horizonte	Profundidade		pH	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	H	S	CTC	C	V	m
		cm		água	KCl	cmolc/kg										%
LVA(55)	A	0	12	6,0	5,3	3,9	1,3	0,35	0,06	0,3	5,2	5,61	11,11	3,0	50	5
	AB	12	25	6,3	4,7	1,5	0,3	0,3	0,05	0,1	4,4	2,15	6,65	1,8	32	4
	Bw1	25	60	5,6	3,9	0,3	0,1	0,17	0,04	0,9	6,7	0,61	8,21	1,2	7	60
	Bw2	60+		5,5	3,9	0,1	0,1	0,17	0,05	1,3	6,8	0,42	8,52	0,9	5	76
NV(57)	A	0	10	6,1	5,3	6,1	1,2	0,20	0,08	0,1	5,5	7,58	13,18	3,8	58	1
	AB	10	25	6,4	5,4	4,0	0,8	0,11	0,06	0,1	3,9	4,97	8,97	2,2	55	2
	Bt	25	50/70	6,7	5,3	2,9	0,9	0,86	0,04	0,1	2,9	4,7	7,7	1,2	61	2
	Cr	70+														
NX(59)	A	0	10	6,5	5,8	14,3	2,2	0,29	0,05	0,1	2,8	16,84	19,74	5,8	85	1
	Bt	10	30	6,8	5,6	2,8	1,4	0,26	0,05	0,1	3,4	4,51	8,01	1,9	56	2
	Bt	30	50	5,6	3,9	0,3	0,6	0,27	0,04	1,0	6,4	1,21	8,61	1,2	14	45
	Bt	50	60	5,6	3,9	0,2	0,3	0,20	0,04	1,4	6,5	0,74	8,64	0,9	9	65
	Tradagem	80	100	5,6	4,0	0,1	0,1	0,94	0,04	1,4	6,1	1,18	8,68	0,5	14	54

QUADRO 6 – Valores da densidade (Mg m^{-3}), de atributos físicos relacionados à retenção de água: água retida nas tensões 30 (Capacidade de Campo), 100 e 1500 (Ponto de Murcha Permanente) kPa e à porosidade dos solos: Porosidade total, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, Macro e Microporos, %.

Classe de Solo	Perfil	Profundidade cm	Densidade	Porosidade total	Macro-porosidade	Micro-porosidade	CC -30 kPa	-100 kPa	PMP -1500 kPa	H ₂ O disponível (CC-PMP)
			Mg m^{-3}	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	%	%	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
Topossequência A-B										
LV	56	90-95	1,347	0,483	50,2	49,8	0,143	0,130	0,115	0,028
LV	58	87-92	1,300	0,529	43,4	56,6	0,210	0,195	0,178	0,032
LA	60	56-95	1,430	0,466	47,6	52,4	0,158	0,141	0,129	0,029
LVA	62	80-85	1,435	0,481	44,5	55,5	0,177	0,153	0,137	0,040
LA	63	80-90	1,335	0,525	47,9	52,1	0,187	0,164	0,149	0,038
PV	61	28-45	1,770	0,418	25,6	74,4	0,278	0,262	0,253	0,025
Topossequência C-D										
LVA	55	60-70	1,280	0,548	24,8	75,2	0,363	0,351	0,339	0,024
NV	57	25-50	1,317	0,564	46,3	53,7	0,272	0,266	0,259	0,013
NX	59	10-30	1,457	0,534	34,3	65,7	0,329	0,321	0,311	0,018

Todavia, quando a mineralogia (QUADRO 7) é inferida por meio da digestão sulfúrica das amostras, método de determinação quantitativa elementar e, por isso, de maior precisão, a mineralogia apresenta boa correlação com a retenção de água dos solos. Os maiores valores dos índices Ki (relação molar Si:Al) e Kr (relação molar Si:[Fe+Al]) correspondem às amostras

que também apresentam os maiores valores de água retida no ponto de murcha e, conseqüentemente, àquelas amostras com maior reserva total de água. Maiores valores de índices Ki e Kr no solo correspondem a maiores quantidades de argilominerais com estrutura de camadas 2:1 e 1:1 e menores quantidades de óxidos de Fe e óxidos de Al (Oliveira, 2000).

QUADRO 7 – Atributos mineralógicos, carbono orgânico (Corg) e atividade da fração argila (Targ) em horizontes dos solos das duas toposseqüências.

Perfil-Solo	Hor./Prof (cm)	arg	C org	T arg	Ki	Kr	Kf	Minerais da argila
Toposseqüência A-B								
P56 – LVd	Bw3/90-115	24	0,4	12,41	1,20	0,95	3,96	Ct>>>Gb, Mhe
P58 – LVd	Bw2/87-97	34	0,4	9,50	0,99	0,83	5,06	Ct>>>Gb>Mhe>Qz
P60 – LAd	Bw2/95-115	29	0,3	9,76	0,97	0,81	5,00	Ct>>>Gb>Mhe, Qz
P62 – LVAd	Bw3/80-90	29	0,3	12,14	1,29	1,06	4,65	Ct>>>Gb, Mhe>Em, Mi
P63 – LAd	Bw2/80-90	29	0,4	14,59	1,35	1,12	5,02	Ct>>>Gb, Mhe>Qz
P61 – PVd	Bt1/28-45	34	0,5	12,71	1,73	1,37	3,74	Ct>>>Mi>>Mhe
Toposseqüência C-D								
P55 – LVAd	Bw1/60-70	60	0,9	14,44	1,67	1,35	4,23	Ct>>>Mi,Mhe
P57 – NVe	Bt/25-50	46	1,2	7,70	1,65	1,24	3,04	Ct>>Mi>>Mhe
P59 – NXd	Bt1/10-30	41	1,9	19,54	1,84	1,44	3,58	Ct>>>Mi>Mhe>Gb

Argilominerais 2:1 apresentam maior superfície específica e maior capacidade de retenção de água (Hillel, 1982). Embora a importância do tipo dos minerais da argila para a retenção da água do solo deva ser considerada, o conteúdo mais elevado de fração argila (10 a 28% maior), discutido anteriormente, é tido como o fator mais determinante da maior retenção de água dos solos sob vegetação de floresta, especialmente da água retida nos potenciais mátricos mais baixos.

Os valores de água na capacidade de campo (CC) indicam que a quantidade de água retida pelo solo após a drenagem natural varia de 0,143 m³ m⁻³ no LV (toposseqüência A-B) a 0,363 m³ m⁻³ no LVA (toposseqüência C-D). Os solos mais argilosos (PV, PVA, LVA, NX e NV) apresentam maior retenção de água nos potenciais mátricos avaliados (QUADRO 4), sendo que esta diferença está representada na FIGURA 7. Para os demais parâmetros, ou seja, densidade, porosidade total, macro e microporosidade e água disponível não ocorrem diferenças significativas entre os valores.

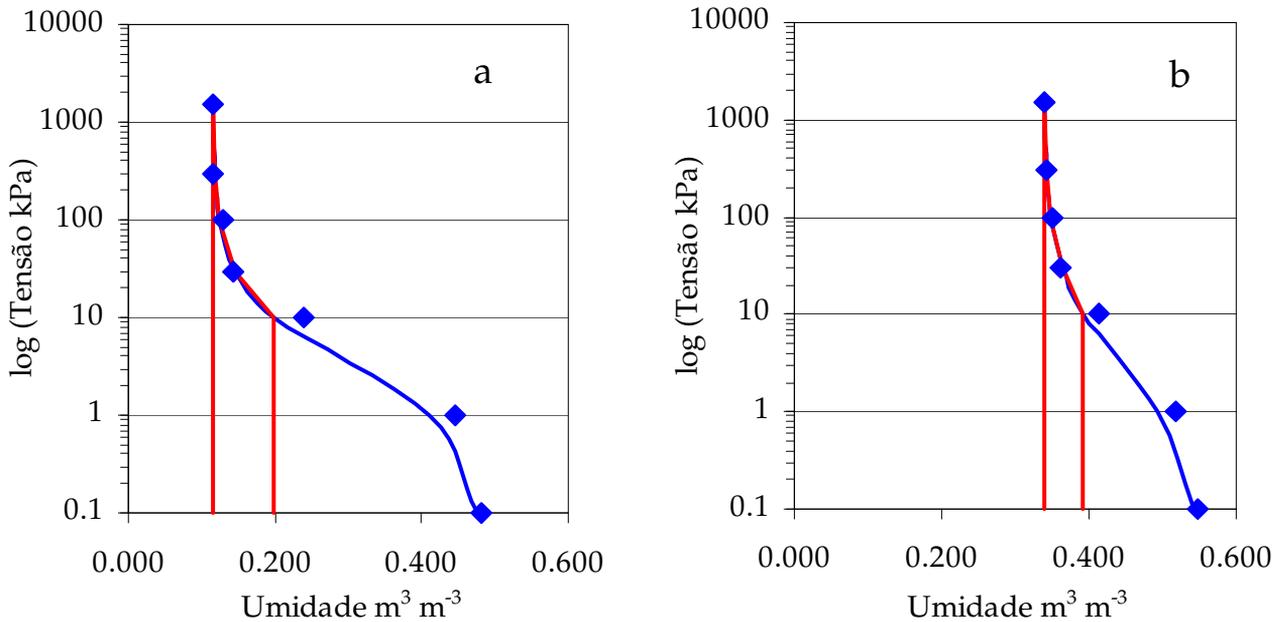


FIGURA 7 – Curva característica da retenção de água no solo, apresentando o volume da água retida ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em potenciais de água de 0,1 a 1500 kPa, nos solos (a) LV da topossequência A-B e (b) LVA da topossequência C-D.

A variação da água disponível (diferença entre água retida nos potenciais mátricos -30 kPa e -1500 kPa) nos solos estudados (QUADRO 4) não apresenta relação aparente com o tipo de vegetação. De maneira oposta, a reserva total de água do solo e, especialmente, a reserva de água retida sob potenciais mátricos inferiores a -1500 kPa, interpretado inicialmente por Hendrickson & Veihmeyer (1945) como ponto de murcha permanente (PMP) para as plantas cultivadas e, ainda hoje, um valor de referência de limite de energia de água do solo disponível para as plantas, apresenta-se bem correlacionada com as variações dos tipos de vegetação encontrados na área estudada. Assim, o fato de apenas nos solos com maiores reservas de água retida em potenciais inferiores a -1500 kPa (perfis 55, 57, 59 e 61) se desenvolver vegetação de Floresta Estacional Semidecidual confirma o conceito apresentado por Hillel (1982), de que a água disponível no solo para as plantas é função não só do potencial da água retida no solo, mas também depende de propriedades da planta (densidade e profundidade de raízes e habilidade da planta em manter a turgescência das raízes), de outras propriedades do solo (e.g. difusividade da água no solo) e de

condições meteorológicas que ditam a transpiração da planta. No caso, além da habilidade intrínseca de cada espécie de manter a turgescência celular, plantas perenes tendem a apresentar sistema radicular mais desenvolvido que plantas anuais, permitindo explorar maior volume de solo e por mais tempo.

Portanto, o presente estudo sugere que a diferenciação da vegetação nativa perene em Floresta Estacional Semidecidual e cerrado expressa diferenças de água do solo retida em potenciais inferiores a -1500 kPa, ou seja, que o conceito de água disponível para a vegetação nativa perene do Parque Estadual de Porto Ferreira seja diferenciado daquele utilizado para plantas cultivadas.

Da mesma forma que o conceito agrônomo de baixa fertilidade natural, que é útil para sistemas agrícolas, não compõe o modelo ambiental que ajude a explicar a exuberância em formas de vida e biomassa da floresta tropical (Lima *et al.*, 2003) e potenciais de água no solo de -1500 kPa podem ser considerados como elevados, uma vez que há maior produção de raízes, exploração de um maior volume de solo e mecanismos diferenciados de economia de água para as diferentes espécies.

A ocorrência de vegetação transicional (ecótono), entre cerrado e mata, nos pontos 62 e 63 da toposeqüência A-B aparenta estar mais relacionada à dinâmica de dispersão das espécies do que aos atributos do solo. Na área de transição (cerradão) ocorrem mais indivíduos típicos de floresta do que em áreas de cerrado isolado; bem como, nestas áreas ocorrem mais indivíduos típicos de cerrado do que em uma área de floresta isolada.

Como o acúmulo de matéria orgânica é comprovadamente maior em solos sob florestas que naqueles sob cerrado (Lepsch *et al.*, 1994), considerando as condições de clima semelhante para ambos, este é um processo que se retroalimenta. Ou seja, há possibilidade de maior dispersão de sementes de espécies de mata nas áreas de ecótono, quando comparada com áreas mais isoladas de cerrado, permitindo que aquelas espécies, ao se desenvolverem, aumentem a adição de matéria orgânica em superfície, com nutrientes reciclados de subsuperfície, tornando estas camadas mais ricas e conseqüentemente, propiciando a instalação de vegetação mais exigente em nutrientes, o que favorece o desenvolvimento de espécies de maior porte, mais comuns em florestas. Nesse caso, à exceção da matéria orgânica em superfície e dos nutrientes, os atributos intrínsecos do solo são menos determinantes dessa formação vegetacional (transição floresta-cerrado), muito embora valores intermediários entre aqueles solos típicos de floresta e os de cerrado sejam observados para alguns atributos dos perfis de solo representativos dessas áreas, perfis 62 e 63 (QUADROS 2, 3 e 7). Exemplos desses atributos são: teor de argila, relação textural (intermediária para argissolo) e Ki (valores 1,29 e 1,35 em relação aos de cerrado, em torno de 1,0 e de floresta, acima de 1,65).

4 CONCLUSÕES

1. O tipo de vegetação se mostra estreitamente relacionado com os solos e seus atributos, especialmente com teor de argila, retenção de água e disponibilidade de nutrientes.
2. Os solos mais bem drenados das partes altas e com baixa retenção hídrica, latossolos de textura média e alta saturação por alumínio, favorecem o desenvolvimento de vegetação de cerrado, mais adaptada às condições de deficiência hídrica.
3. A vegetação de porte mais elevado, floresta e cerradão, ocorre associada aos teores mais elevados de matéria orgânica e nutrientes em superfície; de argila em todo o perfil; de argilominerais (1:1 e 2:1) e de umidade retida em baixos potenciais de água no solo.
4. A umidade do solo em potenciais mátricos menores que -1500 kPa não se apresenta adequada como limite inferior de disponibilidade hídrica em plantas nativas perenes na região, pois a vegetação de floresta aparece associada a maiores teores de umidade retida abaixo desse potencial, sugerindo-se que a água retida em potenciais inferiores a esse está sendo aproveitada pela vegetação, e
5. A composição e a distribuição das espécies vegetais também estão condicionadas à disponibilidade de nutrientes dos solos, sendo que a floresta de jequitibás se desenvolve somente sobre os solos de textura argilosa com elevada saturação por bases (eutróficos) e a floresta sem jequitibás é encontrada em solos com baixa saturação por bases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIN, P. de T.; ARAÚJO, W. A. O solo como fator ecológico no desenvolvimento da vegetação no Centro-Oeste do Brasil. **Bol. Geogr.**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 117, p. 569-578, 1953.
- ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: FERRI, M. G. (Coord.). **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 1., 1963, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edgard Blücher, 1963. p. 249-265.
- BATISTA, E. A.; COUTO, H. T. Z. Influência de fatores químicos e físicos do solo sobre o desenvolvimento da vegetação do cerrado na Reserva Biológica de Mogi-Guaçu, SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 69-86, 1990.
- BERTONI, J. E. de A. **Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta do interior do Estado de São Paulo**: Reserva Estadual de Porto Ferreira. 1984. 196 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BERTONI, J. E. de A. *et al.* Flora arbórea e arbustiva do cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP). **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 169-188, 2001.

CAMARGO, O. A. de *et al.* **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 94 p. (Bol. Técn., 106).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

_____. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. 271 p.

FRANCO, G. A. C. **Florística e fitossociologia de duas unidades do mosaico florestal da Estação Ecológica dos Caetetus – Floresta Estacional Semidecidual, Gália – SP.** 2002. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FREITAS, R. O. **Formações geológicas de superfície.** Folha geológica de Piraçununga (SF-23-V-C-V-3). São Paulo: Instituto Geológico, 1981. Escala 1:50.000.

GOODLAND, R. **Análise ecológica da vegetação do cerrado.** São Paulo: EDUSP, 1979. 193 p. (Reconquista do Brasil, v. 52).

_____. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: FERRI, M. G. (Coord.). **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 3., 1971. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. p. 44-60.

HENDRICKSON, A. H.; VEIHMEYER, F. G. Permanent wilting percentage of soils obtained from field and laboratory trials. **Plant Physiology**, Rockville, v. 20, p. 517-539, 1945.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics.** San Diego: Academic Press, 1982. 364 p.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis:** advanced course. 2nd ed. Madison: published by the author, 1969. 895 p.

JACOMINE, P. T. K. Solos sob matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Coord.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, 2000. 320 p.

LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 3. ed. Campinas: SBSCS/CNPS, 1996. 83 p.

LEPSCH, I. F., MENK, J. R. F.; OLIVEIRA, J. B. Carbon storage and other properties of soils under agriculture and natural vegetation in São Paulo State, Brazil. **Soil Use and Management**, Osney Mead, v. 10, p. 34-42, 1994.

LIMA, J. A. S. *et al.* Agrupamento de espécies arbóreas de uma floresta tropical. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, D.F., v. 38, n. 1, p. 109-116, 2003.

LOPES, A. S.; COX, F. R. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 828-831, 1977.

LUEDER, D. R. **Aerial photographic interpretation:** principles and applications. New York: MacGraw-Hill, 1959. 462 p.

MARTINS, S. V. *et al.* Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 172-181, 2003.

MATTOS, I. F. A.; ROCHA, F. T. **Levantamento e mapeamento da cobertura vegetal do Parque Estadual de Porto Ferreira.** São Paulo: Instituto Florestal, 2002. 10 p. (Relatório do Plano de Manejo do Parque Estadual de Porto Ferreira).

MOTTA, P. E. F. *et al.* Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, D.F., v. 37, n. 7, p. 1023-1031, 2002.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada.** Jaboticabal: Funep, 2000. 414 p.

RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Heterogeneidade florística das matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Coord.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 45-71.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: Laboratório de Geomorfologia - Departamento de Geografia - FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica-Geologia Aplicada-IPT/FAPESP, 1997. v. 1 e 2. (Relatório e mapa).

ROSSI, M. *et al.* Relação solos/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo.

ROSSI, M. *et al.* **Levantamento pedológico do Parque Estadual de Porto Ferreira.** São Paulo: Instituto Florestal, 2002. 56 p. (Relatório do Plano de Manejo do Parque Estadual de Porto Ferreira).

SILVA JÚNIOR, M. C. **Composição florística, estrutura e parâmetro fitossociológico do cerrado e sua relação com o solo na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba-MG.** 1984. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SPURR, S. H. **Photogrammetry and photointerpretation.** 2nd ed. New York: Ronald Press, 1960. 465 p.

TORRES, R. B.; MARTINS, F. R.; KINOSHITA, L. S. Climate, soil and tree flora relationships in forest in the state of São Paulo, southeastern Brazil. **Rev. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 41-49, 1997.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. **Fitogeografia brasileira:** classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. Salvador: RADAMBRASIL, 1982. 85p. (Série Vegetação, 1).

WITTAKER, R. H. Evolution and measurement of species diversity. **Taxon**, Berkeley, v. 21, n. 2/3, p. 213-251, 1972.

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE AMOSTRAGEM NA FLORESTA OMBRÓFILA DENSE – PARQUE ESTADUAL CARLOS BOTELHO/SP–BRASIL*

Antonio Cecílio DIAS**
Hilton Thadeu Zarate do COUTO***

RESUMO

Foram comparados três métodos de amostragem (parcelas, quadrantes e relascopia), empregados no levantamento do componente arbóreo de dois trechos da Floresta Ombrófila Densa, no Parque Estadual Carlos Botelho, localizado na região sul do Estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas 24°00' – 24°15'S e 47°55' – 48°05'W. Empregou-se na comparação os valores de diversidade determinados pelo Índice de Shannon, a riqueza de espécies e parâmetros fitossociológicos, determinados para cada método de amostragem. Para comparação dos métodos de amostragem através dos parâmetros fitossociológicos, foi empregada a Distância Euclidiana, que mostrou diferenças entre os métodos de amostragem quanto à determinação desses parâmetros. Não foi detectada diferença significativa entre os valores de diversidade determinados para cada método. O método de parcelas foi superior aos métodos de quadrantes e relascopia na determinação da riqueza de espécies da comunidade estudada, resultado que apontou para a necessidade de maior intensidade amostral para estes dois métodos.

Palavras-chave: vegetação; Floresta Ombrófila; métodos de amostragem; diversidade; Distância Euclidiana; fitossociologia.

1 INTRODUÇÃO

As florestas da Encosta Atlântica apresentam variações regionais e locais, que as colocam entre as florestas mais ricas e diversificadas do mundo (Mantovani, 1993). Para o conhecimento dessa riqueza, bem como da diversidade de espécies aí contida, pesquisadores vêm empregando diferentes métodos de amostragem, obtendo resultados que nem sempre são comparáveis, o que dificulta a análise da floresta como um todo.

A caracterização da vegetação de uma determinada área pode ser obtida através de variáveis qualitativas e quantitativas. Enquanto para as variáveis qualitativas, a escolha das áreas pode ocorrer de forma subjetiva, as quantitativas exigem que a representatividade das áreas

ABSTRACT

Three sampling methods were compared (parcels, point centred quarter and relascope), used in the study of the arboreal component of a tracks in the Dense Ombrophylous Forest, at Carlos Botelho State Park, located in the south of the State of São Paulo, in the geographical coordinates 24°00' – 24°15'S, and 47°55' – 48°05'W. It was used in the comparison, the Shannon Index diversity values, the species richness and the phytosociologic parameters, determined for each sampling method. For comparison of the sampling methods through the phytosociologic parameters, the Euclidian Distance was used, that detected different behavior among the sampling methods in the determination of those parameters. Significant difference was not detected among the values of diversity for each method. The parcels method was superior to point centred quarter methods and relascope in the determination of the species richness of the studied community, result that appeared for the need of larger intensity sampling for these two methods.

Key words: vegetation; Ombrophilous Forest; sampling methods; diversity; Euclidian Distance; phytosociology.

a serem estudadas seja demonstrada objetivamente (Batista, 1998). Salienta ainda que o objetivo de qualquer levantamento de recursos naturais é obter informações que possam ser utilizadas nas tomadas de decisões. Para que as decisões sejam apropriadas, as informações obtidas devem ser confiáveis.

Diferentes métodos de amostragem vêm sendo empregados no estudo da vegetação, e podem ser classificados em duas categorias principais: método de parcelas e método de distância (sem parcelas). Alguns trabalhos têm-se preocupado com a comparação desses métodos, dentre os quais se destacam os realizados por Dias *et al.* (1989), Moscovich *et al.* (1999), Gorenstein (2002), Farias *et al.* (2002), Mello *et al.* (1996) e Aguiar (2003).

(*) Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em fevereiro de 2005 e aceita para publicação em junho de 2005.

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

(***) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 15, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

Dias *et al.* (1989), ao empregarem os métodos de amostragem de parcelas de área fixa e os métodos de distância: pontos quadrantes, árvore mais próxima, vizinho mais próximo, pares aleatórios, inglês e relascopia, com os fatores de numeração (Fn) 9, 16 e 25 e, considerando o Índice de Valor de Importância como parâmetro de comparação, não observaram diferenças significativas entre os valores obtidos através do emprego do método de parcelas e método de distância. No entanto, quando considerado o levantamento florístico da comunidade, os métodos Árvore Mais Próxima e Relascopia se mostraram menos eficientes. Considerando a complexidade e alta diversidade da Mata Atlântica, os autores chamaram a atenção para o grau de dificuldade encontrado em sua amostragem e propuseram estudos para a adoção de métodos de amostragem menos trabalhosos de serem implantados e com dados confiáveis.

Moscovich *et al.* (1999) compararam quatro métodos de amostragem de área variável (Strand, Prodan, Quadrantes e Bitterlich) com o método de área fixa, com o objetivo de determinar a eficiência de cada um deles na estimativa de parâmetros quantitativos e qualitativos da população. O estudo foi desenvolvido em uma área de 1 ha, onde todas as árvores com CAP ≥ 30 cm foram amostradas. Foram empregados no estudo 10 parcelas de área fixa de 10 x 100 m, e para os métodos Prodan, Quadrantes e Bitterlich foram empregados 25 pontos amostrais, distribuídos sistematicamente a cada 20 m. Para o método de Strand foram empregadas 30 linhas de amostragem de 15,7 m. Através da análise de variância, verificou-se que os métodos não apresentaram diferenças significativas na estimativa do volume, área basal e número de árvores por hectare. Porém, quando da estimativa do número de espécies amostradas, foi observada diferença significativa entre todos os métodos, sendo o método de área fixa o que apresentou melhor resultado.

Gorenstein (2002) comparou diferentes métodos de amostragem no levantamento de comunidades arbóreas em Floresta Estacional Semidecidual. Foram empregados no levantamento parcelas fixas, quadrantes e relascopia, utilizando-se como critério de inclusão a amostragem de todas as árvores com DAP ≥ 10 cm, e empregando na amostragem 100 parcelas contíguas de 10 x 10 m, 177 pontos quadrantes e 45 pontos de Bitterlich; foram amostrados respectivamente 59, 69 e 57 espécies para cada método empregado. O Método de Bitterlich (Fator-3) foi selecionado por apresentar melhores resultados em relação ao tempo gasto e

facilidade de aplicação no campo, em comparação a outros fatores. Considerando o esforço amostral por tempo, o método de quadrantes foi o que apresentou melhor resultado. No entanto, esse método apresentou desvios, em relação à estimativa de densidade, apresentando uma superestimativa de densidade arbórea para florestas com padrão de distribuição regular e uma subestimativa da densidade para florestas com padrão espacial agrupado.

Farias *et al.* (2002) efetuaram um inventário florestal em uma Floresta Estacional Semidecidual localizada na Zona da Mata, no município de Viçosa – Minas Gerais, onde compararam o método de parcelas fixas com a amostragem por pontos horizontais (Método de Bitterlich). Para esse estudo os autores se basearam nos parâmetros: número de árvores por hectare, volume por hectare, número de espécies, diâmetro médio, altura média do povoamento, bem como a distribuição diamétrica. Empregaram no levantamento 13 parcelas com 500 m² (20 x 25 m) cada, sendo a maior dimensão de cada parcela direcionada para o sentido de maior declividade. O centro de cada parcela de área fixa foi utilizado como ponto de amostragem, totalizando 13 pontos. Esses autores concluíram que a relascopia atende aos objetivos de diagnósticos rápidos de uma floresta, no entanto, salientaram que para a amostragem do número de espécies, há necessidade de maior intensidade amostral.

Mello *et al.* (1996) efetuaram estudo visando demonstrar, de forma quantitativa, a eficiência de vários sistemas de amostragem na descrição da estrutura fitossociológica de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana situada no município de Lavras – MG. Os autores empregaram no estudo os sistemas de amostragem casual simples, amostragem casual simples com parcelas de tamanhos desiguais, amostragem estratificada, amostragem sistemática, amostragem sistemática com pós-estratificação e amostragem sistemática com o uso de estimador de regressão. Para comparação dos sistemas de amostragem os autores utilizaram as Distâncias Euclidianas como medida de dissimilaridade entre os VIs obtidos para cada procedimento amostral. De acordo com Brower & Zar *apud* Mello *et al.* (1996) quanto menor a Distância Euclidiana entre duas comunidades mais próximas elas se apresentam em termos de parâmetros quantitativos por espécies. No presente trabalho, o melhor resultado foi observado para amostragem sistemática com parcelas de tamanho desigual, uma vez que apresentou o menor valor para a Distância Euclidiana (4,19).

Aguiar (2003) comparou o método de parcelas e quadrantes, aplicados simultaneamente em uma mesma área, na avaliação da composição florística e parâmetros estruturais das espécies arbóreas. Concluiu que os dois métodos não apresentaram diferenças entre si na avaliação desses parâmetros e, tendo em vista o esforço físico dispendido na amostragem de áreas com topografia acidentada, considera o método de quadrantes como o mais indicado para o estudo destas áreas.

A definição do método de amostragem que possa ser empregado em diferentes tipos de vegetação e produza resultados precisos e comparáveis entre si, a um menor custo e no menor espaço de tempo possível, é esperança de todo aquele que se dedica a esta área de estudo. No entanto, o que se observa é que cada pesquisador desenvolve o seu próprio sistema de amostragem produzindo resultados nem sempre comparáveis com outros estudos, mesmo quando são realizados em um mesmo bioma.

O presente trabalho teve como objetivo comparar os métodos de parcelas, quadrantes e relascopia, na avaliação da riqueza de espécies, diversidade e equabilidade, bem como os parâmetros fitossociológicos de dois trechos de Floresta Ombrófila Densa, no Parque Estadual Carlos Botelho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no Parque Estadual Carlos Botelho, que se localiza nas coordenadas geográficas 24°00' a 24°15'S e 47°55'a 48°05'W.

Com uma área de 37.797,43 hectares, suas terras distribuem-se pelos municípios de São Miguel Arcanjo, Capão Bonito, Sete Barras e Tapiraí, no Estado de São Paulo.

Preservado como unidade de conservação desde 1941, o Parque possui a maior parte de sua cobertura vegetal representada por florestas não perturbadas ou com perturbações pouco significativas.

Foi constituído pela junção de quatro reservas florestais – Reserva de Carlos Botelho e Reserva de Capão Bonito, criadas em 1941, e Reserva do Travessão e Reserva de Sete Barras, criadas em 1957 – que foram mantidas visando ao estabelecimento de futuros núcleos de colonização e preservação de áreas de refúgios e testemunho da fauna e flora regional (FIGURA 1).

A unificação dessas áreas de reservas e a sua elevação ao “status” de Parque Estadual ocorreram em 1982, sendo mantido o nome de “Carlos Botelho” por sua neutralidade e pela importância do homenageado (Carlos Botelho, médico e Secretário da Agricultura do Estado de São Paulo em 1904), conforme salienta Custodio Filho (2002).

2.2 Área de Amostragem

Foram consideradas, neste estudo, duas áreas de amostragens, que embora estejam dentro dos limites definidos para a Floresta Ombrófila Densa Montana, conforme estabelecido por Veloso *et al.* (1991), estão próximas dos limites desta formação vegetal. A primeira, denominada Grade 1, localiza-se no município de São Miguel Arcanjo, na parte mais elevada do Parque, com altitude em torno de 850 m, a segunda área, denominada Grade 2, localiza-se no município de Sete Barras, na região de altitude intermediária do Parque, em torno de 650 m.

A escolha do local de amostragem foi realizada com o emprego de um mapa de vegetação do Parque Estadual Carlos Botelho, elaborado com base em fotografias aéreas verticais pancromáticas, provenientes do recobrimento aerofotográfico do Litoral Sul/CESP, na escala aproximada de 1:35.000, efetuado em 1980/1981, que possibilitaram a caracterização de diferentes fitofisionomias.

Além das diferenças fitofisionômicas, foram consideradas também as diferenças altitudinais para a instalação dos sistemas de amostragem.

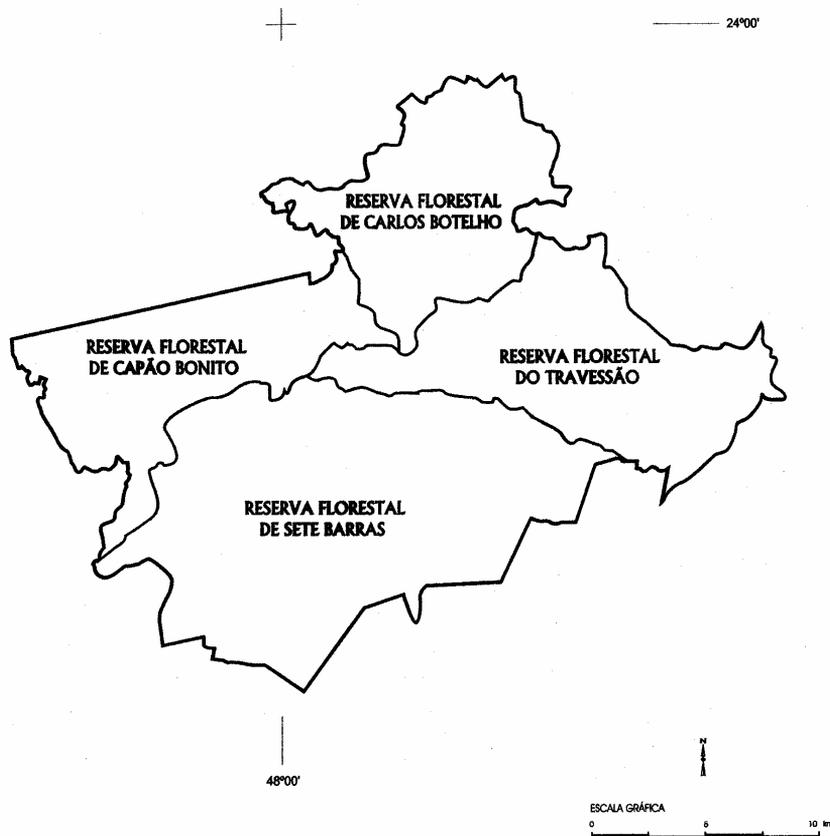


FIGURA 1 – Conjunto de Reservas Florestais que foram unificadas para criação do Parque Estadual Carlos Botelho.

2.3 Métodos de Amostragem Empregados

Para a amostragem foram utilizados três métodos de levantamentos: Parcelas Retangulares de Área Fixa, Parcelas Circulares de Raios Variáveis (Relascopia) e Pontos Quadrantes. Para o emprego desses métodos de levantamento, em cada grade amostral (Grade 1 e Grade 2), foram abertas oito linhas de picadas paralelas entre si, com distância de 100 m entre elas. Em cada linha de picada foram locados oito pontos de amostragem com distância de 100 m entre eles (FIGURA 2).

Para a instalação das parcelas retangulares de área fixa foi considerada a linha de picada como o eixo central da parcela, passando pelo ponto de amostragem, de forma que cada ponto ocupou o centro da parcela (FIGURA 3). Os pontos quadrantes foram instalados, considerando as linhas de amostragem que compõem a grade amostral. A distância mínima entre os pontos quadrantes foi de 20 m, sendo o primeiro ponto instalado no início da primeira parcela em cada linha de amostragem (FIGURA 3).

PONTO AMOSTRAL

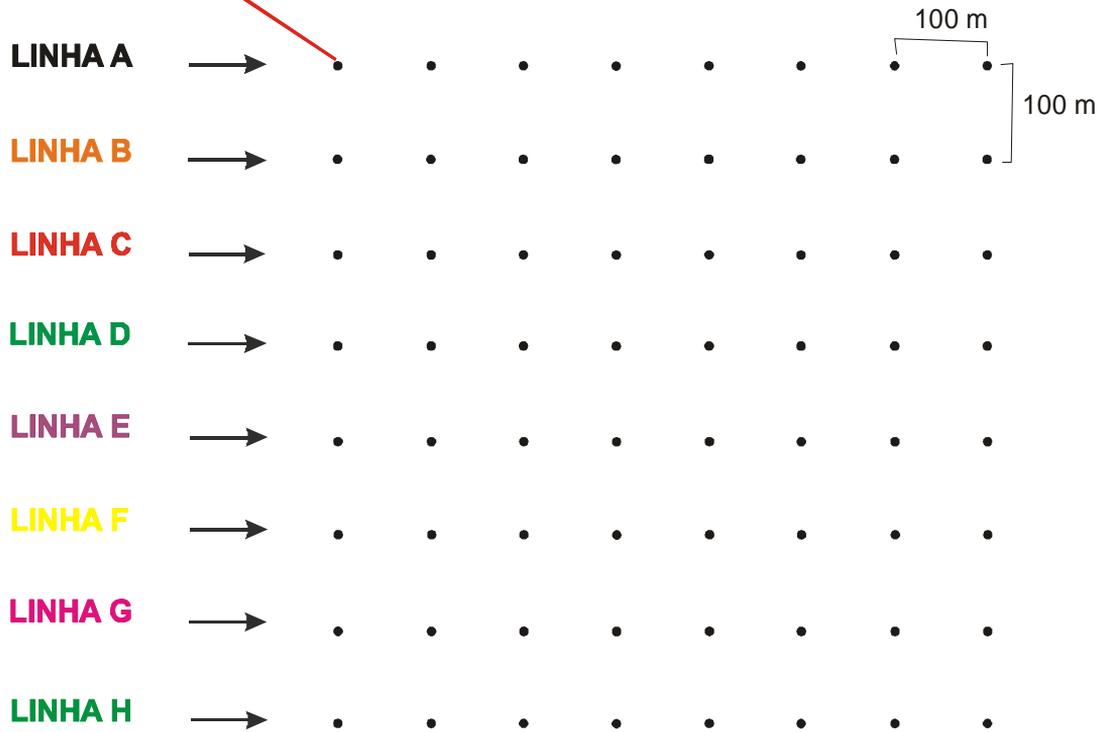


FIGURA 2 – Desenho Esquemático da Grade Amostral, com os pontos de amostragem (Aguiar, 2003).

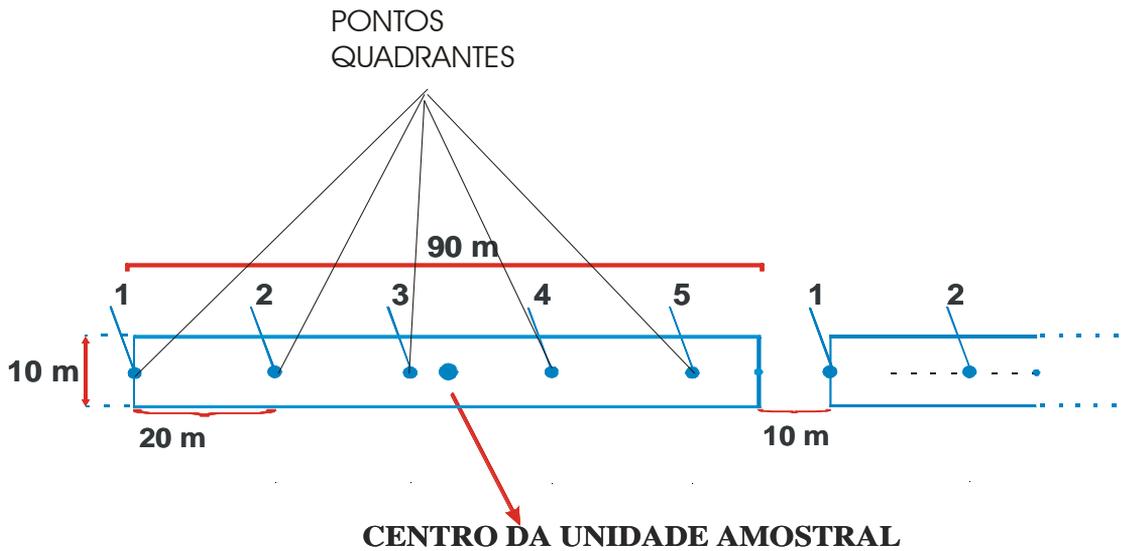


FIGURA 3 – Desenho esquemático da parcela, mostrando a localização dos pontos quadrantes a cada 20 m. Adaptado de Aguiar (2003).

As parcelas circulares de raios variáveis (Relascopia) foram instaladas considerando o fator de área basal $F = 4$. Em cada grade amostral foram instaladas 64 parcelas que tiveram como centro da amostragem os pontos locados ao longo das linhas de amostragem (FIGURA 4).

Foram instaladas, nas duas grades de amostragem, 128 parcelas de área fixa com 900 m^2 ($10 \times 90 \text{ m}$), 128 parcelas circulares de raios variáveis (Relascopia) e 640 pontos quadrantes, destes, quatro pontos

não foram considerados por se localizarem em grandes clareiras, onde não ocorria a presença de espécies arbóreas com o diâmetro mínimo de inclusão ($\text{DAP} \geq 5 \text{ cm}$).

Apesar da área de abrangência de cada grade amostral ser 64 ha , a área real de amostragem foi $5,76 \text{ ha}$. Assim, nas duas grades amostrais a área real de amostragem foi $11,52 \text{ ha}$. Nas FIGURAS 2, 3 e 4, observa-se que os métodos de amostragem foram aplicados simultaneamente na mesma área de amostragem.

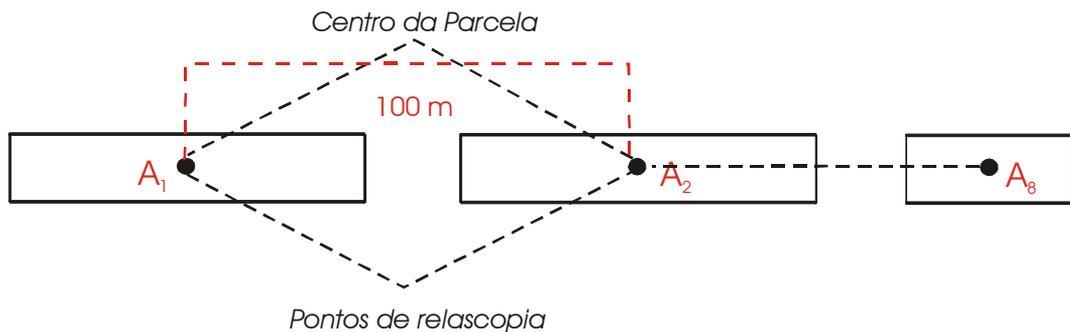


FIGURA 4 – Desenho esquemático da parcela, mostrando a localização dos centros das parcelas e pontos de relascopia.

2.4 Comparação dos Métodos de Amostragem

Os três métodos de amostragem empregados no presente estudo (parcelas, quadrantes e relascopia) foram comparados entre si, considerando:

- a) a composição florística e riqueza de espécies, obtida para cada método;
- b) os valores de diversidade e equabilidade, determinados com o emprego do índice de Shannon (H'), que faz parte do grupo de medidas baseadas na abundância proporcional de espécies e pela equabilidade (J) de Pielou (1977), definidos através das equações 1 e 3, constantes em Magurán (1988) e Martins & Santos (1999):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (1);$$

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (2);$$

$$J = \frac{H'}{\ln S} \quad (3);$$

em que: H' é o Índice de Diversidade de Shannon, J o Índice de Equabilidade de Pielou, S o número total de espécies, N número total de indivíduos e n_i número de indivíduos da espécie i , e

- c) Parâmetros fitossociológicos:

- Frequência Relativa;
- Dominância Relativa;
- Densidade Relativa, e
- Valor de Importância.

Os cálculos desses parâmetros, considerados como os mais usuais em levantamentos fitossociológicos, foram efetuados através do Programa SAS, tendo como base as equações propostas por Mueller-Dombois & ElleMBERG (1974) e Martins (1979).

Para a comparação dos métodos de amostragem, empregando-se os parâmetros fitossociológicos, foi utilizada a Equação (4) proposta por Brower & Zar *apud* Mello (1996):

$$DE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (4),$$

em que:

DE = Distância Euclidiana;

x_i = valor do parâmetro fitossociológico para a espécie i , amostrada pelo método x ;

y_i = valor do parâmetro fitossociológico para a espécie i , amostrada no método y , e

n = número de espécies.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Diversidade e Riqueza de Espécies

Os resultados obtidos com o emprego dos três métodos de amostragem (parcelas, quadrantes e relascopia) são apresentados na TABELA 1.

Observando os dados da TABELA 1, nota-se que o método de parcelas foi superior aos demais, independentemente da área de amostragem. Na Grade 1, o método de quadrantes amostrou apenas 70% do total de espécies amostradas pelo método de parcelas, enquanto para o método de relascopia este percentual ficou em 62%. Na Grade 2 a diferença entre os métodos foi ainda mais acentuada, pois o método de quadrantes amostrou apenas 59,5% do total de espécies amostradas pelo método de parcelas, e o método de relascopia amostrou 44,5% deste total.

O método de parcelas foi o que amostrou a menor porcentagem de espécies representadas por apenas um indivíduo, tanto na Grade 1 quanto na Grade 2, enquanto o método de relascopia registrou os maiores percentuais, sendo 40,64% para a Grade 1 e 43,31% para a Grade 2.

A diferença entre o número de espécies amostradas pelos três métodos (parcelas, quadrantes e relascopia) deve-se, principalmente, ao número de indivíduos amostrados em cada método.

Na Grade 1 o método de parcelas amostrou 9.543 indivíduos, enquanto o método de quadrante amostrou 1276 (13,4%) e o método de relascopia 638 indivíduos (7%). Na Grade 2 o método de parcelas registrou 10124 indivíduos, quadrantes 1270 (12,5%) e relascopia 578 indivíduos (6%) (TABELA 1). Essa diferença permite inferir sobre a necessidade de um maior número de pontos de amostragem, tanto para o método de quadrantes quanto para o método de relascopia.

Farias *et al.* (2002) comparando parcelas de área fixa com o método de Bitterlich (Relascopia), no estudo de florestas inequidâneas, chamou a atenção para a necessidade de maior intensidade amostral para o método de relascopia, para a caracterização da composição florística da área de estudo, entretanto, o emprego de parcelas de área fixa possui custo elevado e exige maior tempo de levantamento, uma vez que neste método se depara, normalmente, com a marcação e mensuração de um grande número de indivíduos.

Veiga (1976) recomenda o emprego da equação $a = 48 + 2 \sqrt{S}$ para determinar a distância entre os centros de amostragem, quando da utilização do Fator – 4, em que a é a distância entre os pontos e S é a área total a ser amostrada. Para o presente trabalho a distância ideal seria de 64 m entre os centros de amostragem e não 100 m como adotado, o que proporcionaria maior intensidade amostral.

TABELA 1 – Valores da diversidade (H') e equabilidade (J), riqueza de espécies e número de indivíduos determinados para o componente arbóreo na Grade 1 e Grade 2, instaladas na Floresta Ombrófila Densa, no Parque Estadual Carlos Botelho, SP, Brasil.

Parâmetros	GRADE 1			GRADE 2		
	Parc.	Quadr.	Relasc.	Parc.	Quadr.	Relasc.
Número de Espécies	250 (100%)	175 (70%)	155 (62%)	348 (100%)	207 (60%)	157 (45%)
Índice de Diversidade de Shannon (H')	4,591	4,442	4,411	4,702	4,459	4,468
Índice de Equabilidade (J)	0,832	0,86	0,874	0,803	0,836	0,884
Espécies com apenas um indivíduo (%)	8,8	25,14	40,64	23,56	34,29	43,31
Número médio de indivíduos por espécie	38	7	4	29	6	4
Número de indivíduos amostrados	9.543	1.276	638	10.124	1.270	578

Para a diversidade, apesar do método de parcelas apresentar valores ligeiramente superiores aos obtidos pelos métodos de quadrantes e relascopia nas duas grades de amostragem, não há diferenças significativas, uma vez que os valores estão muito próximos entre si (4,411 a 4,702). O mesmo comportamento pode ser observado para os valores de equabilidade (J), que variam entre 0,80 e 0,88 (TABELA 1).

Considerando todos os métodos de amostragem empregados, observa-se que os valores de diversidade encontrados estão entre os maiores determinados para as formações florestais do Parque Estadual Carlos Botelho. Até então os maiores valores foram obtidos por Dias *et al.* (2000) que, empregando o método de quadrantes, determinaram os valores de H' entre 4,26 e 4,40 para um trecho de floresta em estágio secundário na parte norte do Parque, e por Custodio Filho (2002) em levantamento efetuado através de transectos instalados ao longo de um gradiente altitudinal, encontrando para a área, valores de H' entre 3,27 e 4,26. Em outras áreas de domínio da Floresta Ombrófila Densa, os valores de diversidade encontrados foram também inferiores aos do presente trabalho. Mantovani (1993) determinou para a Estação Ecológica Juréia-Itatins $H' = 4,191$, para a vegetação da Serra do Mar na região de Salesópolis, Mantovani *et al.* (1990) determinaram $H' = 4,08$ e para a Floresta Atlântica da Ilha do Cardoso Melo (2000) encontrou um valor de $H' = 3,53$.

3.2 Distância Euclidiana

Considerando os valores dos parâmetros fitossociológicos obtidos para os métodos de parcelas, quadrantes e relascopia, empregados no presente estudo, determinou-se a Distância Euclidiana (DE) entre eles.

Na TABELA 2 são apresentados os valores para a Distância Euclidiana entre os métodos de amostragem, em cada grade amostral, para os parâmetros fitossociológicos determinados. Observa-se que para Freqüência Relativa os menores valores foram encontrados para os métodos de parcelas e relascopia, 10,24 e 8,72 para a Grade 1 e Grade 2, respectivamente. Esses métodos apresentaram, também, os menores valores de Distância Euclidiana, 5,0 e 18,03, para Dominância Relativa e Valor de Importância, respectivamente para os dados amostrados na Grade 2.

Para a Grade 1, os menores valores de Distância Euclidiana para Dominância Relativa e Índice Valor de Importância foram determinados para os métodos de parcelas e quadrantes. Para os valores de Densidade Relativa, os métodos de parcelas e quadrantes apresentaram valores de 4,56 e 5,04, para a Grade 1 e Grade 2, respectivamente, como sendo os menores valores de Distância Euclidiana.

TABELA 2 – Distância Euclidiana calculada entre os valores dos parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas pelos métodos de parcela, quadrantes e relascopia nas duas áreas de amostragem (Grade 1 e Grade 2), instaladas na Floresta Ombrófila Densa, no Parque Estadual Carlos Botelho, SP, Brasil. DE/FR – distância euclidiana para freqüência relativa; DE/DR – distância euclidiana para densidade relativa; DE/DOR – distância euclidiana para dominância relativa; DE/VI – distância euclidiana para valor de importância.

LOCAL	MÉTODOS	DE/FR	DE/DR	DE/DOR	DE/VI
	PARCELAS x RELASCOPIA	10,64	11,61	11,17	25,98
GRADE 1	PARCELAS x QUADRANTES	12,44	4,56	10,17	21,87
	QUADRANTES x RELASCOPIA	13,64	11,04	15,92	30,93
	PARCELAS x RELASCOPIA	8,72	8,86	5,00	18,03
GRADE 2	PARCELAS x QUADRANTES	14,17	5,04	9,96	22,42
	QUADRANTES x RELASCOPIA	15,39	9,77	12,21	25,89

Brower & Zar *apud* Mello *et al.* (1996) salientam que quanto menor a Distância Euclidiana entre duas comunidades, mais próximas estão estas comunidades entre si, em termos de parâmetros quantitativos.

Assim, para o componente arbóreo da Grade 1, os métodos de parcela e relascopia foram os que mais se aproximaram na determinação da Frequência Relativa. Os métodos de parcelas e quadrantes apresentaram resultados mais próximos para Densidade Relativa, Dominância Relativa e Valor de Importância.

Na Grade 2, os melhores resultados para Frequência Relativa, Dominância Relativa e Valor de Importância, foram apresentados pelos métodos de parcelas e relascopia. A Densidade Relativa foi melhor avaliada pelos métodos de parcelas e quadrantes.

Esses resultados mostram um comportamento diferente dos métodos de amostragem na determinação dos parâmetros fitossociológicos, nas duas áreas de amostragem.

Na Grade 1 e na Grade 2, o menor valor da Distância Euclidiana encontrado na comparação da Frequência Relativa, mostrou que os métodos de parcelas e relascopia apresentam maior afinidade na determinação deste parâmetro. Para Densidade Relativa o valor da Distância Euclidiana mostra maior afinidade para os métodos de parcela e quadrantes.

Para a Dominância Relativa e Valor de Importância, a Distância Euclidiana mostra que na Grade 1 os métodos de parcelas e de quadrantes foram os que mais se aproximaram na determinação deste parâmetro, enquanto na Grade 2, foram os métodos de parcela e relascopia.

4 CONCLUSÕES

O método de parcelas foi superior aos métodos de quadrantes e relascopia na determinação da riqueza de espécies da comunidade estudada.

Os valores de diversidade determinados pelo Índice de Shannon ficaram entre 4,411 e 4,702, sendo estes valores os maiores encontrados até o presente para o componente arbóreo da Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual Carlos Botelho.

A Distância Euclidiana mostrou que os três métodos empregados (parcelas, quadrantes e relascopia) se comportaram de formas diferentes

na determinação dos parâmetros fitossociológicos nas duas áreas de amostragem, o que mostra a heterogeneidade da floresta estudada.

Os resultados apontaram para a necessidade de maior intensidade amostral para os métodos de quadrantes e relascopia, uma vez que o número de indivíduos amostrados por estes métodos foi muito inferior ao obtido pelo método de parcelas nas duas áreas de amostragem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, O. T. **Comparação entre métodos de quadrantes e parcelas na caracterização da composição florística e fitossociológica de um trecho de Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual “Carlos Botelho” – São Miguel Arcanjo, SP.** 2003. 137 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BATISTA, J. L. F. **Levantamentos florestais: conceitos de amostragem aplicados ao levantamento de florestas.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais, 1998. 45 p.

CUSTODIO FILHO, A. **A Floresta Ombrófila Densa em diferentes altitudes no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil.** 2002. 165 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DIAS, A. C.; CUSTODIO FILHO, A.; FRANCO, G. A. D. C. Diversidade do componente arbóreo em um trecho de floresta secundária, Parque Estadual de Carlos Botelho, SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 127-153, 2000.

DIAS, A. C. *et al.* Comparação entre métodos empregados na amostragem de vegetação desenvolvida em comunidade de floresta pluvial tropical. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 93-119, 1989.

FARIAS, C. A. *et al.* Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequiduais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 541-548, 2002.

- DIAS, A. C.; COUTO, H. T. Z. do. Comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa – Parque Estadual Carlos Botelho/SP–Brasil.
- GORENSTEIN, M. R. **Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em Floresta Estacional Semidecidual**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MAGURAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. London: Croom Helm, 1988. 179 p.
- MANTOVANI, W. **Estrutura e dinâmica da Floresta Atlântica na Juréia, Iguape – SP**. 1993. 126 f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- _____. *et al.* A vegetação na serra do Mar em Salesópolis, SP. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO, 1990, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1990. p. 348-384.
- MARTINS, F. R. **O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual do interior do Estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga**. 1979. 239 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- _____.; SANTOS, F. M. A. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. **Revista Holos**, Rio Claro, v. 1, p. 236-267, 1999.
- MELO, M. M. R. F. **Demografia de árvores em floresta pluvial tropical atlântica, Ilha do Cardoso, SP, Brasil**. 2000. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MELLO, J. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Comparação entre procedimentos de amostragem para avaliação estrutural de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual Montana. **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 1-15, 1996.
- MOSCOVICH, F. A.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 173-191, 1999.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547 p.
- PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: Wiley, 1977. 385 p.
- VEIGA, A. A. **Curso de atualização florestal**. 3. ed. São Paulo: Instituto Florestal, 1976. 341 p. (Publicação IF, 8).
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada ao sistema universal**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1991. 123 p.

APLICAÇÃO DE MODELO DE REVEGETAÇÃO EM ÁREAS DEGRADADAS, VISANDO À RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA MICROBACIA DO CÓRREGO DA FAZENDA ITAQUI, NO MUNICÍPIO DE SANTA GERTRUDES, SP*

Rosa Maria Galera GONÇALVES**

Edegar GIANNOTTI**

Juliana Di Giorgio GIANNOTTI***

Araci Aparecida da SILVA**

RESUMO

O trabalho foi executado numa área denominada região dos lagos, no município de Santa Gertrudes, SP, situado aproximadamente no cruzamento da latitude 22°27'24"S e a longitude 47°31'49"W. O nível altimétrico médio é 575 m; o clima é do tipo Cwa, segundo Köppen; a precipitação anual situa-se entre 1.252 mm e 1.343 mm; a deficiência hídrica anual é 49,0 mm. O solo é classificado como latossolo roxo e o relevo suave ondulado. Foram medidas as alturas de 200 árvores em 2001 e 2002, num plantio executado segundo o modelo de Giannotti *et al.* (2000). As espécies pioneiras atingiram médias de crescimento que variaram de 3,91 m a 1,28 m no ano de 2001 e 2,35 m a 6,50 m, em 2002, enquanto as não pioneiras atingiram 0,80 m a 0,91 m no ano de 2001 e 1,39 a 1,64 m, em 2002. O modelo utilizado proporcionou a cobertura vegetal necessária ao desenvolvimento natural do reflorestamento, do ponto de vista silvicultural.

Palavras-chave: áreas degradadas; modelo; revegetação; dinâmica florestal.

ABSTRACT

This work has been done in the areas known as the lakes region, in the municipality of Santa Gertrudes, located approximately at the crossings of latitude S 22°27'24" and longitude W 47°31'49". The mean altitude is 575 m; the annual rainfall varied from 1252 mm to 1343 mm; the annual hydrological deficit reached 49.0 mm. The soil is classified as a purple latosol showing a smooth and wave-sloped topography. Measurements were taken in height from 200 trees in 2001 and 2002, in a planting carried out according to a model by Giannotti *et al.* (2000). The pioneer species have reached mean rates of growing which varied from 3.91 m to 1.28 m in 2001, and 2.35 m to 6.50 m in 2002, while the non-pioneer species achieved 0.80 m to 0.91 m in 2001, and 1.39 m to 1.64 in 2002. The model employed has provided for the necessary vegetation cover towards natural development of reforestation, from the silvicultural point of view.

Key words: degraded areas; model; revegetation; forest dynamics.

1 INTRODUÇÃO

As matas ciliares constituem uma formação florestal típica de áreas situadas ao longo dos cursos d'água, em locais sujeitos a inundações temporárias, em nascentes e olhos d'água, desempenhando um importante papel na rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, funcionando como reguladoras do fluxo de água, de sedimentos e de nutrientes entre os terrenos mais altos da bacia e o ecossistema aquático.

O assoreamento e desaparecimento de nascentes e cursos d'água são fatos comuns em áreas desmatadas, porém, a mata ciliar desempenha importante papel, contribuindo para a redução de perdas de solo decorrentes dos processos erosivos e do solapamento das margens dos rios; protege os cursos d'água dos impactos decorrentes do transporte

de produtos agrícolas; assegura a perenidade das nascentes; conseqüentemente, mantém a quantidade e qualidade da água para consumo humano e agrícola. Além disso, as matas ciliares se constituem em refúgios e fontes de alimentos para a fauna silvestre.

Nos locais onde a vegetação primitiva foi eliminada, é possível inverter a situação através de diversos processos de recuperação de florestas, buscando restaurar o meio biofísico local no tocante à flora.

Embora a mata recomposta dificilmente atinja a mesma diversidade da mata original, a revegetação tem a capacidade de mitigar uma série de efeitos e impactos ambientais, permitindo o restabelecimento de algumas características primitivas da área.

(*) Aceito para publicação em junho de 2005.

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

(***) Instituto de Economia Agrícola, Caixa Postal 68029, 04301-903, São Paulo, SP, Brasil.

Estudos vêm sendo desenvolvidos por pesquisadores, desde a década de 70 do século XX, sobre recomposição florestal, porém, sabe-se, através da literatura, que plantios visando ao repovoamento de matas ciliares de forma heterogênea foram realizados desde a década de 1950.

A partir de 1989, notou-se intensa discussão nos meios acadêmicos relativos a estudos científicos dirigidos para o conjunto de informações e idéias que contribuíssem para a ampliação dos conhecimentos voltados às práticas sobre o comportamento de espécies nativas, em reflorestamentos mistos e em recuperação de áreas degradadas. Procurou-se associar informações como estudos de florística, fitossociologia, fotointerpretação, biologia de espécies, dinâmica de populações, entre outros, com objetivos conservacionistas, garantindo a sustentabilidade mediante a aplicação de diversos métodos, e procurando obter resultados próximos à dinâmica de uma floresta natural.

Nas florestas tropicais, a sucessão florestal desenvolve um processo gradativo: primeiro instalam-se as espécies pioneiras, que darão condições para o surgimento das espécies secundárias, e essas proporcionarão as condições para as espécies mais tolerantes, as chamadas espécies clímax. Todo esse processo depende de vários fatores, entre eles os mecanismos de dispersão.

O método utilizado neste trabalho visa acelerar os processos naturais de recomposição florestal. O modelo implantado procurou contemplar todos os estádios de sucessão simultaneamente, no ato do plantio. A área de implantação localiza-se na bacia do rio Corumbataí, um manancial que serve a sete municípios do interior paulista e beneficia uma população de mais de 650 mil habitantes. Nela se insere o município de Santa Gertrudes, principal produtor nacional de cerâmicas de piso esmaltado, atividade desenvolvida há 30 anos, onde se procedeu à restauração ecológica das nascentes do córrego da Fazenda Itaqui.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vários estudos e pesquisas têm sido feitos com o intuito de apresentar métodos visando à recuperação de áreas degradadas, procurando torná-las naturalmente mais próximas dos biomas naturais. Na revisão bibliográfica alguns métodos foram abordados.

Um dos primeiros reflorestamentos feitos no Brasil ocorreu no estado de São Paulo entre 1955 e 1960. Foi um plantio com espécies nativas (Nogueira, 1977). Esse plantio foi feito de forma heterogênea, sem preocupação com espaçamento e alinhamento, procurando fazer uma recuperação no modelo da natureza. Esse modelo de reflorestamento heterogêneo, denominado miscelânea, foi inicialmente utilizado pela Centrais Elétricas de São Paulo - CESP para a proteção de suas barragens (Biella, 1981). O local hoje apresenta uma floresta semelhante à mata nativa, e a natureza começou a desenvolver seu papel na dispersão das espécies; formou-se o sub-bosque, e foram propiciadas condições ao retorno de algumas espécies da fauna.

Segundo Durigan & Nogueira (1990), a recomposição de matas ciliares deve partir de um planejamento prévio; com estudos para os procedimentos do quê e como plantar. Outro aspecto fundamental é a escolha das espécies a serem plantadas, de preferência aquelas que ocorrem naturalmente em condições de clima, solo e umidade semelhantes às da área a ser reflorestada (Durigan & Nogueira, 1990).

Segundo Carpanezzi (1991), a reconstrução se orienta pelo processo sucessional, e procura atingir gradativamente características florísticas, ecológicas e genéticas próprias das fases mais avançadas da floresta. O método citado para recuperação de áreas degradadas preceitua a relação quantitativa entre indivíduos dos grupos sucessionais, espécies pioneiras, secundárias iniciais, tardias e clímax.

Carpanezzi (1991) e Crestana *et al.* (1993) consideram ecossistema perturbado aquele que sofreu distúrbio, mas dispõe de meios de regeneração biótica. E um ecossistema degradado é aquele que sofreu grave distúrbio e tem baixa resiliência, em que o retorno pode não acontecer ou pode ser muito lento.

Crestana *et al.* (1993) destacam para a recomposição de mata ciliar os seguintes sistemas: fitossociológico e o sucessional.

Segundo Viana (1991)*, o ecossistema numa visão antropocêntrica, tem funções ou influências ambientais benéficas ou malélicas à sociedade. Portanto, a recomposição de um ecossistema deve almejar, idealmente, benefícios ou serviços.

(*) VIANA, V. **Reflorestamento com espécies nativas**: restauração da forma ou recuperação das funções da floresta. Piracicaba, 1991. 13 p. (não publicado).

Kageyama *et al.* (1990) apresentam algumas ações de incentivo ao processo de sucessão. Esse método se inicia com as espécies pioneiras, e consiste em plantio misto, com planejamento pró-sucessão.

Toledo Filho & Parente *apud* Crestana *et al.* (1993), estudando a dispersão e implantação de mudas através da regeneração natural, notaram que certas espécies nativas apresentam níveis de dispersão, medidos em indivíduos (mudas) por metro quadrado.

Diferentes trabalhos, realizados em matas ciliares, abordam diversos aspectos para recomposição, desde o plantio heterogêneo com espécies nativas (Nogueira, 1977; Biella, 1981) até a reconstituição de trechos destas formações vegetais com espécies típicas (Martini, 1982); dinâmica de populações de plantas relacionadas ao banco de sementes do solo (Kageyama, 1986); estrutura e diversidade das comunidades (Gibbs & Leitão Filho, 1978; Bertoni *et al.*, 1982; Leitão Filho, 1982; Mantovani *et al.*, 1986; Bertoni & Martins, 1987; Dematte *et al.*, 1987; Mantovani *et al.*, 1989; Sanchez, 1994).

Budowski (1965), no sistema sucessional, classifica as espécies arbóreas em quatro grupos distintos. Essa classificação é utilizada atualmente para orientar o reflorestamento de forma organizada e funcional.

Williams (1995) cita outras metodologias para regeneração de áreas alteradas, como o plantio de espécies arbóreas e arbustivas, nativas ou exóticas, e a semeadura de espécies herbáceas exóticas que têm sido a prática empregada na revegetação de áreas degradadas.

As recuperações acima citadas têm um aspecto peculiar; o material empregado constitui-se de vegetais nativos coletados na região, resultando numa diversidade representativa da flora e da fauna como seqüência natural.

Segundo São Paulo (2000), as discussões e práticas sobre o comportamento das espécies nativas na regeneração de áreas degradadas, ou no reflorestamento misto com objetivos conservacionistas, auto-sustentáveis, com vistas à melhoria das condições ambientais e da qualidade de vida, considerando os diferentes aspectos científicos pesquisados (florística, fitossociologia, fotointerpretação, biologia das espécies, ecofisiologia, ecologia, dinâmica de populações, hidrologia, solos e clima, entre outros), estão associadas aos modelos e formas de reflorestamento.

A prioridade para se iniciar a revegetação com espécies nativas deve ser em Áreas de Preservação Permanente - APP, beiras de nascentes e olhos d'água, córregos, rios, represas e áreas com declive acentuado. Em seguida, locais impróprios para a agricultura, terrenos erodidos, ou locais impactados por ações antrópicas que levaram ao desmatamento e a ocupação desordenada (Barbosa, 1989; Joly, 1994; Barbosa *et al.*, 1997).

Muitos projetos de reflorestamento heterogêneo com espécies nativas fracassaram em decorrência dos poucos conhecimentos técnicos, principalmente sobre a biologia das espécies utilizadas, ou de seu comportamento em reflorestamentos artificiais. A falta de critérios científicos no conhecimento do comportamento da dinâmica das florestas naturais (processo pelo qual as espécies se regeneram e se desenvolvem após a queda natural das árvores, com formações de clareiras que em seguida vão sendo ocupadas por novos indivíduos de diferentes espécies), ou as tecnologias para coleta de sementes, beneficiamento e produção de mudas, são outros fatores que influenciaram o processo de recomposição florestal.

Segundo Rodrigues & Leitão Filho (2000), as clareiras formadas pela queda de árvores desempenham importante papel na dinâmica natural das florestas, sendo um dos principais agentes de perturbações. Mediante esse aspecto, tem-se estabelecido uma relação entre as clareiras e a geração e manutenção da diversidade. A implantação ou recomposição de matas ciliares, bem como o seu manejo, requerem o emprego de técnicas adequadas, geralmente definidas em função de avaliações detalhadas das condições locais e da utilização dos conhecimentos científicos existentes. Hoje, o conceito de auto-sustentabilidade está abrindo um leque de pesquisas em florestas implantadas, através de modelos que se utilizam da sucessão natural com o objetivo de criar condições nas relações flora e fauna, visando à auto-renovação da vegetação e à conservação da biodiversidade.

Salvador (1987), Kageyama (1986), Durigan & Nogueira (1990), Rodrigues *et al.* (1992), Rodrigues & Gandolfi (1996) e Barbosa *et al.* (1996) apresentam listas de espécies indicadas para recuperação de áreas alteradas.

Ao compor um modelo sugere-se uma diversificação de espécies classificadas em relação à sucessão ecológica, utilizando-se mais de uma espécie de pioneiras e não-pioneiras (Barbosa, 1993).

Rodrigues *et al.* (1992), Kageyama *et al.* (1990), Barbosa (1993), Macedo *et al.* (1993), Botelho *et al.* (1995) e Rodrigues & Leitão Filho (2000) citam vários tipos de modelos aplicados para reflorestamentos e enriquecimentos.

O modelo apresentado neste trabalho foi elaborado visando à dinâmica da floresta, baseado tanto nos levantamentos fitossociológicos como sucessionais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

3.1.1 Localização

A área do experimento possui cerca de 2,0 ha e está localizada na sub-bacia do córrego Fazenda Itaqui, região dos lagos, no município de Santa Gertrudes, estado de São Paulo. O município localiza-se entre as latitudes 22°24' e 22°33'S e longitudes 47°25' e 47°35'W. A altitude média é 575 m (FIGURA 1).

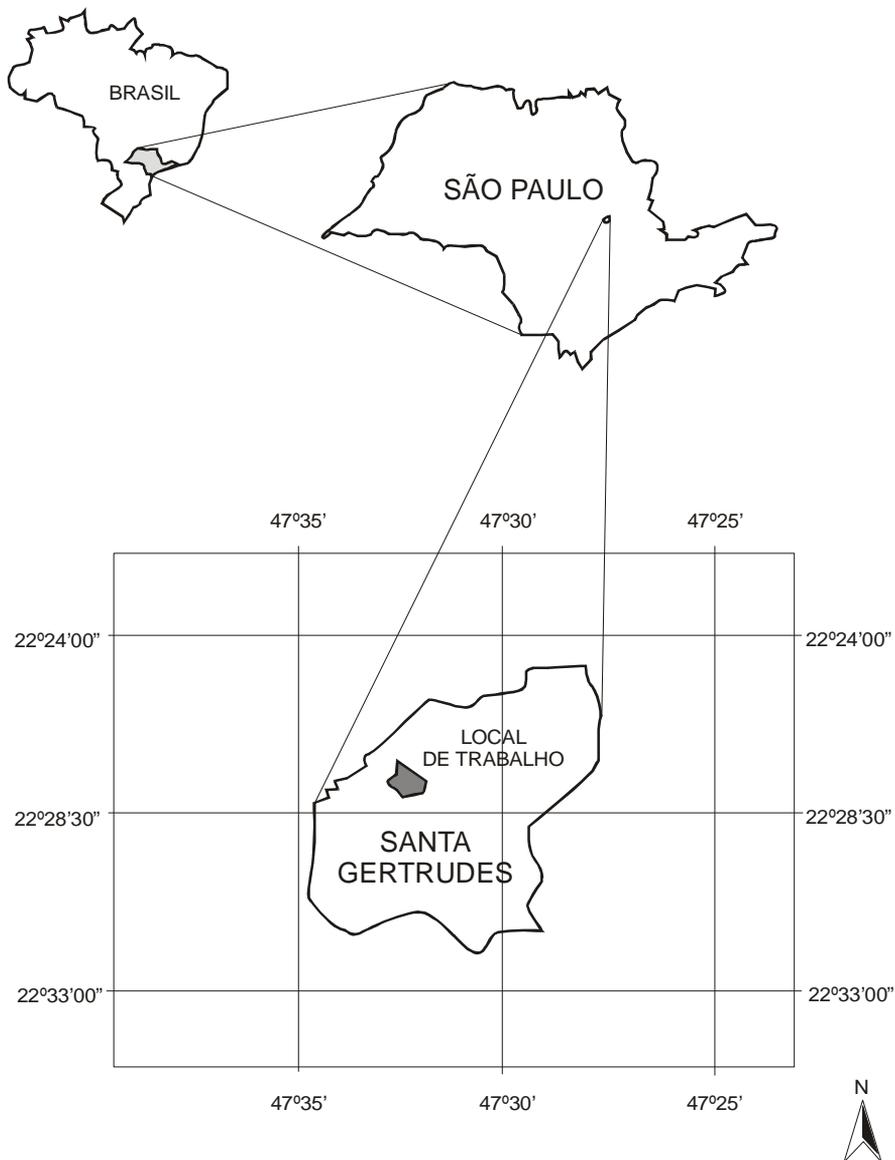


FIGURA 1 – Localização da área de trabalho no município de Santa Gertrudes.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

3.1.2 Clima

O clima é classificado, segundo Köppen, como Cwa, que indica clima mesotérmico úmido, subtropical de inverno seco, com temperaturas no mês mais quente superiores a 22°C. As temperaturas médias (máxima e mínima) ocorrem em janeiro/fevereiro e junho/julho com 23,0°C e 16,6°C, respectivamente (Oliveira & Prado, 1984).

Com base em dados disponíveis, pode-se destacar o mês de janeiro com a maior pluviosidade (226 mm) e junho com a menor (20 mm), sendo a precipitação anual de 1.343 mm a 1.252 mm. O período chuvoso estende-se de outubro a março e o período seco de abril a setembro (Oliveira & Prado, 1984).

O diagrama climático do município de Santa Gertrudes, em decorrência das variações de temperatura e precipitação, apresenta uma deficiência hídrica anual de 49,0 mm (Oliveira & Prado, 1984) (FIGURA 2).

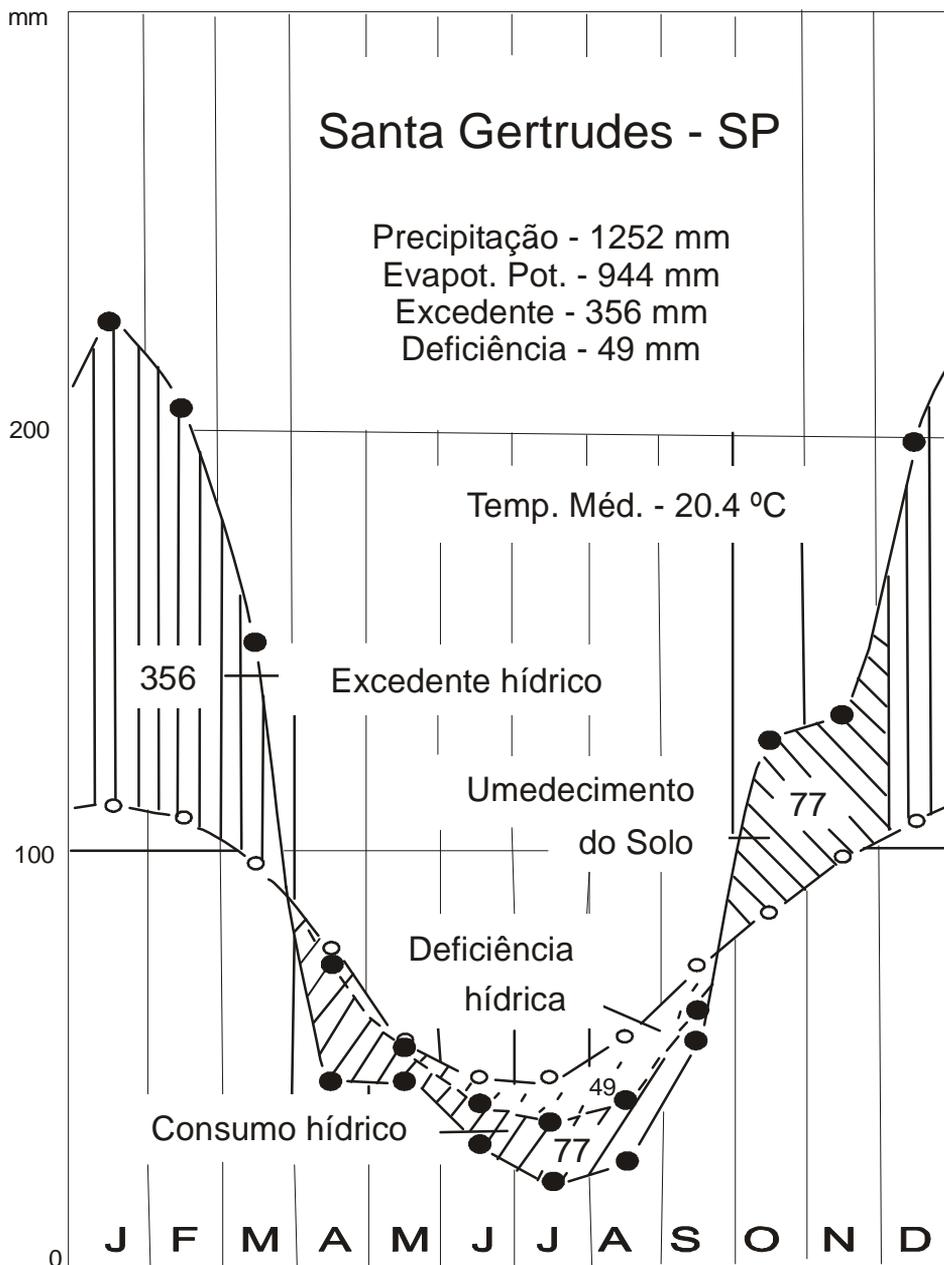


FIGURA 2 – Diagrama climático do município de Santa Gertrudes, estado de São Paulo (Oliveira & Prado, 1984).

3.1.3 Aspectos da geologia

Segundo o Mapa Geológico do estado de São Paulo, a região de Santa Gertrudes pertence ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral.

Conforme a classificação do solo da região, trata-se de Latossolo roxo (LRe e LRd), originários de materiais provenientes do intemperismo de rochas básicas, constituídos por basaltos e diabásios, que apresentam elevados teores de óxido de ferro. A textura é argilosa ou muito argilosa, o teor de areia baixo, inferior a 20%. São solos profundos, com vários metros, apresentando horizontes A, B e C.

O relevo é suave ondulado, predominando os declives de 3 a 5%. O solo local apresenta boas qualidades físicas e químicas e relevo ondulado.

3.1.4 Descrição da área e preparo do terreno

Parte da área foi utilizada anteriormente como local de empréstimo de solo e, em outra porção,

existia um alicerce de usina para beneficiamento de asfalto. A área apresentava, portanto, grandes irregularidades, entulho de construção e capas de asfalto. Devido a esses fatores, antes de qualquer iniciativa de plantio, foi necessária a remoção de toda capa asfáltica existente. Foram executados levantamentos topográficos visando à remodelagem do terreno de forma aproximada às condições originais. O terreno foi subsolado e gradeado. Ainda na fase de preparação do solo, a área foi percorrida e os formigueiros destruídos (FIGURAS 3 e 4).

A vegetação nativa local era praticamente inexistente, sendo observados nos arredores apenas indivíduos de mamona (*Ricinus communis*) e grandes exemplares de eucaliptos (*Eucalyptus* spp.).

3.1.5 Plantio

O plantio foi realizado em janeiro de 2000. Na porção do terreno próxima à rede elétrica foi deixada uma faixa de 15 m de largura sem plantio (FIGURA 5).



FIGURA 3 – Local do experimento antes do preparo do terreno, microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.



FIGURA 4 – Local do experimento antes do preparo do terreno, microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.



FIGURA 5 – Plantio realizado em 2000, microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

3.1.6 Espécies utilizadas

As espécies utilizadas na restauração ecológica

na região dos lagos, no município de Santa Gertrudes, SP, encontram-se no QUADRO 1.

QUADRO 1 – Mudanças utilizadas no plantio na microbacia do córrego da Fazenda Itaqui Santa Gertrudes, SP.

Espécies pioneiras		
	Nome científico	Nome popular
1	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	angico-vermelho
2	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	embaúba
3	<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.	paineira
4	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	sangra d'água
5	<i>Cytharexylum myrianthum</i> Cham.	pau-de-viola
6	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	ibirá-puitá
7	<i>Luehea candicans</i> Mart. et Zucc.	mutambo-preto
8	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutambo-de-várzea
9	<i>Ochroma pyramidalis</i> (Carv. ex Lam.) Urb.	pau-de-jangada
10	<i>Trema micrantha</i> Blum.	pau-pólvora
Espécies de estrutura		
Item	Nome científico	Nome popular
1	<i>Lonchocarpus</i> sp. (Tul.) Malme	embira-de-sapo
2	<i>Aspidosperma ramiflorum</i> M. Arg.	guatambu
3	<i>Inga vera</i> Mart.	ingá-vera
4	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	café-de-bugre
5	<i>Platypodium elegans</i> Vog.	jacarandá-do-campo
6	<i>Holocalyx balansae</i> Mich.	alecrim-de-campinas
7	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	monguba
8	<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitanga
9	<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira
10	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	ingá-mirim
11	<i>Myroxylon balsamum</i> L.f.	cabriúva
12	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	óleo-de-copaíba
13	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez.	canelinha
14	<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	caviúna
15	<i>Poecilanthus parviflora</i> Benth.	coração-de-negro
16	<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	guarantã
17	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bur.	ipê-felpudo
Espécies de diversidade		
Item	Nome científico	Nome popular
1	<i>Galesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	pau-d'alho
2	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels. *	jambolão
3	<i>Hymenaea courbaril</i> L. var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne) Lee et Lang.	jatobá
4	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro-rosa
5	<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	dedaleiro
6	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Standl.	ipê-roxo

continua

continuação – QUADRO 1

Espécies de diversidade		
Item	Nome científico	Nome popular
7	<i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne	mirindiba
8	<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sand.	ipê-branco
9	<i>Morus nigra</i> L.*	amora
10	<i>Tabebuia pentaphylla</i> Hemsl.*	ipê-branco
11	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	araçá
12	<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	suinã
13	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	cereja-do-rio grande
14	<i>Spondias lutea</i> L.	cajá-mirim
15	<i>Cordia superba</i> Cham.	córdia-superba
16	<i>Tabebuia vellosi</i> Tol.	ipê-amarelo
17	<i>Cordia abyssinica</i> R. Br.*	córdia-africana
18	<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	coração-de-negro
19	<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	bico-de-pato

(*) Espécies exóticas: *Syzygium cumini* (L.) Skeels – jambolão, trata-se de uma espécie originária da Índia e do Sri Lanka, amplamente cultivada no Brasil, inclusive nas margens de rios; *Morus nigra* L. – amora, árvore originária da China também cultivada no Brasil; *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. – ipê balsamo, espécie originária de El Salvador, também cultivada no Brasil; *Cordia abyssinica* R. Br. – córdia africana, espécie originária da África, Índia e Austrália, também cultivada no Brasil.

3.1.7 Tratos culturais

Procedeu-se ao coroamento das mudas, num raio de 0,50 m do colo das plantas, seis meses após o plantio. Os vários indivíduos de mamona (*Ricinus communis*), que surgiram no local, foram deixados por serem espécies pioneiras exóticas que ajudam na rápida cobertura do solo.

Como o solo do local se encontrava muito solto, devido aos trabalhos de terraplenagem e preparo para plantio, em alguns pontos da área ocorreu exposição das raízes das plantas. Essas imperfeições foram corrigidas com enxada, dispondo a terra em forma de coroa, num raio de 0,30 m ao redor da muda.

Procedeu-se, durante o período das chuvas, à adubação em cobertura utilizando-se 100 gramas de adubo por cova, da formulação 10:10:10.

Efetuuou-se o combate às formigas cortadeiras, e cerca de seis meses após o plantio foi executado o repasse em toda a área para verificar se o combate aos formigueiros foi eficiente.

No final de 2001, procedeu-se a roçada à foice de toda a área plantada, visando ao controle das ervas invasoras, sendo que os indivíduos de mamona foram poupados.

3.1.8 Modelo de revegetação

Utilizou-se o modelo proposto por Giannotti *et al.* (2000) que se baseia em levantamentos fitossociológicos procedidos em matas mesófilas semidecíduas da região, especificamente na fazenda São José, Rio Claro (Pagano *et al.*, 1987), Estação Ecológica de Ibicatu, Piracicaba (Custodio Filho *et al.*, 1994) e às margens do rio Passa Cinco, Ipeúna (Rodrigues, 1991).

Por esse método, as espécies são divididas em três categorias: espécies pioneiras, espécies de “estrutura” e espécies de “diversidade”, com base nas características sucessionais de algumas espécies e, principalmente, na estrutura qualitativa e quantitativa da floresta, e distribuídas no campo, na proporção de 50% de espécies pioneiras, 37,5% de espécies de “estrutura” e 12,5% de espécies de “diversidade”, obedecendo o espaçamento de 3,00 m x 1,66 m, ou seja, aproximadamente 5 m²/planta (FIGURA 6).

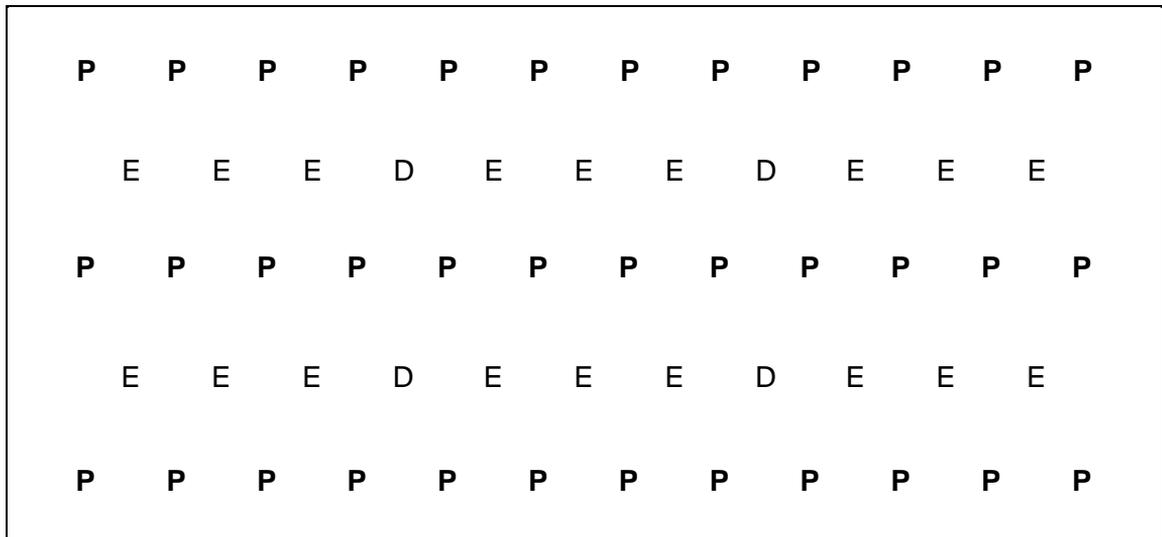


FIGURA 6 – Esquema de plantio segundo a aptidão ecológica das espécies: espécies pioneiras (P), espécies de “estrutura” (E) e espécies de “diversidade” (D).

O modelo proposto para a revegetação da área procura restaurar a estrutura e a dinâmica da vegetação original, resguardando a diversidade das espécies e a representatividade de suas populações.

As espécies pioneiras são plantas lucífilas, de rápido crescimento que irão sombrear o terreno num curto espaço de tempo, controlando de forma natural o aparecimento das ervas invasoras e proporcionando o tutoramento das plantas umbrófilas. Compõem 50% do total das mudas plantadas. Em razão de seu rápido crescimento, do número de indivíduos utilizados no plantio e de seu ciclo de vida relativamente curto, irão produzir um volume considerável de biomassa que, por sua vez, se transformará em matéria orgânica, incorporando-se ao solo. As espécies pioneiras, em geral, produzem grande quantidade de pequenos frutos que servirão de alimento principalmente para a avifauna e os morcegos. Esses animais serão os dispersores das sementes por toda a área circunvizinha, garantindo a presença de chuva e banco de sementes e de certa forma, responsáveis pela dinâmica da floresta implantada.

Espécies de “estrutura” foram consideradas aquelas que nos levantamentos fitossociológicos apresentaram altos índices valor de importância (IVI), ou seja, o somatório da densidade, frequência e dominância relativas. Compõem 37,5% do total da floresta plantada.

Essas espécies aparecem sempre nos levantamentos de um determinado bioma, em grande número de indivíduos, ou de forma conspícua, mas em número relativamente pequeno de espécies.

Já as espécies “de diversidade” também têm presença constante no bioma, porém, ao contrário das espécies de estrutura, ocorrem em número elevado de espécies, mas pequeno número de indivíduos, apresentando uma distribuição espacial bastante rarefeita e baixos valores de importância; as espécies “de diversidade” compõem apenas 12,5% do total da floresta plantada.

O modelo de revegetação apresentado proporciona características sucessionais e fitossociológicas ao sistema de recomposição. A primeira característica é representada pelos 50% de espécies pioneiras, e a segunda pelos 50% restantes, nos quais 75% são espécies “de estrutura” e 25% espécies “de diversidade”.

Entre as espécies pioneiras recomendadas foram utilizadas *Anadenanthera macrocarpa* e *Chorisia speciosa* que, na realidade, são espécies secundárias iniciais, mas que apesar de suas sementes não formarem banco, apresentam função de pioneiras no início do plantio, ou seja, crescem rapidamente, tutorando as plantas umbrófilas, além de proporcionar grande volume de biomassa. Da mesma forma, circunstancialmente, podem aparecer espécies pioneiras fazendo papel de espécies “de estrutura” ou, principalmente, “de diversidade”,

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

uma vez que a dinâmica para perpetuação da floresta se faz por clareiras e as pioneiras são as espécies que irão recompor este espaço, aí permanecendo em maior ou menor número, dependendo do tamanho da clareira.

3.1.9 Taxa de acréscimo

Foram feitas 200 medidas, sendo a primeira em janeiro de 2001, após um ano da execução do plantio, e a segunda em janeiro de 2002. Portanto, os valores para os cálculos foram obtidos após os levantamentos, com intervalo de um ano.

O acréscimo médio anual foi calculado pela fórmula:

$$\frac{H-h}{h} = \frac{t}{100}$$

em que:

H = altura atual;

h = altura anterior, e

t = taxa de acréscimo anual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A TABELA 1 mostra as médias, desvios-padrão, valores do teste t e respectiva significância estatística, para a variável altura (medida em metros) dentro dos dois anos de avaliação entre os dois tipos de espécies de árvores plantadas.

Pode-se observar pela TABELA 1 que as espécies pioneiras e não pioneiras diferiram estatisticamente ao nível de significância de 1% (confiança de 99%) quanto à altura, dentro dos dois anos de avaliação do plantio. Observa-se, também, que a altura média das espécies pioneiras foi maior nos dois anos da avaliação. A FIGURA 7 ilustra esses resultados.

TABELA 1 – Médias, desvios-padrão, teste t e respectiva significância estatística, para a variável altura dentro dos dois anos de avaliação entre as espécies pioneiras e não pioneiras plantadas.

Ano	Estatísticas	Pioneiras	Não Pioneiras
2001	Média	2,034	0,914
	Desvio-padrão	1,112	0,464
	T		8,941**
2002	Média	3,867	1,500
	Desvio-padrão	1,800	0,789
	T		11,105**

(**) Significativo pelo teste t, ao nível de 1% ($p \leq 0,01$).

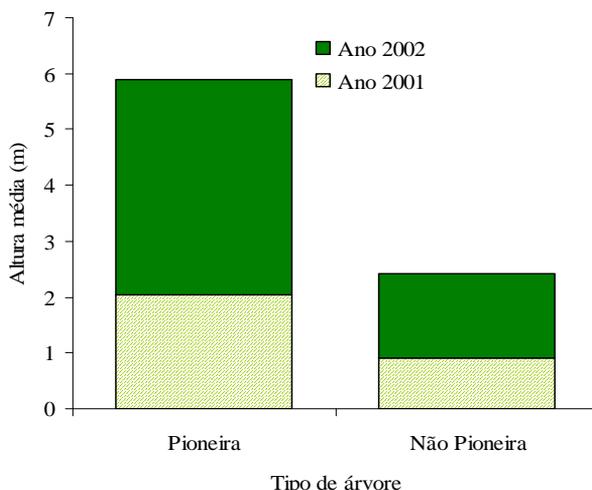


FIGURA 7 – Médias referentes às alturas das espécies pioneiras e não pioneiras nos anos de 2001 e 2002, reflorestamento da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.

A TABELA 2 mostra as médias, desvios-padrão, valores da estatística t e respectiva significância estatística, para a variável altura (medida em metros) dentro dos dois diferentes tipos de espécies de árvores plantadas entre os dois anos de avaliação.

Pode-se observar, pela TABELA 2, que houve diferença estatística para a variável

das plantas entre os anos de 2001 e 2002, dentro do tipo de espécie plantada. A maior média de altura pode ser observada para a espécie pioneira no ano de 2002, e a menor média de altura foi para a espécie não pioneira no ano de 2001. A FIGURA 8 ilustra esses resultados.

TABELA 2 – Médias, desvios-padrão, teste t e respectiva significância estatística, para a variável altura dentro dos dois tipos de espécies entre os dois anos de avaliação.

Tipo de Espécies	Estatísticas	2001	2002
Pioneiras	Média	2,034	3,867
	Desvio-padrão	1,112	1,800
	T		-8,010**
Não Pioneiras	Média	0,914	1,5
	Desvio-padrão	0,464	0,789
	T		-6,245**

(**) Significativo pelo teste t, ao nível de 1% ($p \leq 0,01$).

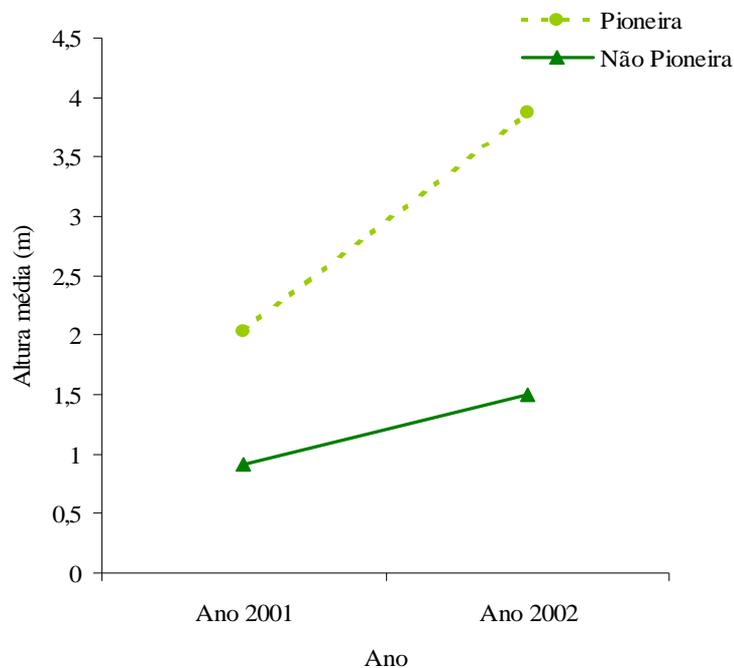


FIGURA 8 – Médias referentes às alturas nos anos de 2001 e 2002 das espécies pioneiras e não pioneiras, reflorestamento da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

Pelo fato de as espécies não pioneiras estarem divididas em espécies de estrutura e diversidade, há interesse em se verificar se existe ou não diferença na altura dessas espécies. Para tanto, a TABELA 3 apresenta as médias, desvios-padrão, valores do teste t e respectiva significância estatística, para a variável altura (medida em metros) dentro dos dois anos de avaliação entre os dois tipos de espécies – estrutura e diversidade – de árvores não pioneiras plantadas.

Pela TABELA 3 observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre as espécies de estrutura e de diversidade dentro dos dois anos de avaliação, isto é, a média das alturas

destes tipos de espécies pode ser considerada igual tanto no ano de 2001 quanto no ano de 2002. A FIGURA 9 ilustra esses resultados.

A análise descritiva-número total de árvores, média, desvio-padrão, valores mínimo e máximo e frequências absolutas e percentuais, esta última entre parênteses, das espécies pioneiras, encontra-se na TABELA 4. As espécies pioneiras foram classificadas de um a dez, da seguinte maneira: 1 = *Trema micrantha*; 2 = *Croton floribundus*; 3 = *Cecropia pachystachya*; 4 = *Peltophorum dubium*; 5 = *Luehea candicans*; 6 = *Ochroma pyramidalis*; 7 = *Guazuma ulmifolia*; 8 = *Cytherexylum myrianthum*; 9 = *Anadenanthera macrocarpa* e 10 = *Chorisia speciosa*.

TABELA 3 – Médias, desvios-padrão, teste t e respectiva significância estatística, para a variável altura dentro dos dois anos de avaliação entre os dois tipos de espécies de árvores plantadas.

Ano	Estatísticas	Estrutura	Diversidade
2001	Média	0,951	0,875
	Desvio-padrão	0,465	0,464
	T	0,86 ^{ns}	
2002	Média	1,400	1,703
	Desvio-padrão	0,705	0,917
	T	1,59 ^{ns}	

(ns) Não significativo pelo teste t, considerando com nível mínimo de significância 5%.

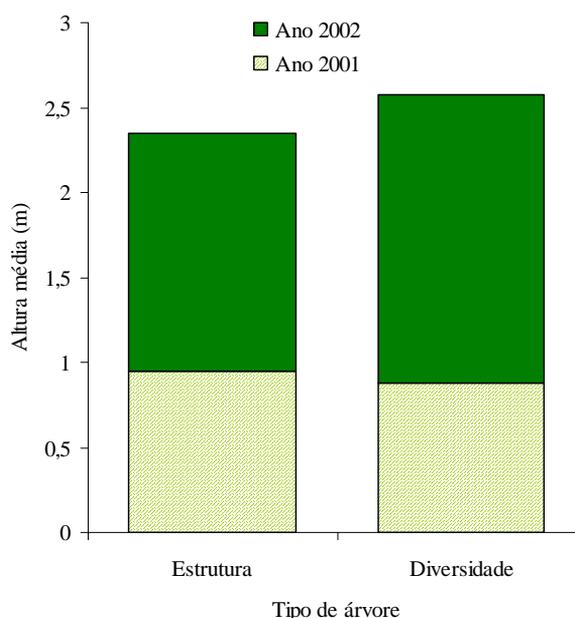


FIGURA 9 – Médias referentes às alturas das espécies de estrutura e diversidade nos anos de 2001 e 2002, reflorestamento da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.

TABELA 4 – Número total de indivíduos, média, desvio-padrão, valor mínimo, valor máximo e frequências absolutas (percentuais) para as dez espécies pioneiras, dentro de cada ano de avaliação.

Espécies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ano 2001										
Total	13	3	6	13	12	1	4	9	12	10
Média	3,91	2,77	1,58	2,45	1,78	1,70	1,63	1,63	1,52	1,28
Desvio-padrão	0,68	1,32	0,36	0,97	0,57	–	0,89	0,77	0,46	0,28
Mínimo	2,00	1,60	1,20	1,00	1,10	1,70	0,80	0,10	0,50	0,90
Máximo	4,50	4,20	2,20	3,80	2,90	1,70	2,80	2,60	2,30	1,70
Frequência (%)	13 (15,66)	3 (3,61)	6 (7,23)	13 (15,66)	12 (14,46)	1 (1,20)	4 (4,82)	9 (10,84)	12 (14,45)	10 (12,05)
Ano 2002										
Total	9	2	11	15	6	6	7	8	11	9
Média	6,39	5	4,79	4,54	4,28	3,65	2,50	3,24	2,36	2,18
Desvio-padrão	0,82	0	1,25	1,65	0,87	2,48	1,08	1,41	0,72	0,78
Mínimo	5,50	5,00	3,30	1,60	3,00	1,20	1,20	1,40	1,40	1,30
Máximo	8,00	5,00	7,50	7,00	5,00	7,00	4,00	5,00	4,00	3,50
Frequência (%)	9 (10,71)	2 (2,38)	11 (13,10)	15 (17,86)	6 (7,14)	6 (7,14)	7 (8,33)	8 (9,52)	11 (13,10)	9 (10,71)

Pode-se observar, pela TABELA 4, que no ano de 2001 a espécie pioneira que obteve maior média de altura foi *Trema micrantha* (pau-pólvara), sendo que sua frequência observada também foi a maior; a espécie pioneira que obteve a menor média de altura foi *Chorisia speciosa* (paineira) e a menor frequência observada foi para a espécie *Ochroma pyramidalis* (pau-de-jangada). No ano de 2002, a espécie pioneira que obteve a maior média de altura foi também *Trema micrantha* (pau-pólvara) e a maior frequência observada foi para a espécie *Peltophorum dubium* (ibirá-puitá); a espécie pioneira que obteve a menor média de altura foi também *Chorisia speciosa* (paineira) e a menor frequência foi para *Croton floribundus* (sangra d'água). As FIGURAS 10, 11 e 12 ilustram esses resultados.

O modelo proposto para a revegetação da área estudada apresentou os resultados previstos pelo método adotado por Giannotti *et al.* (2000), no que tange aos parâmetros silviculturais e ecológicos envolvendo as espécies pioneiras, que são plantas lucífilas, e que devido ao rápido crescimento proporcionam o sombreamento em um certo espaço de tempo, controlando o crescimento de ervas invasoras e tutorando as espécies umbrófilas, atendendo, desta forma, ao aspecto silvicultural do plantio.

Ecologicamente, as espécies pioneiras, devido ao rápido crescimento, contribuem decididamente para a formação de serapilheira produzindo um volume significativo de biomassa, que se transformará em matéria orgânica, colaborando com a formação do horizonte A do solo.

Além disso, essas espécies têm uma grande produção de sementes, o que assegurará a formação de bancos de sementes contribuindo na dinâmica do bioma, proporcionando ainda alimentos para a avifauna, bem como abrigo para a sua nidificação. Esses animais serão os dispersores das sementes para a vizinhança.

Algumas espécies secundárias iniciais (estrutura) foram associadas às pioneiras no início do plantio, apresentando as funções destas, apesar de não formarem bancos de sementes apresentaram rápido crescimento mostrado pelos resultados da taxa de acréscimo (QUADRO 2). Essas espécies foram *Peltophorum dubium* (ibirá-puitá), *Chorisia speciosa* (paineira) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico), proporcionando, como as pioneiras, a produção de um volume de biomassa representativo e o tutoramento das plantas umbrófilas, comportando-se como as pioneiras e, como estas, apresentando um crescimento em altura que pode ser visualizado pelas FIGURAS 10, 11 e 12.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

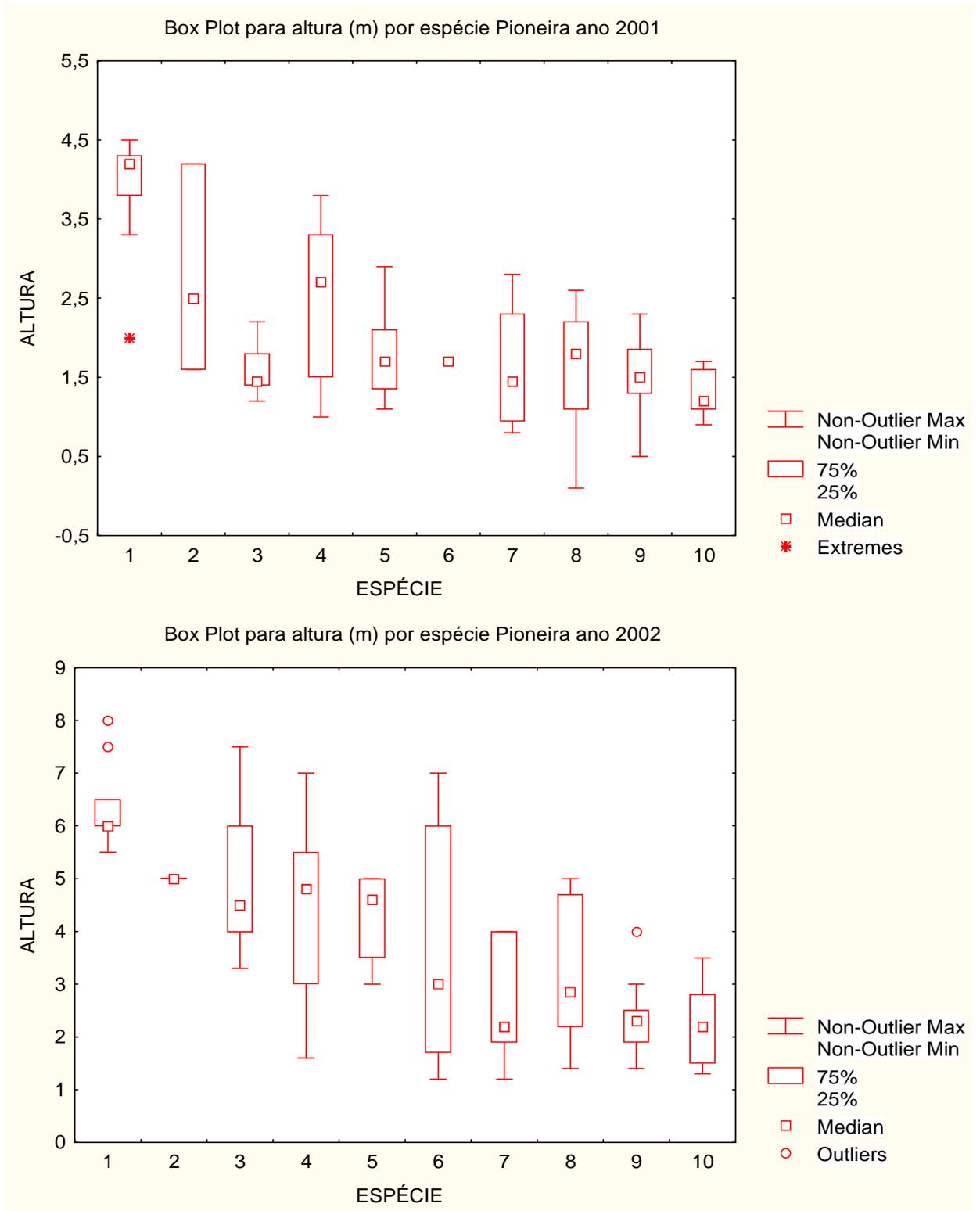


FIGURA 10 – Box-plot da variável altura para as dez espécies pioneiras nos dois anos de avaliação, reflorestamento da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

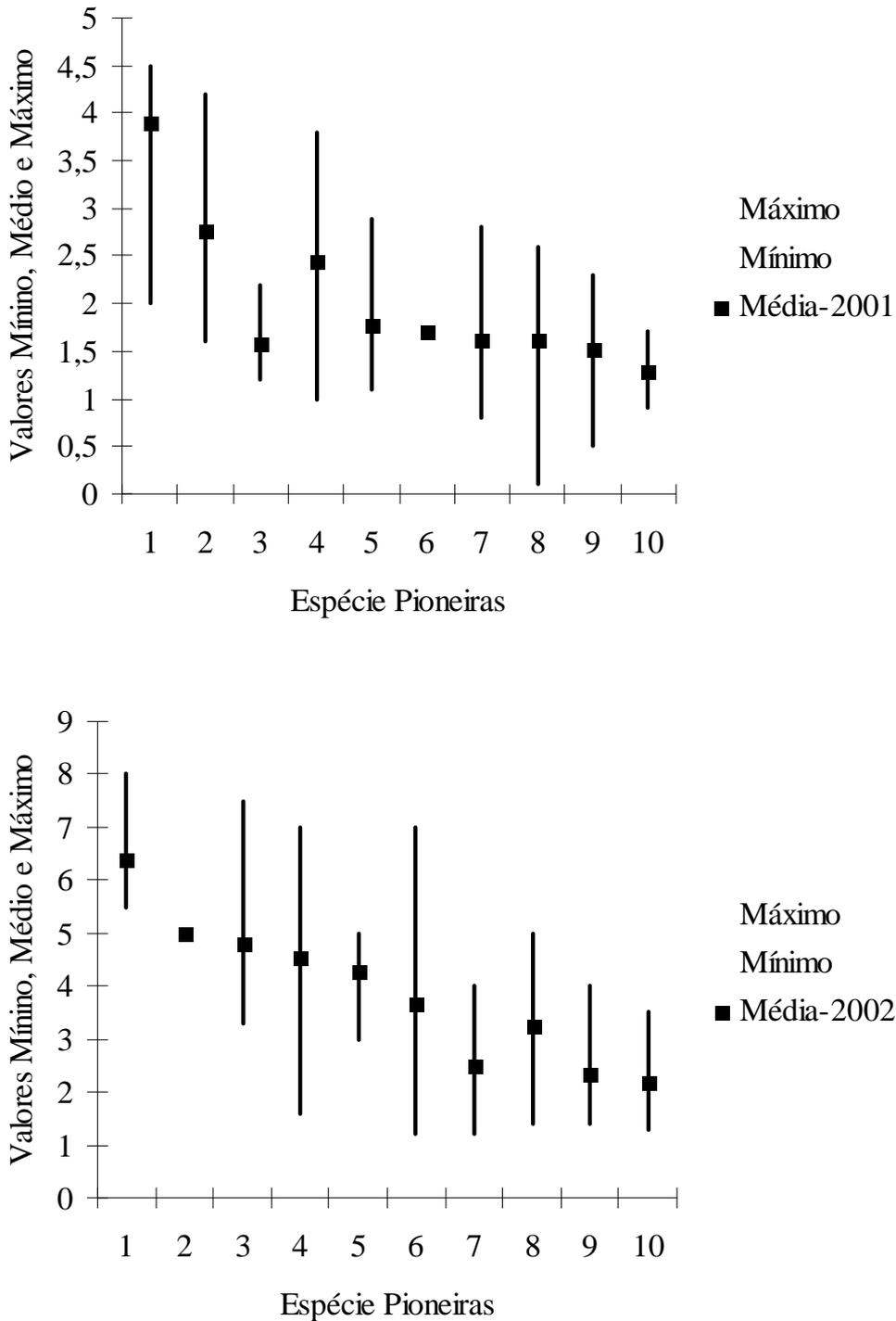


FIGURA 11 – Valores mínimos, máximos e médios da variável altura para as dez espécies pioneiras nos dois anos de avaliação, reflorestamento da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

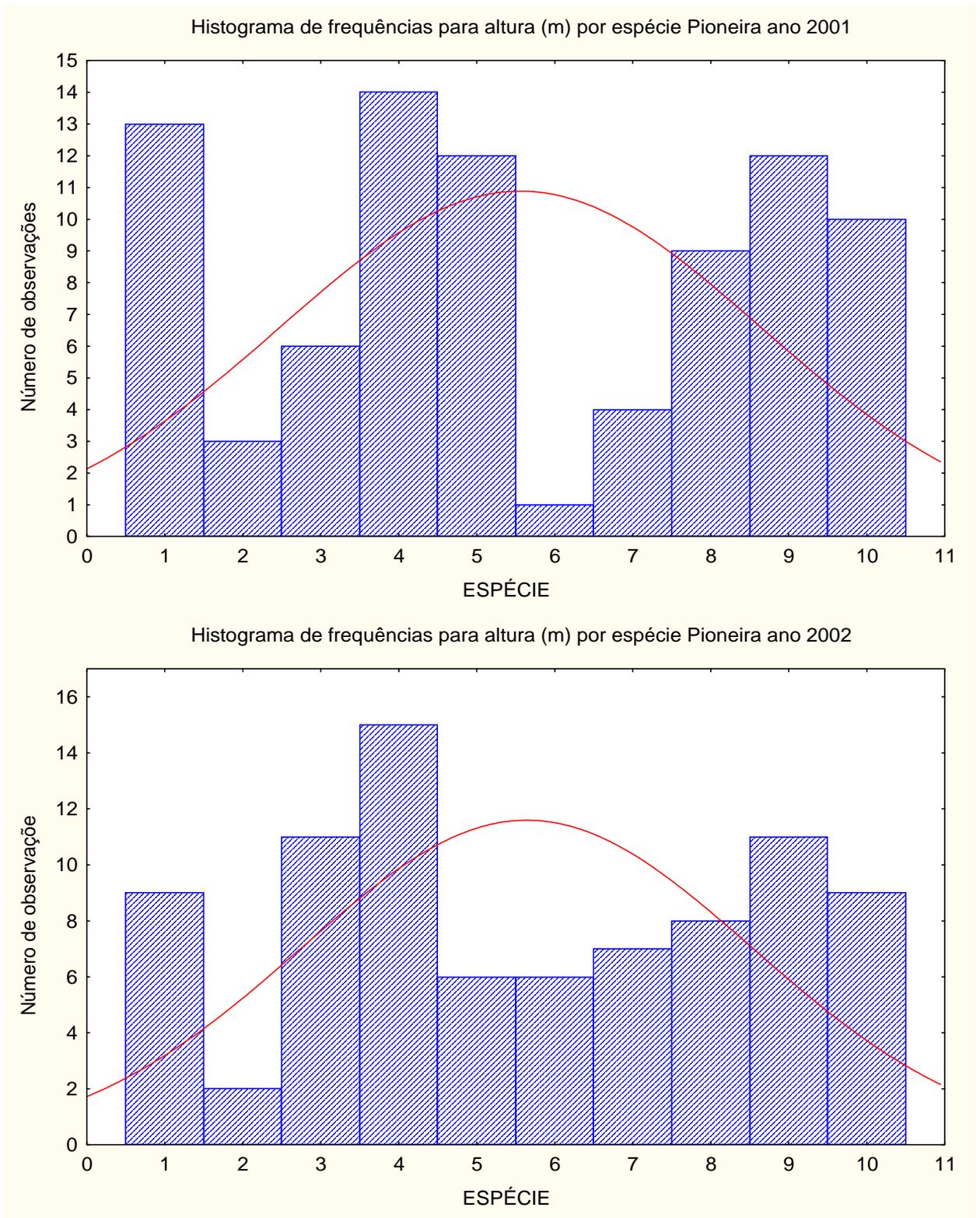


FIGURA 12 – Distribuição das frequências da variável altura para as dez espécies pioneiras nos dois anos de avaliação, reflorestamento da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, Santa Gertrudes, SP.

QUADRO 2 – Alturas médias e taxas de acréscimo.

Item	Espécie	Altura média em 2001 (m)	Altura média em 2002 (m)	Taxa de acréscimo (%)
1	<i>Cecropia pachystachya</i>	1,58	4,79	203,16
2	<i>Luehea candicans</i>	1,78	4,28	140,45
3	<i>Ochroma pyramidalis</i>	1,70	3,65	114,70
4	<i>Cytharexylum myrianthum</i>	1,63	3,21	96,93
5	<i>Croton floribundus</i>	2,77	5,00	80,50
6	<i>Peltophorum dubium</i>	2,51	4,48	78,48
7	<i>Chorisia speciosa</i>	1,28	2,18	70,31
8	<i>Trema micrantha</i>	3,91	6,39	63,45
9	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	1,52	2,35	54,60
10	<i>Guazuma ulmifolia</i>	1,63	2,50	53,37
1	Pioneiras	2,03	3,93	93,59
2	Estrutura	0,90	1,39	54,44
3	Diversidade	0,87	1,64	88,50

Em relação ao número de falhas de 13,5% em 2001 e de 8,5% em 2002, pode-se constatar que houve uma diminuição do levantamento procedido em 2002 em relação ao executado em 2001. As causas prováveis poderão ser:

- replantio das espécies quando constatada sua morte, após o primeiro levantamento;
- a área amostral de 2001 foi realizada em locais diferentes de 2002, e
- as espécies aparentemente mortas em 2001, não o estavam, e foram contabilizadas em 2002.

A FIGURA 11 mostra a dispersão dos valores de alturas máximas, mínimas e medianas das espécies pioneiras nos anos de 2001 e 2002, apresenta, também, a concentração desses valores dentro dos boxes que representam 50% dos indivíduos amostrados por espécie, a FIGURA 10 também apresenta os valores discrepantes para o pau-pólvora em 2001 e 2002 e para o angico em 2002.

Em ambos os casos as FIGURAS 10 e 11 indicam que houve crescimento em altura, de tal forma, que as médias das populações e os respectivos

valores se situam entre os valores máximos e mínimos observados. Isso representa uma certa uniformidade na cobertura que proporcionará o tutoramento das não pioneiras.

A FIGURA 12 mostra a distribuição da frequência das populações das espécies pioneiras no anos 2001 e 2002, indicando uma distribuição normal na época do plantio, proporcionando uma cobertura de certa forma uniforme, também observada nas FIGURAS 10 e 11.

O QUADRO 2 apresenta os resultados da taxa de acréscimo para o grupo das pioneiras. A taxa de acréscimo apresenta dados que variam de 53,37% a 203,16%. Como se pode observar, *Trema micrantha* (pau-pólvora), que apresentou a maior altura, teve uma taxa de acréscimo de 63,45%, menor que várias espécies apresentadas. No entanto, se for comparado o crescimento de pau-pólvora com as demais espécies pioneiras, se observa uma taxa de acréscimo bem menor (QUADRO 3).

As FIGURAS 13 e 14 representam o plantio após um ano.

As FIGURAS 15 e 16 representam o plantio após dois anos.

QUADRO 3 – Comparação da taxa de acréscimo de pau-pólvora com as demais espécies pioneiras.

Item	Taxa de acréscimo									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Trema micrantha</i> (1)	63,4	130,6	304,4	160,8	258,9	275,8	292,0	292,8	320,4	399,2

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.



FIGURA 13 – Aspecto geral do plantio após um ano (2001).



FIGURA 14 – Aspecto geral do plantio após um ano (2001).

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.



FIGURA 15 – Aspecto geral do plantio após dois anos (2002).



FIGURA 16 – Aspecto geral do plantio após dois anos (2002).

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

5 CONCLUSÕES

O modelo utilizado na restauração ecológica atendeu às exigências técnicas de um plantio, do ponto de vista silvicultural.

As espécies pioneiras apresentaram crescimento em altura significativamente maior que as não pioneiras, enquanto as espécies de estrutura e diversidade não apresentaram diferenças estatísticas no crescimento em altura.

A taxa de acréscimo mostrou um crescimento diferenciado para as espécies pioneiras, quando consideradas individualmente. Esses valores poderão subsidiar na escolha dessas espécies para futuros reflorestamentos.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Assistente Técnica de Pesquisa Científica e Tecnológica Yara Cristina Marcondes, pela revisão do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, L. M. Estudos interdisciplinares do Instituto de Botânica em Moji-Guaçu. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 171-191.

_____. Vegetação ciliar: conceitos e informações práticas para conhecer e recuperar trechos degradados. **Cadernos de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul, v. 5, n. 1, p. 3-36, 1993. (Série Botânica).

_____.; ASPERTI, L. M.; BARBOSA, J. M. Características importantes de componentes arbóreos na definição de estágios sucessionais em florestas implantadas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4., Belo Horizonte, 1996. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], 1996. p. 242-45.

_____.; _____.; SANTOS, M. R. O. Estudo comparativo do comportamento de comunidades florestais implantadas com essências nativas em três modelos de plantio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., Ouro Preto, 1997. **Anais...** Viçosa: SOBRADÉ; UFV/DPS/DEF, 1997. p. 377-383.

BERTONI, J. E. A. *et al.* Notas prévia: comparação das principais espécies de florestas de terra firme e ciliar na Reserva Estadual de Porto Ferreira, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 563-571. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16, pt. 1, 1982, Edição especial).

BERTONI, J. E. A.; MARTINS, F. R. Composição florística de uma floresta ripária na Reserva Estadual de Porto Ferreira, SP. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 17-26, 1987.

BIELLA, L. C. **Reflorestamento misto com essências nativas na UHE de Paraibuna**. São Paulo, Centrais Elétricas de São Paulo - CESP, 1981. 14 p.

BOTELHO, S. A. *et al.* **Implantação de mata ciliar**. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais; Lavras: Universidade Federal de Lavras - UFLA, 1995. 28 p.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American forest species in a light of successional processes. **Turrialba**, Turrialba, v. 51, n. 1, p. 40-2, 1965.

CARPANEZZI, A. A. Talhões pioneiros para a recuperação de ecossistemas florestais degradados. In: SEMINÁRIOS ASPECTOS ECOLÓGICOS DE MATAS MESÓFILAS SEMIDECÍDUAS, 1991, Rio Claro. **Texto de apoio...** Rio Claro: UNESP, 1991. p. 94-104. (versão 1).

CRESTANA, M. S. M.; TOLEDO FILHO, D. V. de; CAMPOS, J. B. **Florestas** – sistemas de recuperação com essências nativas. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, 1993. 60 p.

CUSTODIO FILHO, A. *et al.* Composição florística da vegetação arbórea da floresta mesófila semidecídua da Estação ecológica de Ibicatu, Piracicaba, SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 6, n. único, p. 99-111, 1994.

DEMATE, M. E. S. P. *et al.* Árvores e palmeiras de matas ciliares remanescentes nos municípios paulistas de Jaboticabal e Guariba. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE BOTÂNICA DO BRASIL, 38., 1987, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: Sociedade Botânica de São Paulo - SBSP, 1987. p. 284.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. Recomposição de matas ciliares. **IF Série Registros**, São Paulo, n. 4, p. 1-14, 1990.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

GIANNOTTI, E.; CRESTANA, C. S. M.; SCHAEFER, S. M. Planejamento e proposta de modelo de revegetação visando restauração ecológica da microbacia do córrego Santo Antonio, Rio Claro, SP. In: FÓRUM DE DEBATES ECOLOGIA DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL, 1., 2000, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2000. p. 1-7. CD-ROM.

GIBBS, P.; LEITÃO FILHO, H. F. Floristic composition of an area of gallery forest near Moji-Guaçu, State of São Paulo, SE Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 151-156, 1978.

JOLY, C. A. Ecotones at the river basin scale global land/water interactions. In: JENSEN, A. (Ed.). ECOTONES REGIONAL WORKSHOP, 1992, Barmer, 1992. **Proceedings...** Paris: UNESCO, Ecotones Research Project, 1994. p. 40-66.

KAGEYAMA, P. Y. (Coord.). **Estudo para implantação de matas ciliares na bacia hidrográfica do Passa Cinco visando a utilização para abastecimento público.** Piracicaba: DAEE/USP/FEALQ, 1986. 23 p.

_____; BIELLA, L. C.; PALERMO JR., A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v. 1, p. 109-113.

LEITÃO FILHO, H. F. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 197-206. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16A, pt. 1, 1982, Edição especial).

MACEDO, A. C.; KAGEYAMA, P. Y.; COSTA, L. G. S. **Revegetação:** matas ciliares e de produção ambiental. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 26 p.

MANTOVANI, W.; CATHARINO, E. L. M.; BORGES, H. B. N. Composição florística e fitossociológica. In: KAGEYAMA, P. Y. (Coord.). **Estudos para implantação de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passa Cinco, visando a utilização para abastecimento público.** Piracicaba: DAEE/USP/ESALQ, 1986. p. 34-102. (Relatório de pesquisa).

MANTOVANI, W. *et al.* Estudos fitossociológicos de áreas de mata ciliar em Moji-Guaçu, SP. BARBOSA, L. M. (Coord.). In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 235-67.

MARTINI, S. L. Reflorestamento marginal do rio Moji-Guaçu, no município de Moji-Guaçu. São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 572-574. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16A, pt. 1, 1982, Edição especial).

NOGUEIRA, P. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas.** São Paulo: Instituto Florestal, 1977. 71 p. (Bol. Técn. IF, 24).

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo:** quadrícula de São Carlos II memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1984. 188 p. (Boletim Técnico, 98).

PAGANO, S. N.; LEITÃO FILHO, H. F.; SHEPHERD, G. J. Estudo fitossociológico em mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 10, p. 49-61, 1987.

RODRIGUES R. R. **Análise de um remanescente de vegetação natural às margens do rio Passa Cinco, em Ipeúna.** 1991. 325 f. Tese (Doutorado em Biologia) - Universidade de Campinas, Campinas.

_____; LEITÃO FILHO, H. F.; CRESTANA, M. S. M. Revegetação do entorno da Represa de Abastecimento de Água do município de Iracemápolis, SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná - UFPR; Fundação de Pesquisas do Paraná, 1992. p. 407-416.

_____; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas: princípios gerais e subsídios em diferentes estádios sucessionais para uma definição metodológica. **Rev. Bras. Hort. Orn.**, Campinas, v. 2. p. 4-15. 1996.

_____; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP; FAPESP, 2000. p. 289-312.

GONÇALVES, R. M. G. *et al.* Aplicação de modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia do córrego da Fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP.

SALVADOR, J. G. Comportamento de espécies florestais nativas em áreas de depleção de reservatórios. **IPEF**, Piracicaba, n. 33, p. 33-78, 1987.

SANCHEZ, M. **Florística e fitossociologia da vegetação arbórea nas margens do rio da fazenda** (Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo de Picinguaba). 1994. 82 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Informações Técnicas, Documentação e Pesquisas. Coordenadoria de Educação Ambiental. **Manual sobre princípios da recuperação de áreas degradadas**. São Paulo, 2000. 76 p.

WILLIAMS, D. D. Semeadura direta na revegetação de áreas degradadas. In: **ANÁLISE AMBIENTAL: ESTRATÉGIAS E AÇÕES**, 1995, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: T.A. Queiroz, 1995. p. 300-304.

**COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS PARA DETERMINAÇÃO
DA PORCENTAGEM DE MADEIRA EM ÁRVORES DE
Pinus caribaea Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. EM ITIRAPINA***

Gilberto de Souza PINHEIRO**

RESUMO

Efetou-se a comparação de dois modelos para determinação da porcentagem de madeira com a obtida pela razão entre o volume com casca com o volume sem casca. As análises de variância efetuadas com aplicação do teste de Tukey permitem concluir que a porcentagem de madeira obtida pela média aritmética dos valores quadráticos do fator casca, encontrados ao longo do fuste aproxima-se mais do valor real que o estimado através do modelo simplificado obtido pelo quadrado da razão entre o DAP sem casca e o DAP com casca. A análise da somatória dos desvios em valores relativos mostra que o modelo simplificado subestima o valor da porcentagem de madeira, enquanto o modelo da média aritmética o superestima. Dessa forma se sugere a utilização apenas do valor obtido pelo cociente do volume sem casca pelo volume com casca.

Palavras-chave: fator casca; volume; casca; porcentagem de madeira.

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a função da casca, composta de tecido morto, é proteger os tecidos vivos da árvore contra o ressecamento, ataque de microorganismos e insetos, injúrias mecânicas e variações climáticas.

O prévio conhecimento do fator casca de uma espécie permite calcular o volume descascado a partir do volume com casca, sendo que o quadrado deste fator representa a porcentagem de madeira.

Segundo Scolforo & Figueiredo Filho (1993) a espessura da casca varia consideravelmente entre espécies, dentro de uma mesma árvore, de local para local e de acordo com a idade, dentre outros fatores.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare two different models with estimate the percentage of wood obtained by quotient between volume of a tree without bark and volume of a tree with bark (K_1) with two different models: K_2 , obtained by the square of mean of the values along the stem and K_3 , the simplified model, obtained by only two measures: the square of the quotient between DBH without bark and DBH with bark. Effectuated the statistical analysis by analysis of variance procedure, Tukey's Test and sum of relatives values of deviation, it was concluded that the best model to calculate the percentage of wood is the one obtained by the quotient between the volume without bark and the volume with bark.

Key words: bark factor; volume; bark; percentage of wood.

Meyer (1946) desenvolveu uma metodologia para estimar a espessura da casca, bem como o seu volume, conhecendo-se os diâmetros com e sem casca à altura do peito. Para Veiga (1976), o quadrado do valor do fator casca, calculado com medições de diâmetros com e sem casca à altura do peito, multiplicado pelo volume com casca, forneceria o volume sem casca. Nunes (1981), trabalhando com três espécies do gênero *Eucalyptus*, concluiu que a porcentagem de casca média pode ser estimada pela porcentagem de casca tomada do nível do diâmetro à altura do peito.

Flor & Reis (1980), estudando o desenvolvimento inicial de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*, concluíram que os valores de porcentagem de casca decrescem segundo uma tendência da base ao ápice do fuste.

(*) Aceito para publicação em junho de 2005.

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

PINHEIRO, G. de S. Comparação entre modelos para determinação da porcentagem de madeira em árvores de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. em Itirapina.

Guimarães *et al.* (1983) analisaram a quantidade de casca de onze espécies de *Eucalyptus* através do correlacionamento entre o volume com casca (V c/c) e o volume sem casca (V s/c), tal como Hosokawa *et al.* (1979), segundo o modelo de equação:

$$V\ s/c = a + b\ V\ c/c \dots\dots\dots 1,$$

obtendo altos valores de coeficiente de determinação (R²) que variaram entre 0,97542 e 0,99868.

Paula Neto *et al.* (1992), estudando a variação da porcentagem de casca de três espécies de *Eucalyptus*, calculou o fator casca médio por árvore obtido pela razão entre os diâmetros sem e com casca. O valor K foi determinado em todas as secções de cada árvore e o valor médio, por árvore, foi obtido por:

$$\bar{K} = \sum_{i=1}^n (Ki/n) \dots\dots\dots 2.$$

O objetivo do presente trabalho foi comparar métodos de determinação da porcentagem de madeira com o obtido pelo cociente dos volumes sem e com casca, visando definir qual reúne melhores condições de ser utilizado em avaliações florestais.

2 MATERIAL E METODOS

O trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental de Itirapina, integrante da rede de Unidades do Instituto Florestal, localizada na região centro-leste do Estado de São Paulo.

Para a caracterização climática foram utilizados os dados da “Ripasa”, situada ao lado da Estação Ecológica de Itirapina. Os dados de precipitação e temperatura compreendem um período de onze anos (1981 a 1991) (TABELA 1).

TABELA 1 – Temperatura do ar e precipitação local: Itirapina, SP – Latitude 22°15’S – Longitude 47°52’W – Altitude 765 m. Fonte: Ripasa/1981-1991.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Temp. média (°)	24,5	25,0	24,4	22,9	20,4	18,0	17,9	19,1	20,5	22,6	23,8	24,3	22,0 (média)
Precipitação (mm)	271	195	189	87	82	44	27	35	69	127	150	225	1.501 (TOTAL)

O solo da área estudada, segundo Ventura *et al.* (1965/66) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1999), é do tipo Lvr- latossolo vermelho amarelo.

A espécie utilizada foi *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* com idades de 12 a 18 anos. Segundo EMBRAPA (1986), essa espécie ocorre naturalmente na costa atlântica da América Central, de Belize até a Nicarágua, em latitudes compreendidas entre 12 e 18° Norte e altitudes entre 0 a 1.000 metros. O regime de chuvas é periódico, podendo ocorrer, em alguns locais, períodos secos com duração de até seis meses.

A temperatura média anual varia de 21° a 27°C, a média das máximas do mês mais quente

entre 29° e 34°C e a média das mínimas do mês mais frio entre 15 e 23°C. Os solos são bem drenados de textura leve a média, neutros e ácidos, podendo ocasionalmente suportar curtos períodos de alagamento.

Segundo Golfari *et al.* (1978), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é uma das espécies indicadas para reflorestamento para a região de Itirapina.

Foram anotados os dados de 54 árvores representativas da população com dimensões diamétricas variando entre 13,9 cm a 30,0 cm, à altura de peito. As alturas variaram de 9,70 m a 25,20 metros.

Considerou-se, para efeito de comparação, os valores quadráticos do coeficientes de casca calculados pelos modelos seguintes:

- A) pela razão entre o volume total sem casca e o volume total com casca, ambos calculados por Smallian, com seções de um metro ao longo do fuste:

$$K_1 = \frac{V_{s/c}}{V_{c/c}} \dots\dots\dots 3;$$

- B) pela média aritmética dos valores quadráticos de K^2 obtidos pelas razões dos diâmetros sem casca e com casca, nas seções transversais da base até o diâmetro mínimo de 6 cm de desponta com casca:

$$k_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{di_{s/c}}{di_{c/c}} \right)^2}{n} \dots\dots\dots 4,$$

sendo n, o número de pares de diâmetros com e sem casca, e

- C) pelo quadrado da razão entre o diâmetro à altura do peito sem casca e o diâmetro a altura do peito com casca:

$$k_3^2 = \left(\frac{dap_{s/c}}{dap_{c/c}} \right)^2 \dots\dots\dots 5.$$

As estimativas dos valores de K_1 considerados como verdadeiros foram então comparados com K_2^2 e K_3^2 utilizando os somatórios das diferenças, em valores relativos. Procedeu-se ainda a análise de variância dos valores de K_1 , K_2^2 e K_3^2 , bem como a aplicação do teste de Tukey para os valores obtidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dendrométricos das 54 árvores e os valores quadráticos anotados encontram-se resumidos na TABELA 2.

Observa-se comparando-se os valores contidos na coluna referente aos dados de K_1 (obtido entre as razões de volumes sem e com casca) com os da coluna referente aos dados de K_2^2 (obtido pela média dos dados de seções de 1 metro) que, das 54 árvores medidas, os valores de K_1 foram superiores aos valores de K_2^2 em apenas cinco vezes, sendo que em dez oportunidades os valores encontrados foram iguais e em 39 vezes os valores de K_1 foram inferiores. A somatória dos desvios em valores relativos foi de -0,69 os quais divididos pelo número de observações (54) redundaram em -0,013, que corresponde a 1,75% do valor médio de K_1 .

Na comparação de K_1 com K_3^2 verifica-se que o modelo simplificado foi superior em apenas nove vezes, sendo que em duas oportunidades os resultados foram iguais. A somatória dos desvios em valores relativos foi de +2,38, que corresponde a um desvio médio de 0,045, ou seja, 6,08% do valor médio de K_1 , corroborando com Machado & Garcia (1984) que afirmaram que o volume de casca calculado com base nas medições de DAP com e sem casca superestimavam estes valores.

A análise de variância para os dados obtidos apresentou os resultados constantes na TABELA 3.

Existe diferença altamente significativa a nível de 1% de probabilidade entre pelo menos duas médias de valores.

O teste de Tukey detectou as diferenças entre as médias (TABELA 4).

O teste de Tukey evidenciou não ter ocorrido diferença entre os valores de K_1 e K_2^2 e diferença significativa no nível de 5% de significância entre K_3^2 e as outras médias.

PINHEIRO, G. de S. Comparação entre modelos para determinação da porcentagem de madeira em árvores de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. em Iitirapina.

TABELA 2 – Quadro resumo de dados dendrométricos e fatores de conversão de casca para *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*.

Nº DA ARVORE	DAP C/C -m-	DAPS/c -cm-	Altura - -m-	Volume total c/casca (m ³)	Volume total s/casca (m ³)	K ₁	K ₂ ²	K ₃ ²	K ₁ - K ₂ ²	K ₁ - K ₃ ²
1.	22,8	18,5	21,55	0,3860	0,2913	0,75	0,76	0,66	-0,01	+0,09
2.	22,9	18,0	19,30	0,3762	0,2637	0,70	0,71	0,62	-0,01	+0,08
3.	21,6	17,3	18,15	0,2829	0,2099	0,74	0,75	0,64	-0,01	+0,10
4.	19,5	17,2	21,40	0,3056	0,2495	0,81	0,83	0,78	-0,02	+0,03
5.	15,4	11,7	17,10	0,1427	0,0949	0,66	0,69	0,58	-0,03	+0,08
6.	26,0	22,2	25,00	0,5629	0,4465	0,79	0,79	0,73	0,00	+0,06
7.	21,9	19,0	23,30	0,3857	0,3204	0,83	0,85	0,75	-0,02	+0,08
8.	22,2	17,1	19,45	0,3519	0,2403	0,68	0,70	0,59	-0,02	+0,09
9.	24,2	19,2	22,85	0,4096	0,2917	0,71	0,75	0,63	-0,04	+0,08
10.	16,0	12,2	13,20	0,1231	0,0760	0,62	0,63	0,58	-0,01	+0,04
11.	13,9	10,0	11,90	0,0730	0,0447	0,61	0,64	0,52	-0,03	+0,09
12.	15,5	13,4	18,80	0,1686	0,1240	0,73	0,76	0,75	-0,03	+0,02
13.	18,1	15,0	17,30	0,1818	0,1284	0,71	0,71	0,69	0,00	+0,02
14.	19,2	16,3	18,10	0,2184	0,1608	0,74	0,74	0,72	0,00	+0,02
15.	16,2	14,9	22,40	0,2086	0,1706	0,82	0,80	0,84	+0,02	-0,02
16.	18,0	14,8	12,60	0,1483	0,0970	0,65	0,66	0,68	-0,01	-0,03
17.	16,4	10,7	12,20	0,1078	0,0598	0,55	0,59	0,42	-0,04	+0,13
18.	14,4	11,2	9,70	0,0686	0,0429	0,62	0,64	0,60	-0,02	+0,02
19.	24,3	18,7	21,10	0,3367	0,2401	0,71	0,74	0,59	-0,03	+0,12
20.	22,5	18,3	24,60	0,3818	0,2776	0,73	0,74	0,66	-0,01	+0,07
21.	27,8	22,8	24,20	0,5857	0,4254	0,72	0,74	0,67	-0,02	-0,05
22.	21,0	17,3	22,80	0,3424	0,2587	0,75	0,76	0,68	-0,01	+0,07
23.	19,0	16,4	22,30	0,2755	0,2014	0,73	0,75	0,74	-0,02	+0,01
24.	19,1	16,2	22,40	0,2741	0,2052	0,75	0,77	0,72	-0,02	+0,03
25.	25,5	21,0	24,20	0,4986	0,3773	0,75	0,76	0,67	-0,01	+0,08
26.	19,3	16,3	23,60	0,2680	0,2104	0,78	0,79	0,71	-0,01	+0,07
27.	18,5	14,6	21,80	0,2523	0,1594	0,63	0,72	0,62	-0,09	+0,01
28.	18,0	15,3	17,80	0,2195	0,1581	0,72	0,74	0,72	-0,02	0,00
29.	27,5	22,8	25,20	0,6322	0,4676	0,74	0,74	0,68	0,00	+0,06
30.	19,0	15,5	20,20	0,2489	0,1869	0,75	0,77	0,66	-0,02	+0,09
31.	23,7	18,9	20,30	0,3421	0,2526	0,74	0,74	0,63	0,00	+0,11
32.	19,2	16,3	18,70	0,2427	0,1773	0,73	0,74	0,72	-0,01	+0,01
33.	26,5	22,8	19,80	0,4927	0,3792	0,77	0,76	0,74	+0,01	+0,03
34.	30,0	25,5	23,00	0,6832	0,5581	0,81	0,79	0,72	+0,02	+0,09
35.	24,0	21,7	24,10	0,4580	0,3727	0,81	0,81	0,82	0,00	-0,01
36.	18,0	16,2	21,60	0,2606	0,2003	0,77	0,77	0,81	0,00	-0,04
37.	25,3	21,4	22,40	0,4804	0,3712	0,77	0,77	0,71	0,00	+0,06
38.	27,1	22,2	22,30	0,5294	0,3818	0,72	0,73	0,67	-0,01	+0,05
39.	19,2	16,4	21,90	0,2973	0,2267	0,76	0,78	0,73	-0,02	+0,03
40.	19,7	16,8	21,60	0,2797	0,2192	0,78	0,80	0,73	-0,02	+0,05
41.	24,9	20,9	18,15	0,3704	0,2667	0,72	0,74	0,70	-0,02	+0,02
42.	28,4	24,0	20,90	0,5776	0,4456	0,77	0,77	0,71	0,00	+0,06
43.	25,9	22,0	22,70	0,4560	0,3542	0,78	0,79	0,72	-0,01	+0,06
44.	26,5	18,8	21,10	0,4278	0,2801	0,65	0,68	0,50	-0,03	+0,15
45.	19,2	17,5	22,80	0,3207	0,2458	0,76	0,71	0,83	+0,05	-0,07
46.	19,5	17,7	22,00	0,3348	0,2547	0,76	0,75	0,82	+0,01	-0,06
47.	24,0	21,1	22,20	0,4457	0,3508	0,79	0,79	0,77	0,00	+0,02
48.	19,8	15,3	16,90	0,2001	0,1382	0,69	0,72	0,60	-0,03	+0,09
49.	19,6	15,3	20,70	0,2703	0,1858	0,69	0,71	0,61	-0,02	+0,08
50.	21,0	17,0	17,90	0,2643	0,1946	0,74	0,75	0,66	-0,01	+0,08
51.	21,8	19,5	21,00	0,3460	0,2767	0,80	0,81	0,80	-0,01	0,00
52.	24,0	18,5	22,20	0,3323	0,2238	0,67	0,68	0,59	-0,01	+0,08
53.	20,4	17,0	20,30	0,2907	0,1966	0,68	0,69	0,69	-0,01	-0,01
54.	21,8	17,0	21,80	0,3181	0,2196	0,69	0,70	0,61	-0,01	+0,08

PINHEIRO, G. de S. Comparação entre modelos para determinação da porcentagem de madeira em árvores de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. em Itirapina.

TABELA 3 – Análise de variância dos valores de K_1 , K_2 e K_3 .

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Modelo	2	0,18585679	0,09292840	70,21
Resíduo	159	0,21045741	0,00132363	
Total	161	0,39631420		

Pr >F
0,0001

TABELA 4 – Aplicação do teste de Tukey para os valores obtidos.

Tukey	Média	N	TR
A	0,7407	54	K_2
A	0,7283	54	K_1
B	0,6813	54	K_3

4 CONCLUSÕES

Embora não tenham ocorridos diferenças significativas entre os modelos K_1 e K_2 , os resultados de K_2 superestimam os valores de volumes sem casca o que permite concluir que o método K_1 , obtido pela razão entre o volume total sem casca e o volume total com casca, embora mais trabalhoso, é o mais indicado para as estimativas propostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Curitiba, 1986. 89 p. (Documentos, 17).

_____. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiros de classificação dos solos**. Brasília, DF: Embrapa. Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FLOR, H. M.; REIS, G. M. C. L. Estudo do desenvolvimento inicial de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari, em Brasília. **Brasil Florestal**, Brasília, D.F., v. 43, p. 25-34, 1980.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. G. P. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (Série Técnica, 11).

GUIMARÃES, D. P. *et al.* **Avaliação silvicultural, dendrométrica e tecnológica de espécies de *Eucalyptus***. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1983. 73 p. (Boletim de Pesquisa, 20).

HOSOKAWA, R. T. *et al.* Avaliação de volumes industrializáveis em povoamentos de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 10-20, 1979.

MACHADO, S. A.; GARCIA, E. R. Determinação do volume da casca em plantações de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 15, n. 1-2, p. 17-25, 1984.

MEYER, H. A. Bark volume determination in trees. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 44, n. 12, p. 1067-71, 1946.

PINHEIRO, G. de S. Comparação entre modelos para determinação da porcentagem de madeira em árvores de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. em Itirapina.

NUNES, J. R. S. **Análise de volume e de porcentagem de casca em povoamentos de *Eucalyptus* de origem hídrica, segundo a idade, local, espécie e método de regeneração.** 1981. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PAULA NETO, F. *et al.* Equações de volume de casca de *Eucalyptus* de diferentes idades e condições de local, espécie e método de regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 157-169, 1992.

SCOLFORO, J. R.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Mensuração florestal 2: volumetria.** Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL/FAEPE, 1993. 126 p.

VEIGA, A. A. **Curso de atualização florestal.** 3. ed. São Paulo: Instituto Florestal, 1976. 341 p. (Publicação IF, 8).

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafoclimáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 57-139, 1965/1966.

PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, AOS 22 ANOS DE IDADE¹

Miguel Luiz Menezes FREITAS²

Alexandre Magno SEBBENN²

Eurípedes MORAIS²

Antonio Carlos Scatena ZANATTO²

Clayton Martins Rangel de SOUSA³

Saulo Vannucci LEMOS⁴

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e forma, em 23 progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, implantado em Bebedouro-SP. A análise de variância detectou diferenças significativas, a 5% de probabilidade, entre progênies para o caráter volume real, sugerindo a possibilidade de ganhos na seleção. A diferença entre a maior e a menor média de crescimento em volume entre progênies foi de 42%. As estimativas do coeficiente de variação genética, para todos os caracteres, foram razoáveis e superiores às estimadas aos cinco anos de idade. Os valores dos coeficientes de herdabilidade, em nível de plantas individuais (h_i^2) e dentro de progênies (h_d^2), foram baixos ($< 0,1$) para todos os caracteres, indicando poucas possibilidades de progressos genéticos com a seleção massal. Por outro lado, as estimativas do coeficiente de herdabilidade, em nível de média de progênies (h_m^2), foram médias, variando de 0,27 (DAP) a 0,45 (altura) e indicando a possibilidade de capitalizarem-se ganhos consideráveis com a seleção das melhores progênies. Os ganhos esperados com a seleção para DAP, altura, forma do fuste e volume foram 4,46; 4,24; 6,82 e 14,20%, respectivamente. Esses ganhos são preditos para plantios de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, em ambientes similares aos de Bebedouro-SP.

Palavras-chave: melhoramento florestal; *Pinus*.

1 INTRODUÇÃO

A introdução de espécies florestais exóticas no Brasil proporcionou grandes benefícios para o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões do País, principalmente nas áreas onde as características do solo e clima desestimulam outra atividade agrícola (Missio, 2004). Dentre as espécies exóticas de rápido crescimento que tiveram grande sucesso como produtoras de madeira, celulose e resina, destacam-se as coníferas do gênero *Pinus*.

ABSTRACT

The aims of this work were to estimate the genetic parameters for grown and form traits in 23 open-pollinated families of *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, at 22 years old, implanted in Bebedouro, São Paulo State. The variance analysis detected significant differences at 5% of probability among families to real volume, indicating the possibility of genetic gains through selection. The difference between height and lower average of progeny volume grown was 42%. The estimates of coefficient of genetic variance for all traits were reasonable and higher than estimates at five years old. The values of the coefficients of individual narrow sense (h_i^2) and within families heritabilities (h_d^2) were low (0.01) for all traits, indicating few possibilities to obtain genetic gains with selection. However, the estimates of family heritability (h_m^2) were mediums, varying from 0.27 (DBH) to 0.45 (height) and indicating the possibility to obtain considerable gains with selection of the best families. The expected genetic gains with section were 4.46, 4.24, 6.82 and 14.20% to DBH, height, stem form and volume, respectively. These predicted gains are for *P. caribaea* var. *bahamensis* plantations at 22 years of age growing in similar environments to the Bebedouro, SP.

Key words: tree breeding; *Pinus*.

As plantações comerciais de *Pinus*, notadamente no Estado de São Paulo, começaram na década de 1950, feitas pelo Instituto Florestal, sendo ampliadas em seguida por empresas particulares, visando, principalmente, à produção de aglomerados, laminados, madeira para caixotaria, móveis, serraria e celulose, vindo a seguir a exploração de resina e a produção de sementes melhoradas, tanto para o abastecimento interno como para a exportação (Moraes, 2001).

(1) Aceito para a publicação em junho de 2005.

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

(3) Floresta Estadual de Bebedouro, Caixa Postal 68, 14.700-000, Bebedouro, SP, Brasil. (Estagiário).

(4) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Caixa Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil. (Graduando em Agronomia).

O gênero *Pinus* é formado por mais de uma centena de espécies. Dentre as tropicais, destaca-se o *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et Gol., como uma das mais importantes para a produção de madeira e resina para a região Sudeste brasileira. Sua origem são as Ilhas das Bahamas, em áreas separadas e distantes em até 600 km. A primeira inclui as Ilhas Grand Bahama, Great Abaco, Andros e New Providence, entre 23° e 27° de latitude norte; a segunda área inclui as Ilhas Caicos, entre 21° e 22° de latitude norte. Nessas ilhas, se encontra em altitudes que variam desde o nível do mar até 30 m, em clima tropical (25°C), subúmido (chuvas anuais de 700 a 1.300 mm), com período de seca de seis meses, solos alcalinos (pH 7,5 a 8,5), com crescimento intermediário entre o *Pinus caribaea* Mor. var. *caribaea* Bar. et Gol. e o *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii* (Barrett & Golfari, 1962).

A variabilidade genética existente em uma população é a matéria-prima básica do melhoramento, e o conhecimento de sua distribuição entre e dentro de progênes é relevante para a definição de estratégias de seleção em programas de melhoramento florestal (Sebbenn *et al.*, 1994). Por isso, é fundamental a estimativa de parâmetros genéticos que descrevem os níveis de variação genética existentes entre progênes, a magnitude do controle genético dos caracteres e os ganhos esperados com a seleção.

Variação genética significativa para caracteres de crescimento, forma e produção de resina em testes de progênes de *P. caribaea* var. *bahamensis* é relatada por Sebbenn *et al.* (1994), Zheng *et al.* (1994), Gurgel Garrido *et al.* (1996, 1999) e Missio *et al.* (2004). Estimativas do coeficiente de variação genética em testes de progênes vêm detectando alto potencial genético para o melhoramento de caracteres de crescimento, forma do fuste e produção de resina (Sebbenn *et al.*, 1994; Gurgel Garrido *et al.*, 1996, 1999; Missio *et al.*, 2004), e ganhos na seleção de até 23,4% para altura, 30,6% para DAP (Zheng *et al.*, 1994), 8,26% para volume real (Sebbenn *et al.*, 1994) e 46,23% para produção de resina (Gurgel Garrido *et al.*, 1999). Esses resultados demonstram o grande potencial da espécie para o melhoramento de diversos caracteres de valor econômico para diferentes locais.

Os objetivos deste trabalho foram estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento

e forma em progênes de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, implantado em Bebedouro–SP, após um desbaste aleatório de 44% das árvores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Genético, Local de Experimentação e Delineamento Experimental

As sementes para a implantação deste experimento foram obtidas junto ao Departamento Florestal de Queensland, Austrália. As progênes utilizadas no experimento foram originadas de sementes de polinização livre de 23 árvores superiores australianas selecionadas em população-base (10 ortetes) e em pomar de clonal (13 rametes) de *P. caribaea* var. *bahamensis* localizado em Queensland.

O teste de progênes foi implantado em 1983, na Floresta Estadual de Bebedouro–SP, localizada nas coordenadas 48°30'W e 20°57'S, com altitude de 570 m. O clima é do tipo Cwa com temperatura média anual do mês mais quente de 22,7°C e do mês mais frio de 17,2°C. A precipitação média anual é de 1.263 mm (Ventura *et al.*, 1965-1966). O relevo do local é plano com inclinação em torno de 5%.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com 23 tratamentos (progênes) e sete blocos, e a unidade experimental composta por cinco plantas dispostas em linha, obedecendo ao espaçamento 3,0 x 2,0 m. Também foi utilizada uma bordadura externa com duas linhas, a fim de se reduzirem os efeitos de borda sobre os tratamentos.

Aos 21 anos de idade, o ensaio sofreu um desbaste aleatório com a retirada de aproximadamente 44% das árvores, assim, não foi avaliado o caráter sobrevivência. O ensaio foi mensurado aos 22 anos de idade para o diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (h) e forma do fuste (variando de 1 – fuste muito tortuoso e bifurcado a 5 – fuste reto sem bifurcação, danos e doenças). Os valores da forma do fuste foram transformados por raiz quadrada, para análise de variância. O volume real individual foi calculado conforme Sebbenn *et al.* (1994) pela expressão $V_{r(i)} = 0,04712388DAP_i^2 h_i$, sendo DAP_i e h_i o DAP e a altura individual, respectivamente. Assim, os parâmetros genéticos foram estimados com uma amostra remanescente das árvores do plantio original.

2.2 Estimativa de Componentes de Variância

As análises de variância para o teste F foram feitas com o procedimento GLM e para a estimativa de componentes de variância pelo procedimento VARCOMP, utilizando o método de REML (*Restricted Maximum Likelihood*), ambos os procedimentos implementados no programa estatístico SAS (S.A.S., 1999). O uso do método REML para estimar os componentes da variância, deve-se ao desbalanceamento experimental em termos do número desigual de árvores remanescentes e sobreviventes por parcelas. Os valores perdidos foram estimados e os componentes da variância foram ajustados para estes. Para análise de variância e estimativa de componentes de variância adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} = performance média do k -ésimo indivíduo, do j -ésimo bloco, da i -ésima progênie; m = média geral da variável em análise; t_i = efeito da i -ésima progênie ($i = 1, 2, \dots, I$); b_j = efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, 2, \dots, J$); e_{ij} = efeito da interação entre a i -ésima progênie do j -ésimo bloco, ou efeito ambiental da ij -ésima parcela, e d_{ijk} = efeito do k -ésimo indivíduo dentro da ij -ésima parcela. Todos os efeitos do modelo foram assumidos como aleatórios, sendo que K é o número de árvores por progênies, J é o número de blocos, I é o número de progênies e \bar{K} é a média harmônica do número de árvores por parcela. O esquema da análise de variância encontra-se na TABELA 1.

TABELA 1 – Esquema da análise de variância para cada caráter em nível de plantas individuais.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	$J-1$	QM_{blocos}	–
Progênies	$I-1$	$QM_{\text{progênies}}$	$\sigma_d^2 + \bar{K} \sigma_e^2 + J \bar{K} \sigma_p^2$
Resíduo	$(J-1)(I-1)$	$QM_{\text{resíduo}}$	$\sigma_d^2 + \bar{K} \sigma_e^2$
Dentro de progênies	$JI \sum_{i=1}^p (\bar{K} - 1)$	QM_{dentro}	σ_d^2

Em que: J = número de blocos; I = número de progênies; \bar{K} = média harmônica do número de plantas por parcela, e p = número de parcelas.

Das análises de variância, foram estimados os componentes: $\hat{\sigma}_p^2$ = variância genética entre progênies; $\hat{\sigma}_e^2$ = variância devido à interação entre progênies e repetições; $\hat{\sigma}_d^2$ = variância fenotípica dentro de progênies; $\hat{\sigma}_F^2$ = variância fenotípica total, e $\hat{\sigma}_A^2$ = variância genética aditiva entre progênies. A variância genética fenotípica foi estimada por $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2$;

a variância genética aditiva foi calculada com base na expressão: $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{r}_{xy}$, sendo \hat{r}_{xy} a estimativa do coeficiente de parentesco ou co-variância genética aditiva entre plantas dentro de progênies, calculada da estimativa da taxa de cruzamento multiloco média ($\hat{t}_m = 0,89$) obtida para a espécie por Matheson *et al.* (1989), usando a expressão: $\hat{r}_{xy} = 0,25(4\hat{s} + \hat{t}_m^2)$.

2.3 Estimativa de Herdabilidades e Coeficiente de Variação Genética

As definições e cálculos dos coeficientes de herdabilidade, coeficientes de variação e medidas de correlações entre caracteres e idades seguem Namkoong (1979).

Herdabilidade em nível de plantas individuais (h_i^2):

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2}.$$

Herdabilidade entre progênies (h_m^2):

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{J} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{KJ}}.$$

Herdabilidade dentro de progênies (h_d^2):

$$\hat{h}_d^2 = \frac{(1 - \hat{r}_{xy})\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}.$$

Coeficiente de variação genética (CV_g):

$$CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\hat{m}} \cdot 100,$$

sendo \hat{m} a estimativa da média do caráter.

2.4 Resposta à Seleção

A resposta esperada na seleção foi estimada para as intensidades de seleção de 34,7% das progênies ($i_e = 2,2137$) e 5% das árvores dentro das progênies ($i_d = 1,71$). A resposta à seleção entre e dentro de progênies foi calculada pela expressão:

$$\hat{R}_{ed} = \frac{i_e \hat{r}_{xy} \hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_d^2}{JK} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{J} + \hat{\sigma}_p^2}} + \frac{i_d (1 - \hat{r}_{xy}) \hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2}}.$$

A resposta à seleção em porcentagem [$R_{ed}(\%)$] foi estimada por:

$$\hat{R}_{ed}(\%) = \frac{\hat{R}_{ed}}{\hat{m}} \cdot 100,$$

em que, \hat{m} é a média do caráter.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Experimentação e Variação entre Progênies

O coeficiente de variação experimental foi baixo para altura total (10,08%), médio para forma (18,39%) e DAP (20,82%) e alto para volume (37,61%) (TABELA 2). Comparativamente aos coeficientes de variação experimental detectados por Sebbenn *et al.* (1994), avaliando este mesmo ensaio, aos cinco anos de idade (DAP = 7,69%; altura = 4,83%; forma = 7,48%; volume = 21,33%), observa-se o aumento da variação experimental aos 22 anos de idade. Os valores aqui observados também foram superiores aos relatados por Missio *et al.* (2004) para os mesmos caracteres, em teste de progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis*, com 13 anos de idade, implantado em Selvíria-MS (DAP = 12,13%; altura = 5,84%; forma = 7,34%; volume = 22,92%).

Os resultados da análise de variância mostraram diferenças significativas a 5% de probabilidade entre progênies para o caráter volume real (TABELA 2), indicando que existe diferença genética entre a média de pelo menos duas progênies e há possibilidade de obterem-se ganhos com a seleção. Os demais caracteres não apresentaram diferenças significativas. A ausência de diferenças significativas para os caracteres DAP, altura e forma poderia ter sido causada pelo desbaste realizado aos 21 anos de idade, reduzindo as diferenças entre as progênies. Contudo, de acordo com as estimativas do coeficiente de variação experimental, isso não aconteceu, porque o desbaste deveria ter reduzido a variância experimental e os valores obtidos deveriam ser inferiores aos observados aos cinco anos de idade (DAP = 7,69%; altura = 4,83%; forma = 7,48%; volume = 21,33%) por Sebbenn *et al.* (1994). Isso ocorreu porque a variância ambiental aumentou, elevando o coeficiente de variação experimental e mascarando, provavelmente, a variação genética existente entre progênies. Resultado semelhante foi observado por Missio (2004) estudando progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis*. O autor também detectou maiores coeficientes de variação experimental após o desbaste para DAP, altura, forma do fuste e volume do que antes da seleção.

TABELA 2 – Resultados da análise de variância (graus de liberdade e quadrados médios) para os caracteres DAP, altura, forma do fuste (Forma) e volume real, em progênes de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, implantadas em Bebedouro–SP.

Fonte de Variação	GL	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Volume (m ³ /indivíduo)
Blocos	6	15,1862	14,5086**	0,1294	0,0008
Progênes	22	37,1600	7,2073	0,1551	0,0036*
Resíduo	119	27,4304	4,8925	0,1182	0,0021
Dentro	201	26,6999	4,5740	0,1056	0,0020
Coeficiente de variação - CV_{exp} (%)		20,82	10,08	18,39	37,61

(*) $P \leq 0,05$ (**) $P \leq 0,01$.

3.2 Médias de Crescimento e Forma

Existem grandes diferenças entre progênes para os caracteres de crescimento (TABELA 3). A diferença entre as progênes de

menor e maior crescimento para DAP foi de 21%, para altura 6%, para forma 42% e para volume 40%. Isso demonstra a grande variação fenotípica existente no experimento e a possibilidade de explorar a parte genética desta variação pela seleção.

TABELA 3 – Médias (\pm erro) de DAP, altura, forma do fuste (Forma) e volume real, em progênes de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, em Bebedouro–SP.

Progênes	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Volume real (m ³ /indivíduo)
1	24,0 \pm 1,22	21,6 \pm 0,48	3,5 \pm 0,26	0,102 \pm 0,010
2	22,2 \pm 0,95	22,5 \pm 0,44	2,9 \pm 0,21	0,092 \pm 0,008
3	25,0 \pm 1,73	22,8 \pm 0,33	3,5 \pm 0,31	0,118 \pm 0,015
4	25,9 \pm 1,50	22,1 \pm 0,39	3,3 \pm 0,36	0,123 \pm 0,014
5	28,5 \pm 1,66	23,1 \pm 0,23	2,9 \pm 0,40	0,154 \pm 0,017
6	27,2 \pm 1,06	22,7 \pm 0,35	3,4 \pm 0,20	0,136 \pm 0,011
7	23,1 \pm 1,22	22,1 \pm 0,45	3,2 \pm 0,30	0,099 \pm 0,012
8	25,2 \pm 1,94	21,5 \pm 0,92	4,6 \pm 1,30	0,098 \pm 0,009
9	26,2 \pm 1,23	23,6 \pm 0,27	3,9 \pm 0,21	0,133 \pm 0,012
10	23,4 \pm 1,87	20,4 \pm 1,12	2,7 \pm 0,24	0,111 \pm 0,014
11	26,3 \pm 0,95	22,1 \pm 1,94	3,7 \pm 0,23	0,125 \pm 0,009
12	23,1 \pm 1,30	20,9 \pm 0,68	2,9 \pm 0,21	0,095 \pm 0,011
13	24,8 \pm 1,03	22,8 \pm 0,40	3,3 \pm 0,25	0,118 \pm 0,010
14	25,4 \pm 2,02	21,7 \pm 0,95	2,9 \pm 0,44	0,123 \pm 0,018
15	23,4 \pm 1,09	22,5 \pm 0,45	2,8 \pm 0,22	0,101 \pm 0,009
16	26,0 \pm 1,03	22,4 \pm 0,61	3,4 \pm 0,31	0,123 \pm 0,011
17	26,9 \pm 1,26	22,3 \pm 0,35	3,3 \pm 0,30	0,132 \pm 0,013
18	25,0 \pm 1,43	21,9 \pm 0,45	3,1 \pm 0,29	0,114 \pm 0,012
19	26,3 \pm 1,76	21,4 \pm 0,76	2,9 \pm 0,38	0,128 \pm 0,019
20	25,4 \pm 1,14	23,0 \pm 0,18	3,6 \pm 0,22	0,121 \pm 0,009
21	25,6 \pm 0,62	22,1 \pm 0,40	3,8 \pm 0,21	0,118 \pm 0,007
22	25,6 \pm 1,46	22,0 \pm 0,38	3,1 \pm 0,24	0,121 \pm 0,014
23	24,4 \pm 1,42	22,7 \pm 0,84	3,3 \pm 0,21	0,115 \pm 0,011
Média	25,08 \pm 0,31	22,15 \pm 0,15	3,30 \pm 0,09	0,117 \pm 0,003

3.3 Variação Genética e Herdabilidades

O coeficiente de variação genética (TABELA 4) variou de 1,90% para altura a 6,80% para volume. Comparando esses resultados com os obtidos aos cinco anos de idade (DAP = 1,86%; altura = 1,06%; forma = 1,96%; volume = 4,35%) por Sebbenn *et al.* (1994), neste mesmo experimento, observa-se que os presentes valores foram maiores, sugerindo a possibilidade de maiores ganhos genéticos com a seleção aos 22 anos de idade, relativamente aos cinco anos. Confrontando esses valores com os observados por Missio (2004) para os mesmos caracteres (DAP = 0,46%; altura = 2,16%; forma = 1,79%; volume = 12,77%) aos 13 anos de idade na mesma espécie, após a realização de desbaste no experimento, verifica-se que alguns apresentaram maior variação (altura e volume) e outros, menor variação genética (DAP e forma). As diferenças entre esses experimentos podem ser explicadas por diferenças na variação genética existente entre essas populações e diferenças na idade de avaliação dos experimentos (22 *versus* 13 anos).

Moraes (2001) também estudou o comportamento de parâmetros genéticos após o desbaste em *P. caribaea* var. *hondurensis* e detectou maiores coeficientes de variação genética, aos 13 anos de experimentação, para os caracteres altura (3,91%) e volume (11,27%) do que os aqui observados.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais (\hat{h}_i) e dentro de progênies (\hat{h}_d) foram baixas (< 0,1) para todos os caracteres avaliados (TABELA 4), indicando que o controle genético dos caracteres, nestes níveis, é baixo, e que menores ganhos podem ser esperados pela seleção massal no experimento e dentro de progênies, respectivamente. Por outro lado, as estimativas do coeficiente de herdabilidade em nível de média de progênies (\hat{h}_m) foram promissoras, com valores variando de 27,55% para DAP a 44,86% para altura, indicando um razoável controle genético nos caracteres em nível de média de progênies e a possibilidade de progressos genéticos com a seleção entre progênies.

TABELA 4 – Estimativa de parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura, forma do fuste (Forma) e volume real por árvore, em progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, crescendo em Bebedouro-SP.

Parâmetros	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Volume (m ³ /indivíduo)
Variância entre progênies – σ_p^2	0,4834	0,1772	0,0034	0,00063
Variância ambiental – σ_e^2	0,6296	0,4317	0,0070	0,00020
Variância fenotípica dentro – σ_d^2	26,7000	4,5740	0,1056	0,00196
Coeficiente de variação genética – CV_g (%)	2,77	1,90	3,26	6,80
Herdabilidade individual – h_i^2	0,0561	0,1103	0,0946	0,0916
Herdabilidade entre progênies – h_m^2	0,2755	0,4486	0,4035	0,4031
Herdabilidade dentro de progênies – h_d^2	0,0403	0,0862	0,0717	0,0716
Resposta à seleção entre progênies – R_e (%)	3,22	2,82	4,59	9,56
Resposta à seleção dentro de progênies – R_d (%)	1,42	1,42	2,23	4,64
Resposta total à seleção – R_{ed} (%)	4,64	4,24	6,82	14,20

Seleção de 38,5% ($i = 2,2137$) das progênies e 5% ($i = 1,71$) das melhores árvores das melhores progênies.

As estimativas das herdabilidades observadas aqui, aos 22 anos de idade, foram menores do que as observadas aos cinco anos. Sebbenn *et al.* (1994) observaram, aos cinco anos de idade, neste mesmo experimento, estimativas de herdabilidades em nível de plantas individuais (\hat{h}_i) e dentro de progênies (\hat{h}_d) de, no mínimo, 18% ($\hat{h}_d = 0,18$ para altura) e em nível de média de progênies (\hat{h}_m) de, no mínimo, 54% para altura e volume. Isso sugere que o controle genético dos caracteres, aos cinco anos, foi maior do que aos 22 anos. Outra causa poderia ser o desbaste realizado aos 21 anos de idade. Contudo, Missio (2004) comparando a estimativa de parâmetros genéticos antes e após o desbaste em um teste de 119 progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* com 13 anos de idade, observou, em geral, maiores herdabilidades após o desbaste. As menores herdabilidades observadas aos 22 anos de idade podem ter como causa o aumento da variação experimental com o desbaste, como detectado pelo coeficiente de variação experimental.

3.4 Ganhos na Seleção

Os ganhos genéticos na seleção ocorrem em função da intensidade de seleção aplicada, da variação genética e do controle genético (herdabilidade) do caráter sob seleção. Desses fatores, apenas a intensidade de seleção está sob controle do geneticista, visto que a variação genética quantitativa e as herdabilidades são características da população no ambiente em que ela vegeta, podendo alterar-se com a idade das plantas e entre diferentes ambientes. Assim, visando comparar os ganhos esperados na seleção com os preditos por Sebbenn *et al.* (1994), aos cinco anos, neste mesmo experimento, aplicou-se a mesma intensidade de seleção entre progênies, ou seja, a seleção de oito das 23 progênies. A resposta esperada com a seleção entre progênies foi de 3,22%; 2,82%; 4,59% e 9,56% para DAP, altura, forma e volume, respectivamente (TABELA 4). Tais valores foram claramente superiores aos observados por Sebbenn *et al.* (1994), aos cinco anos de idade (DAP = 1,74%; altura = 0,95%; forma = 1,90%; volume = 3,97%).

Assim, os maiores ganhos preditos na seleção, aos 22 anos de idade, foram causados pela maior variação genética expressa entre progênies, nesta idade, relativamente aos cinco anos, visto que a intensidade de seleção aplicada foi exatamente a mesma, em ambas as idades, e a herdabilidade em nível de média de progênies foi inferior aos 22 anos de idade, em relação àquela observada aos cinco anos. Ainda, os coeficientes de herdabilidade foram aqui estimados, assumindo que as progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* constituíam misturas de meios-irmãos e irmãos de autofecundação (ver metodologia), diferente de Sebbenn *et al.* (1994), que assumiram que as progênies eram compostas por meios-irmãos, de forma que as presentes estimativas são mais conservadoras do que as previamente obtidas por Sebbenn e colaboradores, as quais se encontravam provavelmente superestimadas, visto que *P. caribaea* var. *bahamensis* é espécie de sistema misto, conforme observações de Matheson *et al.* (1989).

Não se aplicou a mesma intensidade de seleção dentro de progênies que a aplicada aos cinco anos, devido ao desbaste ter reduzido o tamanho das progênies. Assim, estimou-se a resposta esperada com a seleção dentro de progênies, simulando a seleção da melhor árvore de cada uma das oito melhores progênies selecionadas. Os ganhos esperados na seleção dentro de progênies foram evidentemente inferiores aos esperados com a seleção entre progênies, pois as herdabilidades dentro de progênies foram baixas (< 0,1). A resposta esperada com a seleção dentro de progênies foi de 1,42%; 1,42%; 2,23% e 4,64% para DAP, altura, forma e volume, respectivamente. A causa foi o menor controle genético dos caracteres para a seleção massal (herdabilidades menores do que 10%).

Os ganhos preditos com a seleção sequencial entre e dentro de progênies, aos 22 anos de idade, foram promissores para todos os caracteres, em especial para volume. O progresso genético estimado para DAP, altura, forma e volume foram, respectivamente, de 4,64%; 4,24%; 6,82% e 14,20%. Esses progressos genéticos esperados são válidos para plantios comerciais com *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, crescendo nas mesmas condições ambientais características de Bebedouro.

Ganhos na seleção em testes de progênes de *P. caribaea* var. *bahamensis* são relatados em diversos outros estudos. Sebbenn *et al.* (1994), relatam aos cinco anos de idade, em Bebedouro-SP, ganhos preditos na seleção seqüencial entre e dentro de progênes variando de 1,95% (altura) a 8,26% (volume). Gurgel Garrido *et al.* (1996), estudando 89 progênes de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* também com cinco anos de idade, em Assis-SP, relatam ganhos esperados na seleção variando de 9,19% (altura) a 25,8% (produção de resina). Gurgel Garrido *et al.* (1999), estudando procedências e progênes de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* com seis anos de idade, em Paraguaçu Paulista-SP, relatam ganhos variando de 0,75% (altura) a 46,23% (produção de resina). Missio *et al.* (2004), estudando em Selvíria-MS 119 progênes de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* com 13 anos de idade, observaram ganhos variando de 1,25% (forma) a 5,47% (DAP). Esses resultados demonstram o grande potencial da espécie para o melhoramento de diversos caracteres de valor econômico para diferentes locais do Estado de São Paulo.

4 CONCLUSÕES

1. Existe variação significativa entre progênes de *P. caribaea* var. *bahamensis* para o caráter volume, portanto, há possibilidades de ganhos genéticos.
2. O controle genético dos caracteres em nível de progênes é razoável, embora seja inferior aos detectados aos cinco anos de idade.
3. Os ganhos estimados pela seleção foram promissores para todos os caracteres, em especial para o volume.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Biólogo Alessandro Chagas Fernandes (Faculdades Integradas de Bebedouro - FAFIBE), pela mensuração do experimento e digitação dos dados. O autor Alexandre Magno Sebbenn também agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão da bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETT, W. H. G.; GOLFARI, L. Descripción de las nuevas variabilidades del "Pino del Caribe". **Caribbean Forester**, Porto Rico, v. 23, n. 2, p. 59-71, 1962.

GURGEL GARRIDO, L. M. A.; ROMANELLI, R. C.; GARRIDO, M. A. O. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et Golf. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 89-98, 1996.

GURGEL GARRIDO, L. M. A. *et al.* Variação genética em progênes e procedências de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et Golf. para produção de resina e características de crescimento. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 105-121, 1999.

MATHESON, A. C.; BELL, J. C.; BARNES, R. D. Breeding systems and genetic structure in some Central American pine populations. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 38, p. 107-112, 1989.

MISSIO, R. F. **Variação genética em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis***. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

_____. *et al.* Seleção simultânea de caracteres em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 66, p. 161-166, 2004.

MORAES, M. L. T. Variação genética e aplicação de análise multivariada em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari. 2001. 124 f. Tese (Livre Docência em Silvicultura) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Washington, D.C.: United States Forest Service, 1979. 342 p. (Technical Bulletin, 1588).

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS Procedures Guide**. Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.

FREITAS, M. L. M. *et al.* Parâmetros genéticos em progênes de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética em progênes de meios-irmãos de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et Gol. na região de Bebedouro-SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 6, p. 63-73. 1994.

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 57-140, 1965/66.

ZHENG, Y.; ENNOS, R.; WANG, H. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barr. and Golf. **Forest Genetics**, Zvolen, v. 1, n. 3, p. 167-174, 1994.

LEVANTAMENTO DO MEIO FÍSICO DAS ESTAÇÕES ECOLÓGICA E EXPERIMENTAL DE ITIRAPINA, SÃO PAULO, BRASIL*

Dimas Antônio da SILVA**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos realizar o levantamento do meio físico das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina, apresentar mapas temáticos e propor recomendações de uso da terra, visando à elaboração do plano de manejo. Foi efetuado com base em pesquisas bibliográficas e cartográficas, fotointerpretação de fotografias aéreas e trabalhos de campo. A área de estudo apresenta temperatura do ar e precipitação médias anuais, respectivamente, de 21,9°C e 1.458,9 mm. Destacam-se dois compartimentos morfológicos: colinas amplas e planícies fluviais. O primeiro, coberto por cerrado e reflorestamentos homogêneos de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. é sustentado, predominantemente, por arenitos da Formação Botucatu sobre os quais se desenvolvem Neossolos Quartzarênicos. Os setores das encostas pouco mais íngremes são frágeis à erosão por sulcos, ravinas e voçorocas. O segundo caracteriza-se por terrenos planos, formados por sedimentos recentes, que dão origem aos Gleissolos e Organossolos. Sua vegetação original é o banhado. As várzeas estão sujeitas a inundações, recalques, solapamento das margens dos rios e assoreamento. A rede drenagem é formada pelos ribeirões Itaqueri e do Lobo, principalmente, que deságuam na represa do Lobo. Concluiu-se que os setores das colinas e planícies fluviais com maior grau de conservação da vegetação e susceptíveis, respectivamente, à erosão linear e à dinâmica fluvial devem integrar as zonas de uso mais restritivo. Por outro lado, as áreas alteradas podem compor as zonas de recuperação ou as zonas de maior intensidade de uso, observando-se as medidas de conservação dos solos.

Palavras-chave: clima; geologia; geomorfologia; solos; hidrografia; unidade de conservação.

1 INTRODUÇÃO

As Estações Ecológica e Experimental de Itirapina possuem amostras significativas da vegetação de cerrado e campo cerrado, ecossistemas que foram quase que totalmente dizimados no Estado de São Paulo, pela atividade agrícola. Abrigam espécies características e ameaçadas de extinção, como por exemplo, o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*).

ABSTRACT

This study aimed to carry on a physical environment survey of both Itirapina Ecological and Experimental Stations (São Paulo State, Brazil), presenting thematic maps and suggesting soil use, with the purpose of designing the management planning. The research was developed based on literature and cartographic reviews, interpretation of aerial photographs and field works. The study area bears a year average air temperature and precipitation of 21.9°C and 1,458.9 mm, respectively. Two morphological groups are presented: wide hills and alluvial fans. Wide hills, covered by *cerrado* and plantation of *Pinus* spp. and *Eucalyptus* spp., consist of sandstones from Botucatu Formation over which *Quartzarenics Neosoils* are primarily developed. Most sharp coastal cliffs are fragile to erosion processes. Alluvial fans are characterized by plain land formed by recent sediments, originating *Gleisoils* and *Organosoils*. Its original vegetation is the wetland. Drainage ways are subject to flood, and rivers aggradations. Drainage ways are formed by two rivers (*Itaqueri* and *Lobo*), which target the *Lobo* dam. It was concluded that hills and alluvial fans' sections bearing higher degree of vegetation conservation, and particularly susceptible to linear erosion and alluvial dynamics, should integrate the zones of more restricted use. However, more modified areas may compose recovering zones or zones of higher use intensity, considering soil conservation measures.

Key words: climate; geology; geomorphology; soils; hydrography; conservation areas.

Enquanto a Estação Ecológica tem como objetivos a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas, a Estação Experimental está destinada, sobretudo, ao desenvolvimento de atividades silviculturais e visitação pública (Delgado *et al.*, 2004).

Segundo Silva (2000), as unidades de conservação são pouco conhecidas em seus aspectos físico-bióticos, o que dificulta o manejo e a implantação de programas voltados para a preservação ambiental.

(*) Trabalho apresentado no II Congresso Brasileiro de Unidades Conservação, realizado em Campo Grande, MS, no período de 5 a 9 de novembro de 2000. Aceito para publicação em junho de 2005.

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

Os levantamentos básicos, expressos através de cartogramas e textos, constituem-se numa importante etapa do planejamento físico-territorial (Ross, 1991). A elaboração do banco de dados de uma unidade de conservação possibilita a caracterização ambiental da área e subsidia o desenvolvimento de pesquisas com informações georeferenciadas (Pires, 1999).

O conhecimento sistematizado dos sistemas naturais deve envolver questões relativas à atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, tendo o homem como agente responsável pela organização do espaço produtivo social (Casseti, 1995). A geologia, geomorfologia e pedologia são ciências dependentes, pois estudam a mesma componente da natureza, ou seja, a litosfera. Por outro lado, a climatologia subsidia o conhecimento sobre os solos, a dinâmica do relevo, a distribuição da cobertura vegetal e o comportamento do regime hídrico dos rios (Ross, 1995).

O estudo dos componentes do meio físico-biótico e de suas interações possibilita compreender a dinâmica da paisagem. Desta forma, é possível estabelecer diretrizes de uso dos recursos naturais e a adoção de práticas conservacionistas, evitando-se a deterioração da qualidade ambiental (Ross, 1991). Neste contexto, é importante destacar que as pesquisas integradas se constituem em suportes técnico-científicos para a elaboração dos zoneamentos ambientais e socioeconômicos, que por sua vez, norteiam o planejamento e a gestão territorial, quer seja de um município, bacia hidrográfica, área metropolitana, unidade de conservação, entre outros (Ross, 1995).

Na década de 60 do século passado, Ventura *et al.* (1965/66) cientes desses fatos, levantaram as características edafo-climáticas das dependências do então Serviço Florestal do Estado de São Paulo, que serviram de “subsídio à interpretação dos resultados de pesquisas e experimentação florestais (.....), assim como ao planejamento de futuros trabalhos”.

Com a finalidade de subsidiar a elaboração do plano de manejo integrado das unidades de conservação de Itirapina foram realizados levantamentos do meio físico, contribuindo para a avaliação das potencialidades e das limitações de uso dos ambientes naturais.

Este trabalho teve, portanto, como objetivos caracterizar a área de estudo quanto ao clima, geologia, geomorfologia, solos e hidrografia; apresentar mapas temáticos georreferenciados, adaptando-se mapeamentos pré-existentes para a escala de trabalho e propor recomendações de uso da terra, visando à conservação da biodiversidade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As Estações Ecológica e Experimental de Itirapina, com área de 2.300,00 ha e 3.212,81 ha, respectivamente, estão localizadas nos municípios de Itirapina e Brotas, Estado de São Paulo, entre as seguintes coordenadas geográficas: 22°10' a 22°15' de latitude Sul e 47°45' a 48°00' de longitude Oeste Grw (FIGURA 1).

A área é recoberta por campo e campo cerrado, cerrado e cerradão, mata, banhado e reflorestamentos homogêneos de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (FIGURA 2). Conforme Christofolletti & Queiroz Neto (1962) ocorre uma variação contínua da vegetação entre os topos das colinas, cobertas por cerrados, e as baixadas com campos limpos, havendo uma passagem gradativa pelos tipos intermediários nas encostas e patamares. Essa distribuição é devida ao lençol freático, isto é, fora das baixadas, a grande profundidade do nível freático permite o desenvolvimento de arbustos de sistema radicular profundo, enquanto nas baixadas a sua posição mais próxima à superfície possibilita o domínio das espécies rasteiras e gramíneas.

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas fotos aéreas pancromáticas da TerraFoto S. A., escala aproximada de 1:35.000, ano de 1987. Quanto à documentação cartográfica foram consultadas: cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, escala 1:50.000, anos de 1971 e 1969, (folhas de São Carlos e Itirapina) e cartas topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, escala 1:10.000, ano de 1979 (folhas de Fazenda Mutuca II, córrego do Geraldo, Itirapina II, Fazenda São José, ribeirão do Lobo e represa do Lobo).

A caracterização climática foi realizada com base no balanço hídrico mensal, segundo Thornthwaite & Mather (1955). Os dados de temperatura do ar e precipitação, para o período de 1982 a 2003, foram obtidos no posto meteorológico da Ripasa S. A., situado no município de Itirapina, ao lado da Estação Ecológica, nas coordenadas 22°15' de latitude Sul e 47°52' de longitude Oeste Grw, a uma altitude de 765 metros.

Após seleção e análise dos materiais bibliográfico e cartográfico, realizou-se a fotointerpretação de fotografias aéreas, com controle de campo da área de estudo.



FIGURA 1 – Mapa de localização das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina.

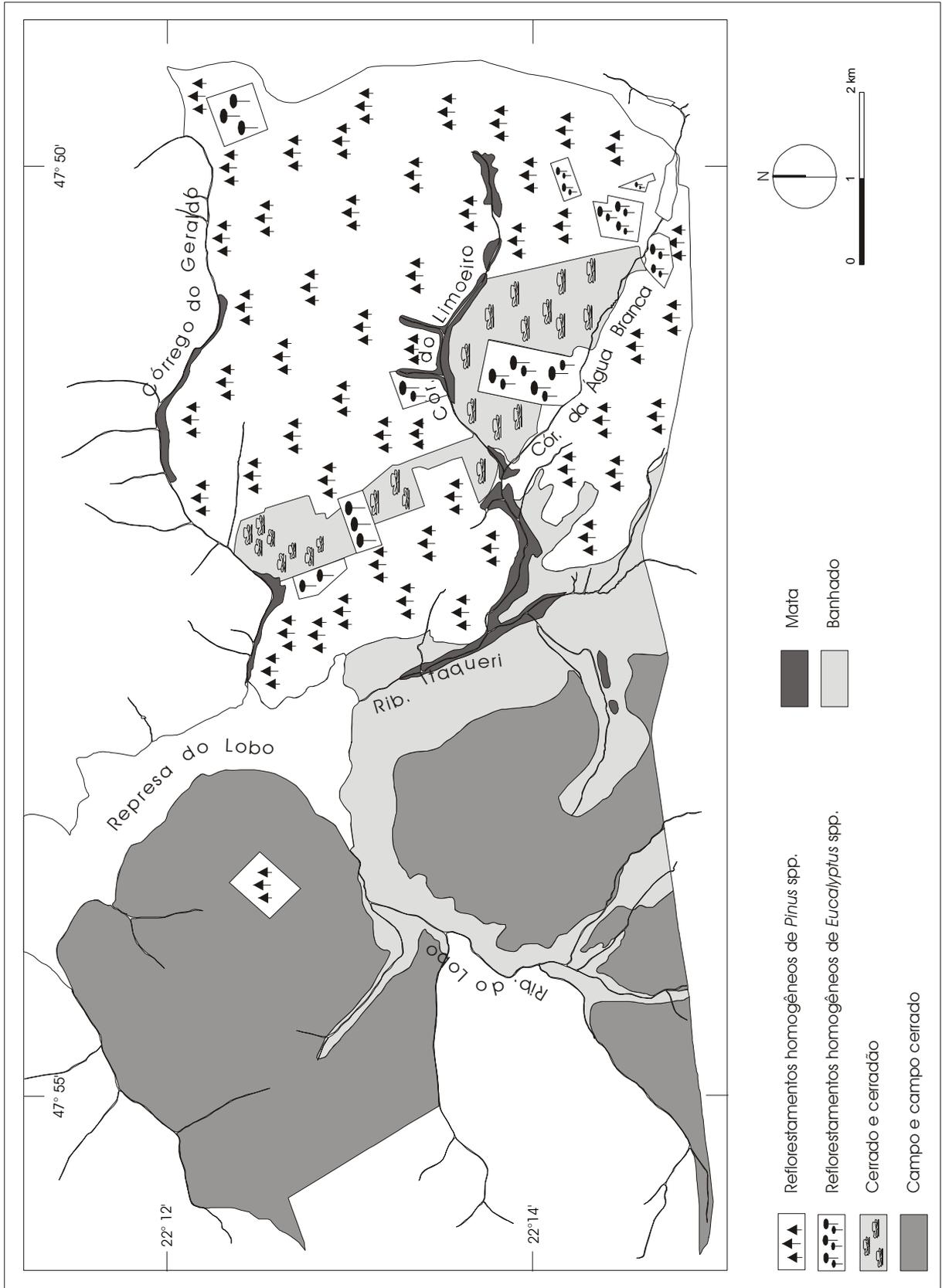


FIGURA 2 – Mapa de vegetação das unidades de conservação de Itirapina.

O mapeamento geomorfológico foi feito valendo-se de metodologia utilizada por Domingues & Silva (1988) e Ross (1991). Das fotos aéreas identificou-se, inicialmente, as unidades morfológicas da área de estudo. Posteriormente, se extraíram dados relativos à hidrografia; formas de topo, vertentes e fundos de vale; formações superficiais; morfodinâmica e ações antrópicas. Esses dados foram selecionados em função de sua representatividade na escala de mapeamento adotada e importância para auxiliar a elaboração do plano de manejo. As informações obtidas nas fotos aéreas e trabalhos de campo foram transferidas para as bases topográficas, na escala 1:10.000. De modo a não sobrecarregar de informações, o mapa final apresentou apenas os compartimentos: colinas amplas, patamares coluviais e planícies fluviais, sendo que a caracterização geomorfológica dos mesmos foi feita ao longo do texto.

Os mapas de geologia e solos foram confeccionados com base em fontes secundárias e por meio de observação de fotos aéreas e trabalhos de campo. Os dados, assim obtidos, foram adaptados para a escala de trabalho.

Para a execução do mapa geológico foram utilizados o “Mapa Geológico do Estado de São Paulo”, do Instituto de Pesquisa Tecnológicas - IPT (1981a), escala 1:500.000, e o “Mapa Geológico da Região Administrativa de Campinas”, do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE/Universidade Estadual Paulista - UNESP (1981), escala 1:500.000.

O mapa de solos foi confeccionado segundo o “Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos” (Oliveira & Prado, 1984), escala 1:50.000, atualizando-se a respectiva legenda conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1999).

As planícies fluviais mapeadas por fotointerpretação foram transferidas para os mapas geológicos e de solos, detalhando-se, respectivamente, as áreas ocupadas por Sedimentos Aluvionares, e por Gleissolos e Organossolos.

Visando complementar a caracterização das unidades de Itirapina e subsidiar os estudos foram confeccionadas as cartas hipsométrica e clinográfica.

O mapa de classes hipsométricas foi elaborado a partir de cinco classes de altitude, com intervalos de 40 metros, são elas: abaixo de 700 metros, de 700 a 740 metros, de 740 a 780 metros, de 780 a 820 metros e acima de 820 metros.

O mapa clinográfico adotou as classes definidas por Ross (1994) e “já consagradas nos estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola

associados com aqueles conhecidos como valores de limites críticos da geotecnia...”. Desta forma, foram estabelecidas as seguintes classes: inferior a 2%, de 2% a 6%, de 6% a 12% e acima de 12%.

Com base nos levantamentos efetuados e nas considerações dos autores Ross (1991 e 1995) e Casseti (1995) efetuou-se a avaliação integrada dos componentes do meio físico, que contribuiu para a elaboração de sugestões ao zoneamento e de recomendações de uso da terra das unidades de conservação de Itirapina e seu entorno.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas TABELA 1 e FIGURA 3 são apresentados os dados referentes ao balanço hídrico médio da área para o período de 1982 a 2003.

A precipitação média anual é de 1.458,9 mm. O período chuvoso (outubro a março) concentra 1.128,4 mm, ou 77% do total de precipitação anual, e o seco (abril a setembro) 330,5 mm, ou 23% do total. Os meses com maior índice pluviométrico, janeiro e fevereiro, recebem, respectivamente, 214,6 mm e 275,4 mm de chuva e os mais secos, julho e agosto, 23,8 e 42,2 mm.

A temperatura média anual é de 21,9°C. Os meses mais quentes são janeiro (24,9°C) e fevereiro (24,8°C), e os mais frios junho (17,8°C) e julho (17,9°C).

Os dados de precipitação e temperatura permitem identificar, segundo o sistema de Köppen, um clima Cwa, ou seja, mesotérmico com inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente é superior a 22°C e o total das chuvas do mês mais seco não ultrapassa 30 mm, o que concorda com Ventura *et al.* (1965/66).

O balanço hídrico destaca que o excedente hídrico ocorre de dezembro a março. Entre junho e setembro observa-se déficit de 12,7 mm e, conseqüentemente, ressecamento do solo. A reposição d'água ocorre, então, de setembro a novembro.

Conforme Monteiro (1973), as unidades de Itirapina se situam na feição climática denominada “O Centro-Norte”, caracterizada pela existência de um período seco muito nítido, onde a frequência da chuva diminui no sentido dos paralelos. Trata-se de área de acentuada participação da Massa de Ar Tropical Atlântica. Entre os municípios de São Carlos e Brotas, destaca o autor, há um ligeiro aumento na pluviosidade.

TABELA 1 – Balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather (1955).

Meses	T (°C)	P (mm)	I	a	ETP (mm)	P-ETP (mm)	NEG-AC	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan.	24,9	275,4	11,4	2,5	103,81	171,6	0,0	300,00	0,00	103,8	0,0	171,6
Fev.	24,8	207,9	11,3	2,5	98,86	109,0	0,0	300,00	0,00	98,9	0,0	109,0
Mar.	24,4	161,2	11,0	2,5	110,10	51,1	0,0	300,00	0,00	110,1	0,0	51,1
Abr.	22,6	75,4	9,8	2,5	93,04	-17,6	-17,6	282,87	-17,13	92,5	0,5	0,0
Mai	19,7	67,6	8,0	2,5	71,57	-4,0	-21,6	279,15	-3,71	71,3	0,3	0,0
Jun.	17,8	46,9	6,8	2,5	55,57	-8,7	-30,3	271,20	-7,95	54,9	0,7	0,0
Jul.	17,9	23,8	6,9	2,5	58,60	-34,8	-65,1	241,50	-29,70	53,5	5,1	0,0
Ago.	19,0	42,2	7,5	2,5	66,45	-24,2	-89,3	222,75	-18,75	60,9	5,5	0,0
Set.	20,8	74,6	8,7	2,5	77,09	-2,5	-91,8	220,91	-1,84	76,4	0,6	0,0
Out.	22,9	120,3	10,0	2,5	96,08	24,2	-60,6	245,13	24,22	96,1	0,0	0,0
Nov.	23,5	149,0	10,4	2,5	93,90	55,1	0,0	300,00	54,87	93,9	0,0	0,2
Dez.	24,2	214,6	10,9	2,5	100,50	114,1	0,0	300,00	0,00	100,5	0,0	114,1
TOTAIS	262,5	1458,9	112,7	30,1	1025,55	433,3	-	3264	0,00	1012,8	12,7	446,1
MÉDIAS	21,9	121,6	9,4	2,5	85,46	36,1	-	272,0	-	84,4	1,1	37,2

Local: Itirapina, SP. Latitude: 22°15'S. Longitude 47°52'W. Altitude: 765 m.

Fonte e Período: Ripasa S. A./1982-2003.

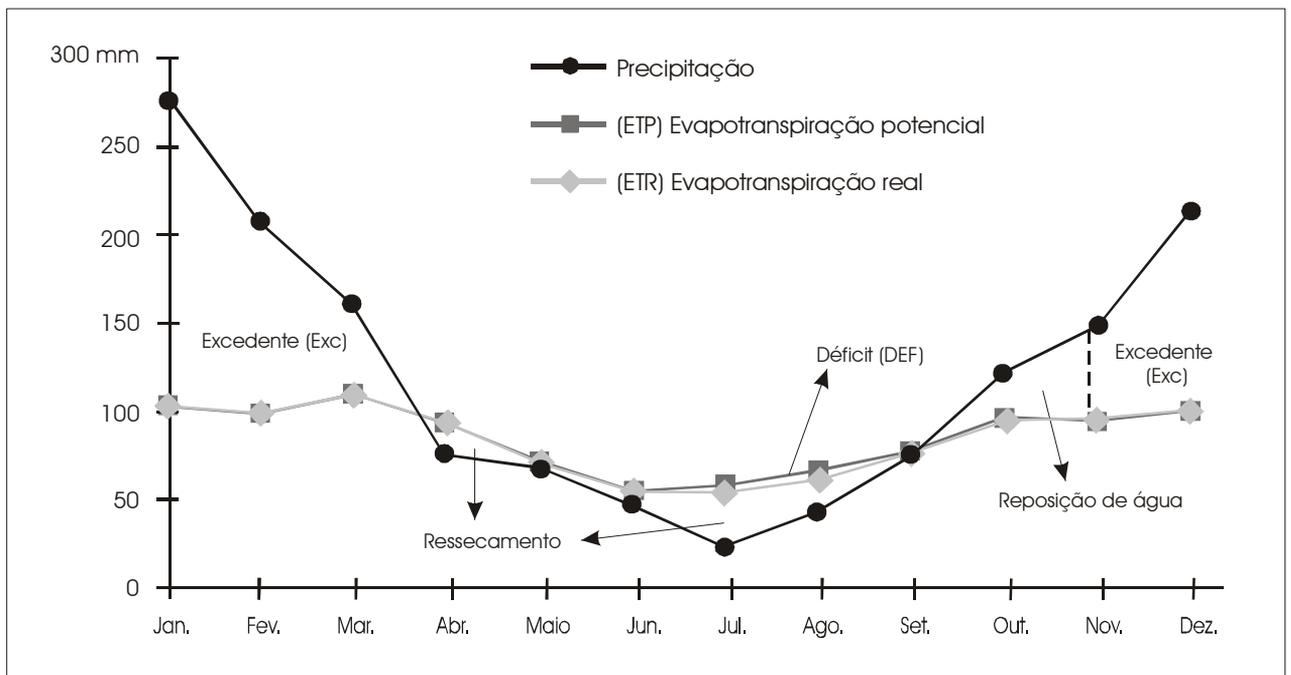


FIGURA 3 – Gráfico do balanço hídrico médio mensal segundo Thornthwaite & Mather (1955), da região de Itirapina, SP.

Nos meses de inverno, com a diminuição dos níveis pluviométricos e possibilidade de ocorrência de geadas, devem ser intensificadas as medidas de prevenção dos incêndios florestais.

A área de estudo é constituída por arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e basaltos da formação da Serra Geral, do Grupo São Bento (FIGURA 4). O córrego Água Branca corre adaptado a um extenso falhamento de gravidade, e apresenta um vale marcadamente dissimétrico. A margem direita, mais íngreme, corresponde às encostas das colinas, formadas a partir dos arenitos e basalto, enquanto a margem esquerda se destaca como um expressivo patamar arenoso. Esse falhamento separa, portanto, os sedimentos das formações Pirambóia e Botucatu.

O mapa de classes hipsométricas permite visualizar a distribuição das classes de altitude e a configuração geral do relevo (FIGURA 5). As altitudes variam de aproximadamente 700 metros, junto às margens da represa do Lobo, a 827 metros, próximo à sede da Estação Experimental. Predominam, todavia, as altitudes entre 700 metros a 740 metros.

Predominam as declividades inferiores a 2%, enquanto as declividades superiores a 12% ocorrem junto ao fundo de vale dos córregos da Água Branca, do Limoeiro e do Geraldo, onde a drenagem entalha mais profundamente as camadas sedimentares. O relevo é, portanto, pouco dissecado, por isso não foi possível detalhar as classes superiores a 12%. A Estação Experimental apresenta maiores amplitudes altimétricas e declividades quando comparada à Estação Ecológica (FIGURA 6).

As unidades de conservação de Itirapina localizam-se no reverso das Cuestas Basálticas, em planalto estrutural denominado Campo Alegre (Almeida, 1964). Essas apresentam dois compartimentos morfológicos distintos: um relevo de denudação formado por colinas amplas e baixas com topos aplanados (Ross & Moroz, 1997) e um relevo de agradação constituído por planícies fluviais (FIGURA 7). Entre as colinas amplas e baixas e as planícies fluviais ocorre, muitas vezes, um nível intermediário de patamares coluviais. O contato entre as colinas e os patamares é marcado por uma nítida ruptura de declive. De acordo com Christofolletti & Queiroz Neto (1962), os patamares se comportam como verdadeiros terraços, localizados a 5-10 metros acima do nível das várzeas. São recobertos, aparentemente, pelo mesmo material das colinas, embora possuam uma cor mais amarelada e são um pouco mais argilosos.

A fotointerpretação permitiu verificar que as vertentes são longas, de baixa declividade e apresentam perfis retilíneos a convexos. Conforme observações de Christofolletti & Queiroz (1961a), as formas suaves das colinas são consequência da friabilidade do arenito e da ação pluvial. IPT (1981b) acrescenta que há uma forte relação entre as formas de relevo e as litologias subjacentes.

A FIGURA 8 mostra que predominam os Neossolos Quartzarênicos, recobrando as colinas e os patamares. Ocorrem, também, os Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos. Os primeiros são solos profundos, com seqüência de horizontes A-C, não hidromórficos e fortemente ácidos, com pH entre 4,3 e 5,3, formados a partir de arenitos da Formação Botucatu (Oliveira & Prado, 1984). Conforme Lepsch *et al.* (1983), esses solos apresentam fertilidade baixa, pequena capacidade de retenção de água e nutrientes, e alta susceptibilidade à erosão. Originalmente eram recobertos, em grande parte, pelo cerrado em suas diferentes fisionomias.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos são encontrados na Estação Experimental, em relevo plano e suave ondulado, com declividades inferiores a 12%. Estão desenvolvidos, notadamente, em sedimentos arenosos da Formação Botucatu. Conforme Oliveira & Prado (1984), estão associados às areias quartzosas e apresentam sérias limitações quanto à fertilidade e retenção de umidade. De acordo com Queiroz Neto & Christofolletti (1968), são solos profundos, bem drenados, arenosos e areno-barrentos, e ácidos. Distribuem-se de maneira constante em função da topografia, isto é, nas colinas são vermelho-amarelados, mais argilosos, enquanto nas baixadas apresentam tonalidade amarelada e textura mais arenosa.

Os Latossolos Vermelhos ocupam pequena porção da Estação Experimental, entre os córregos do Limoeiro e Água Branca. O relevo é, em geral, suave ondulado, com declives superiores a 6%. São solos ácidos e provenientes de produtos de alteração dos sedimentos finos das Formações Pirambóia e Botucatu, com variada contribuição de rochas básicas. Camadas de cascalhos são encontradas, em geral, a aproximadamente 2,0 metros de profundidade e possuem espessura de até 1,0 metro. Concordando com Queiroz Neto (1960), as cascalheiras são constituídas principalmente por quartzo, e podem conter seixos e blocos de canga areno-conglomerática. Esses blocos ocorrem na superfície dos solos, como observado em um corte próximo à Estação Experimental.

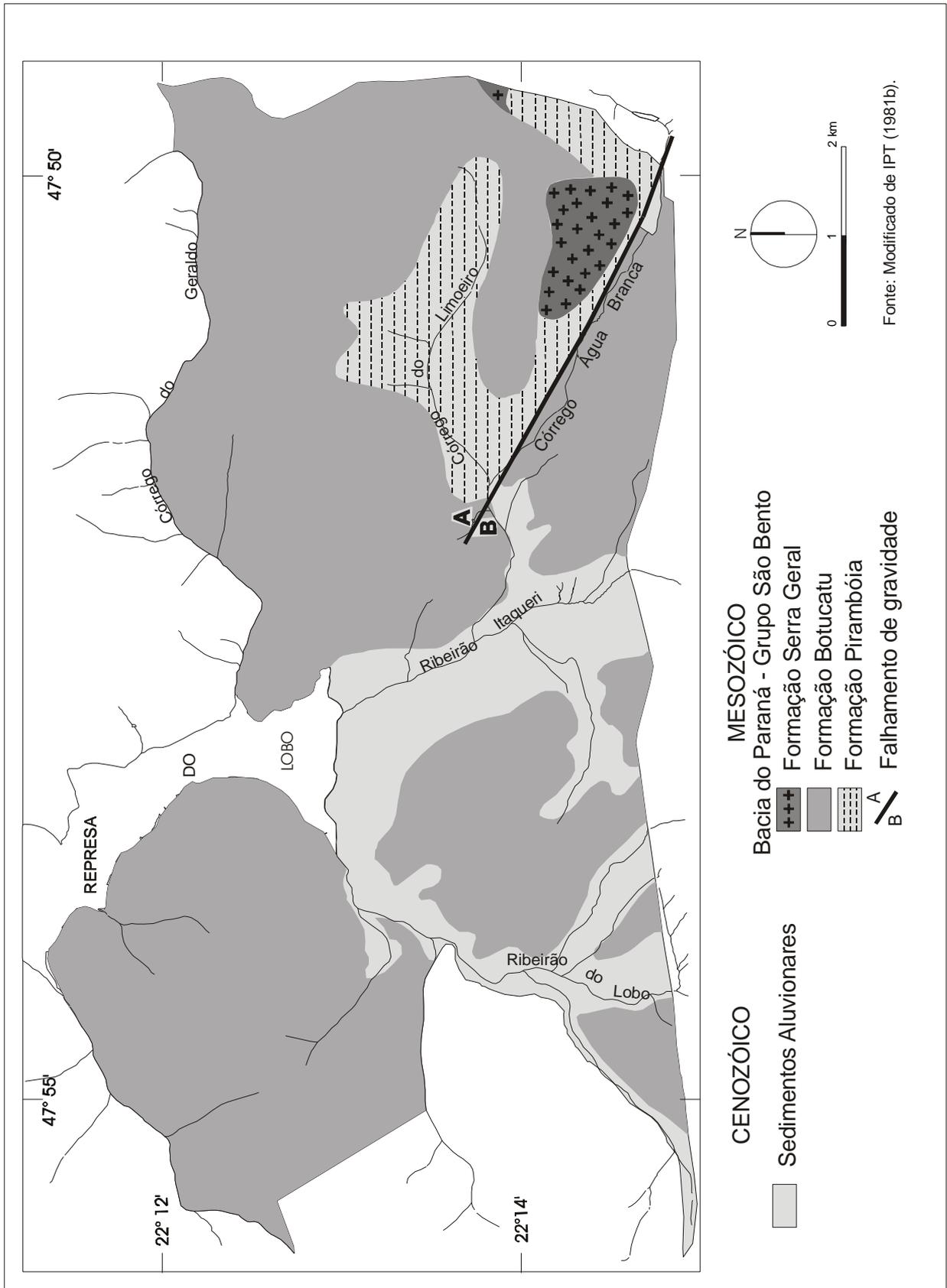


FIGURA 4 – Mapa geológico das unidades de conservação de Itirapina.

SILVA, D. A. da. Levantamento do meio físico das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina, São Paulo, Brasil.

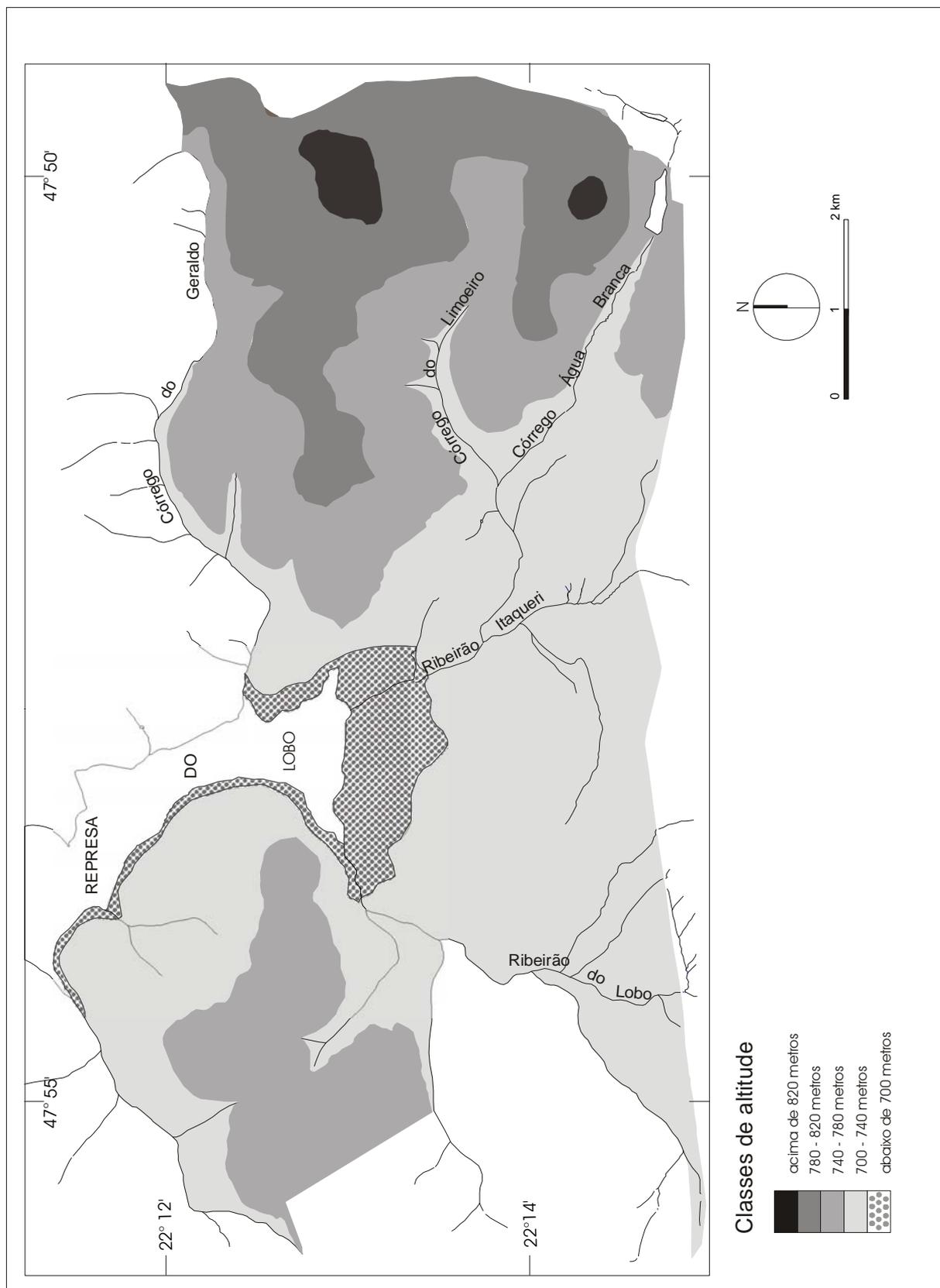


FIGURA 5 – Mapa hipsométrico das unidades de conservação de Itirapina.

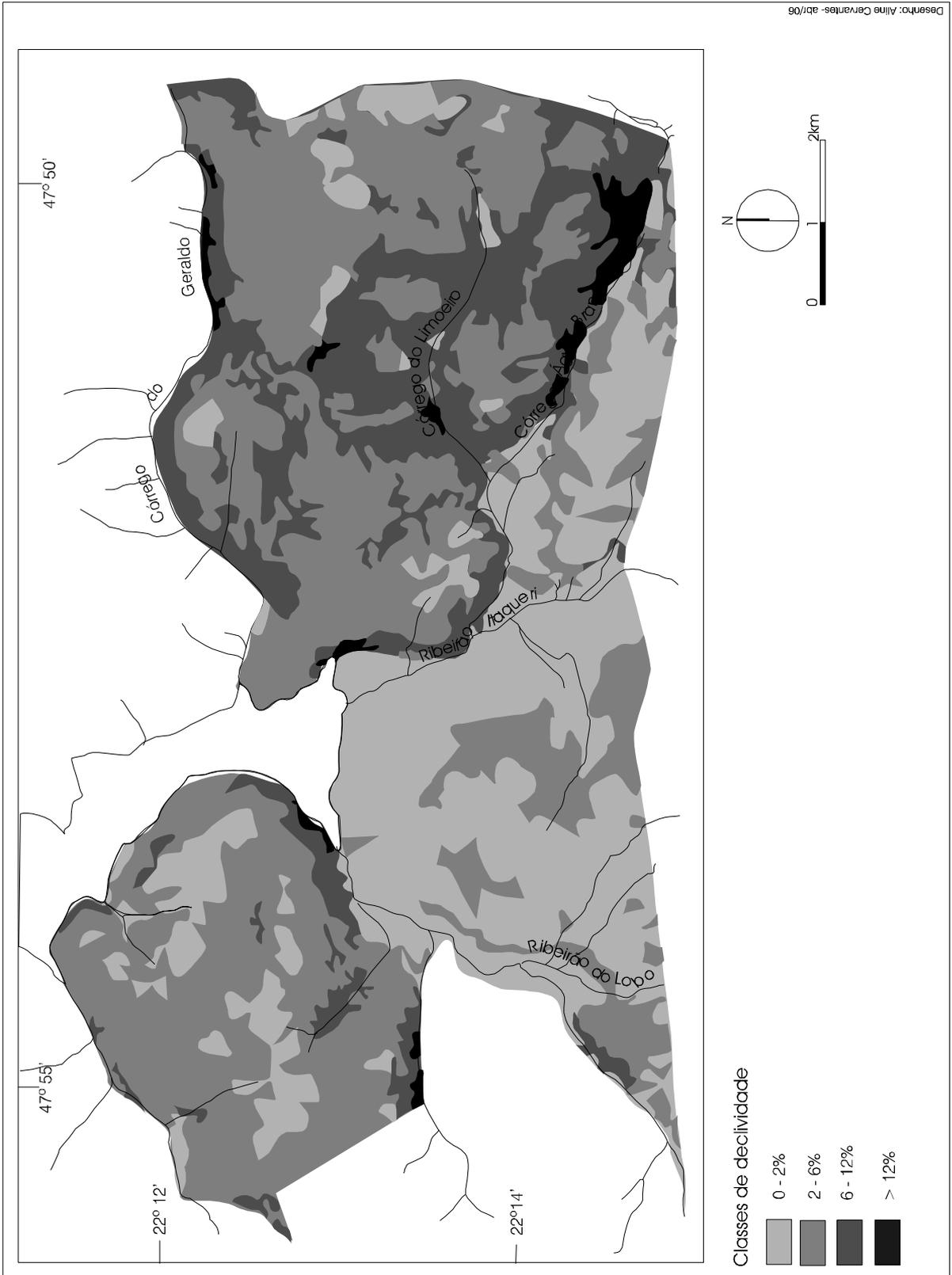


FIGURA 6 – Mapa clinográfico das unidades de conservação de Itirapina.

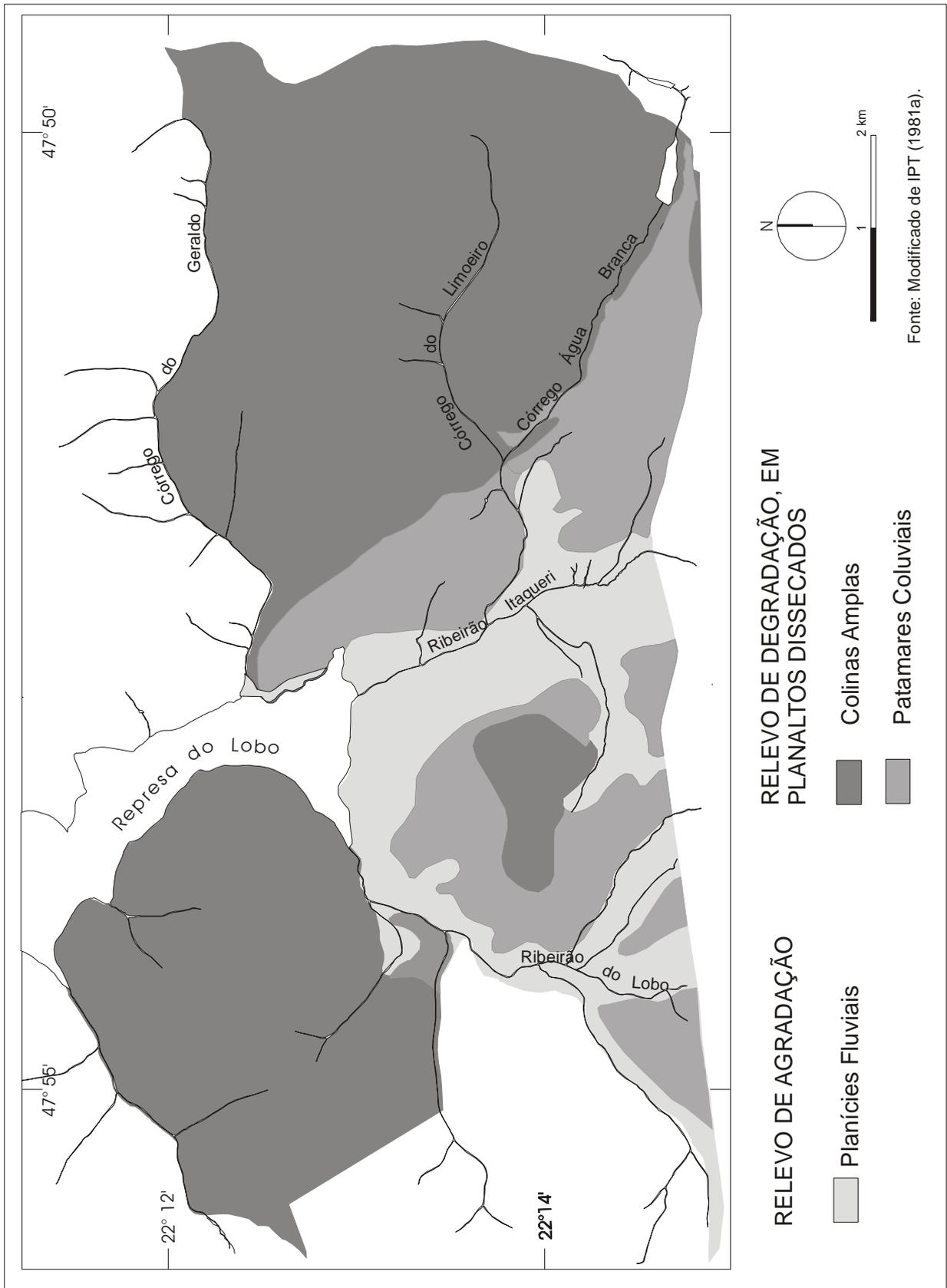


FIGURA 7 – Mapa da compartimentação morfológica das unidades de conservação de Itirapina.

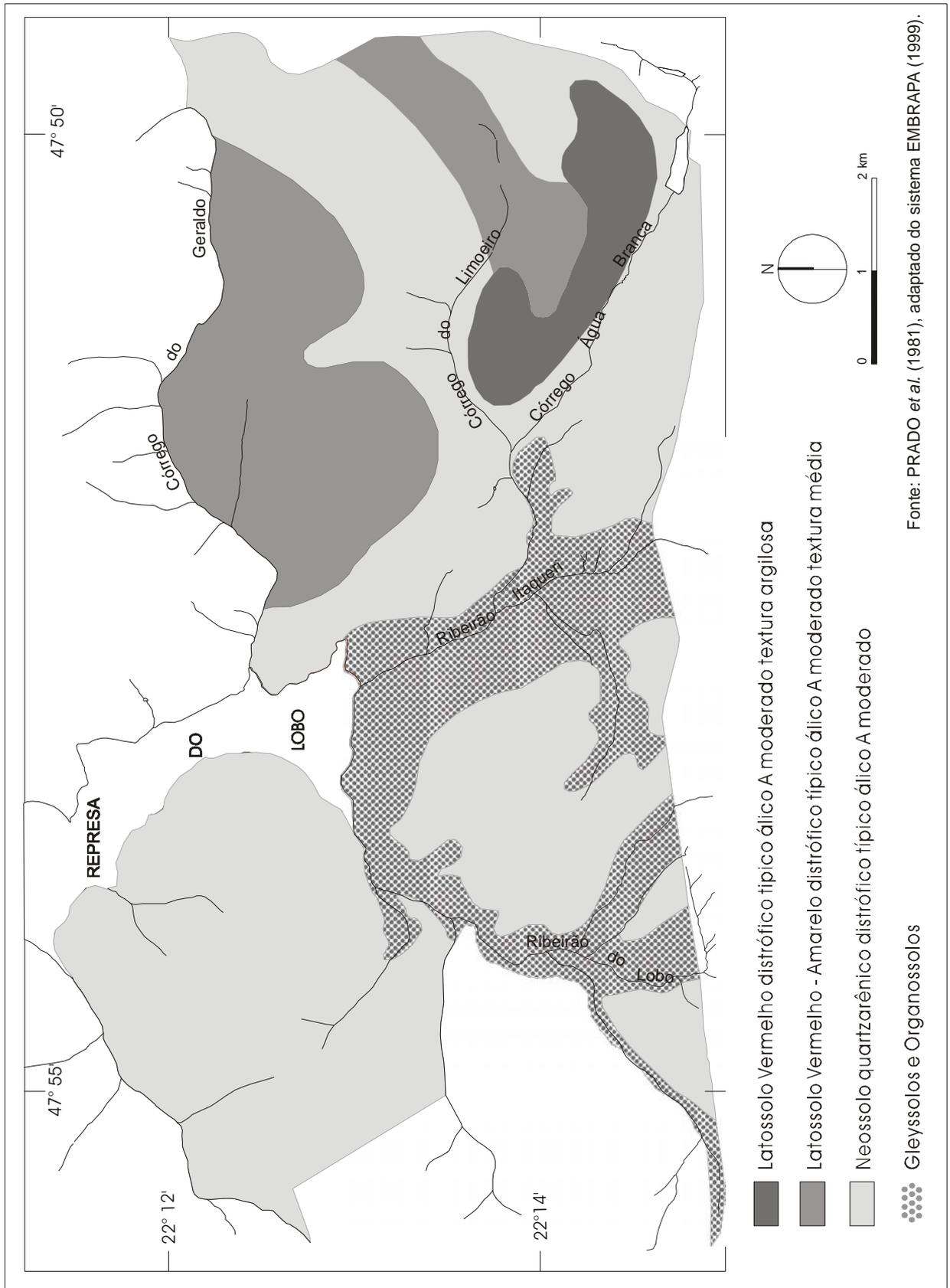


FIGURA 8 – Mapa de solos das unidades de conservação de Itrirapina.

O campo cerrado e o campo não revestem totalmente os Neossolos arenosos e pouco estruturados, favorecendo a ação erosiva das águas pluviais. No topo das colinas ocorre de forma disseminada o escoamento superficial difuso, por entre as gramíneas que recobrem o solo. Esse processo também pode ocorrer nas áreas onde o reflorestamento se apresenta em estágio inicial de crescimento. De acordo com Christofolletti & Queiroz Neto (1961b), essa é a principal ação esculptora das formas de detalhe das colinas. Nas encostas das colinas ocorrem sulcos e ravinas, resultado da concentração do escoamento superficial, que podem evoluir e originar voçorocas. Estes processos erosivos foram observados principalmente na Estação Ecológica, ao longo de caminhos e aceiros mal conservados.

Entre a Estação Ecológica e a represa do Lobo há uma grande faixa de terreno desmatada, que seria utilizada para a construção de uma pista de pouso. Nos solos, expostos diretamente à ação pluvial, ocorrem de forma generalizada, escoamento superficial difuso e sulcos.

Na Estação Experimental observaram-se alguns locais de onde foram retirados cascalhos, utilizados na conservação de estradas e caminhos. Hoje abandonadas, essas áreas não foram recuperadas, apresentando graves problemas de conservação dos solos. No maior movimento de solo, localizado na margem direita do córrego Água Branca, desenvolveu-se uma voçoroca de aproximadamente 150 metros de comprimento, 6 metros de largura e 2 metros de profundidade.

As colinas e os patamares formados por solos arenosos, susceptíveis aos fenômenos de erosão hídrica e cobertos por vegetação natural, deverão integrar as zonas de maior grau de proteção (intangível e primitiva). Destinam-se à preservação do ambiente natural e à realização de atividades de pesquisa e educação ambiental. As áreas reflorestadas ou muito alteradas pelo homem poderão compor as zonas de uso menos restritivo (uso extensivo, uso intensivo, manejo florestal ou uso especial), obedecendo-se, todavia, as medidas de conservação dos solos. Serão destinadas, por exemplo, para a exploração sustentável dos recursos naturais, recreação, educação ambiental e implantação da estrutura administrativa das unidades de Itirapina. Os terrenos consideravelmente antropizados, com solos erodidos e vegetação degradada, deverão ser recuperados, e incorporados a uma das zonas previstas no plano de manejo.

As planícies fluviais são formadas por terrenos planos, gerados por processos de agradação. Apresentam declividades inferiores a 2% e estendem-se ao longo dos ribeirões do Lobo e Itaqueri. Ocorrem aí, os Gleissolos e Organossolos, desenvolvidos sobre Sedimentos Aluvionares. A vegetação natural é caracterizada por banhado e alguns capões de mata, que correspondem aos tipos de vegetação: campos hidrófilos de várzea e floresta tropical higrófila de várzea, respectivamente (EMBRAPA, 1999). Conforme Christofolletti & Queiroz Neto (1961b), essas planícies foram elaboradas em função do nível da soleira basáltica. Nos vales fluviais destacam-se pequenas colinas sustentadas pelo arenito Botucatu, formando um nível de 30 a 50 m acima das várzeas, que estão evoluindo devido à ação pluvial.

A rede de drenagem apresenta baixa densidade, devido à natureza e propriedade dos solos; à litologia da área composta basicamente por arenitos eólicos da Formação Botucatu, e ao relevo plano e suave ondulado, portanto, todos estes fatores são responsáveis pela alta infiltração da água no solo, em detrimento ao deflúvio. O padrão de drenagem é subparalelo (FIGURA 9).

Os córregos do Geraldo, Limoeiro e Água Branca, afluentes do ribeirão Itaqueri, são formados por cursos d'água perenes, longos e pouco ramificados e por pequenos canais secundários temporários. Os vales desses córregos são abertos e se formam áreas restritas de sedimentação de material arenoso. Os córregos do Geraldo e do Limoeiro apresentam nascentes na Estação Experimental. Nas planícies há um maior número de cursos d'água secundários perenes, em consequência do lençol freático mais superficial.

Concordando com Nakazawa *et al.* (1994), as várzeas apresentam alta susceptibilidade à inundação, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. As limitações impostas pelo meio físico inviabilizam, por exemplo, construções e aberturas de caminhos, e o desenvolvimento de atividades recreativas intensivas nesses locais. Devem, portanto, integrar, em geral, as zonas de uso mais restritivo (intangível e primitiva). Salienta-se que, as margens de rios e reservatórios e o entorno de nascentes são áreas de preservação permanente e, portanto, legalmente protegidas.

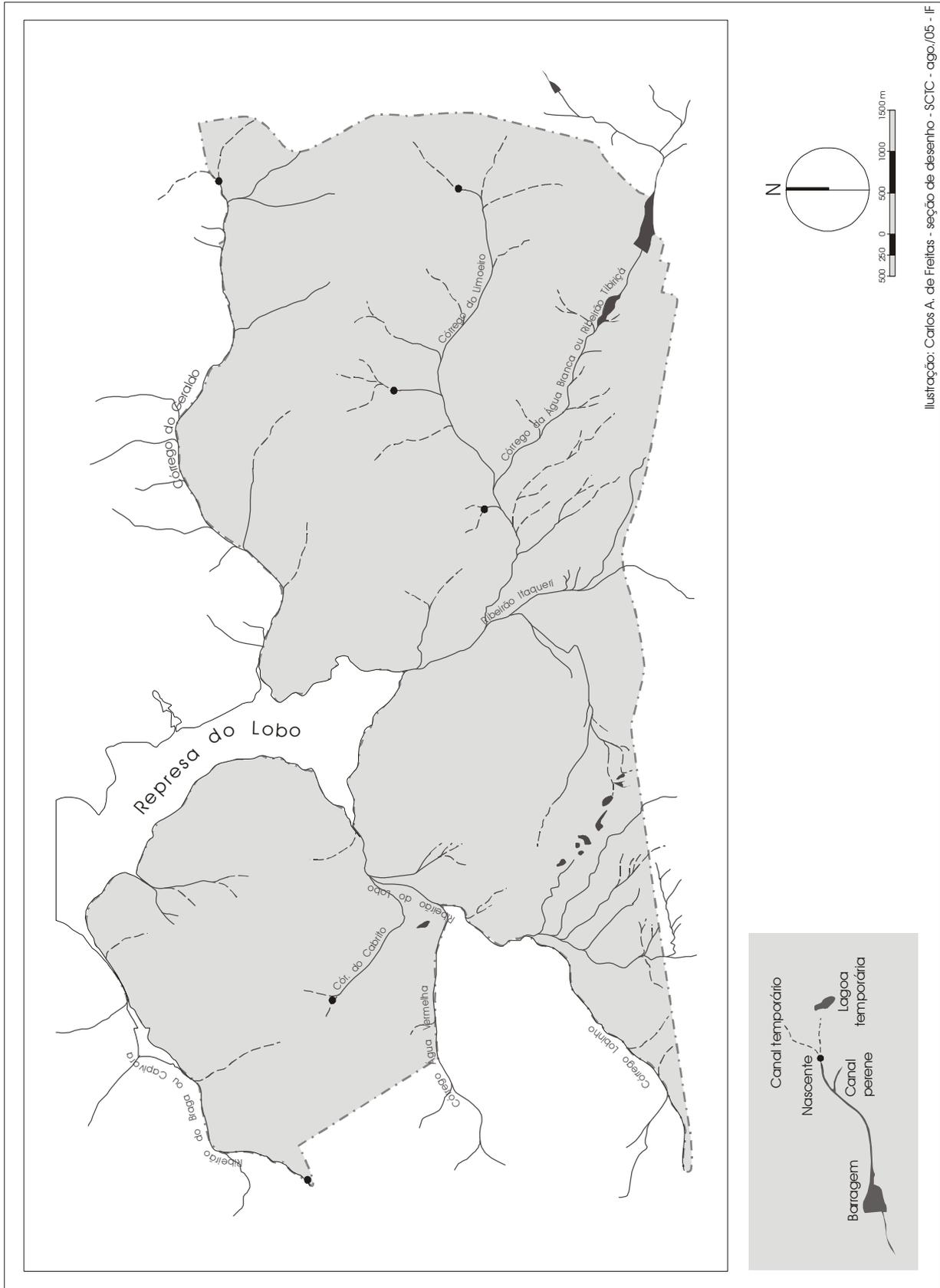


FIGURA 9 – Mapa da rede de drenagem das unidades de conservação de Iitrapina.

O uso inadequado dos solos arenosos da região, sem práticas conservacionistas, acelerou a erosão e acentuou a carga dos sedimentos transportada pelos rios, provocando o assoreamento dos vales. Pela observação das fotografias aéreas, nota-se que na foz do rio Itaqueri, a água apresenta uma tonalidade de cinza claro, evidenciando a grande quantidade de sedimentos em suspensão, que é levada para a represa do Lobo.

Christofoletti & Queiroz Neto (1961a) acrescentam que as várzeas aumentam progressivamente, tornando-se mais amplas e mais elevadas, a custo do material fornecido pelos cursos d'água provenientes da Serra do Itaqueri e pelo escoamento superficial das colinas. Conforme Queiroz Neto & Christofoletti (1968), o perfil transversal dessas baixadas em "U" muito aberto, seria uma consequência desse fato.

Do exposto, denota-se que os solos Neossolos Quartzarênicos são muito susceptíveis ao desenvolvimento dos processos erosivos, apesar da pequena declividade das vertentes. Recomenda-se evitar a exposição direta desses solos à ação das águas pluviais, principalmente nas atividades de reflorestamento. É fundamental o controle de erosão ao longo dos caminhos e aceiros, evitando-se a concentração do escoamento superficial pluvial.

É importante o manejo conservacionista das bacias hidrográficas dos ribeirões Itaqueri e do Lobo, que drenam a área de estudo, visando garantir a qualidade das águas superficiais, hoje comprometidas pelo esgoto doméstico da cidade de Itirapina, agrotóxicos utilizadas na agricultura e assoreamento das planícies aluviais.

4 CONCLUSÕES

Nas unidades de conservação de Itirapina destacam-se formas de relevo denudacionais, cujo modelado se constitui basicamente em colinas amplas e baixas com topos aplanados. As vertentes apresentam perfis retilíneos a convexos, com declividades inferiores a 6%. São sustentadas, predominantemente, por sedimentos da Formação Botucatu, sobre os quais se desenvolvem os solos arenosos Neossolos Quartzarênicos, susceptíveis a erosão por sulcos e ravinas. O relevo colinoso é ocupado por reflorestamentos e cerrado, em suas diferentes fisionomias.

Ao longo dos ribeirões Itaqueri e do Lobo ocorrem as planícies fluviais, caracterizadas por terrenos baixos e planos, com declividades inferiores a 2%.

São formadas por sedimentos aluvionares recentes que dão origem aos Gleissolos e Organossolos, cobertos por vegetação de banhado e mata ciliar. Apresentam lençol freático pouco profundo e estão sujeitas a inundações periódicas, recalques e assoreamento.

As características do meio físico-biótico indicam que os setores das colinas e das planícies com maior grau de conservação da vegetação e susceptíveis, respectivamente, à erosão linear e à dinâmica fluvial, devem integrar as zonas de uso mais restritivo. Por outro lado, as áreas alteradas podem compor as zonas de recuperação ou as zonas de maior intensidade de uso, observando-se as medidas de conservação dos solos.

As informações do meio físico-biótico obtidas neste estudo são fundamentais para a execução do plano de manejo. Contribuem para a elaboração do zoneamento, dos programas de manejo e das recomendações de uso dos recursos naturais das unidades de conservação de Itirapina.

A sistematização dessas informações e a produção de mapas temáticos georreferenciados suprimem a carência de levantamentos básicos, constituindo-se uma primeira etapa para elaboração de um banco de dados digitais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. de. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. **Bol. Inst. Geogr. e Geol.**, São Paulo, v. 41, p. 169-263, 1964.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995. p. 147. (Coleção Caminhos da Geografia).
- CHRISTOFOLETTI, A.; QUEIROZ NETO, J. P. de. As formas de relevo da Serra de Santana (SP). **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n. 6/7, p. 12-17, 1961a.
- _____. Estudos geomorfológicos a respeito da Serra de Santana, SP. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 3-20, 1961b.
- _____. Notas fisiográficas sobre a área de Campo Alegre (S.P.). **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n. 9/10, p. 25-31, 1962.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE/UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. **Mapa geológico da região administrativa de Campinas**. São Paulo, 1981. Escala 1: 500.000.

DELGADO, J. M. *et al.* Plano de manejo integrado das unidades de Itirapina-SP. **IF Sér. Reg.**, São Paulo, n. 27, p. 1-153, 2004.

DOMINGUES, E. N.; SILVA, D. A. da. Geomorfologia do Parque Estadual de Carlos Botelho (SP). **Bol. Técn. IF**, São Paulo, v. 42, p. 71-105, 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S. A. - IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981a. v. 1 e 2. Escala 1:500.000.

_____. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1981b. v. 1 e 2. Escala 1:1.000.000.

LEPSCH, I. F. *et al.* **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo: USP/IG, 1973. 130 p.

NAKAZAWA, V. A.; FREITAS, C. G. L.; DINIZ, N. C. **Carta geotécnica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, 1994. 2 v. Escala 1:500.000. (Publicação IPT, 2089).

OLIVEIRA, J. B. de.; PRADO, H. do. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos II**. Memorial descritivo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1984. 118 p. (Boletim Técnico, 98).

PIRES, A. M. Z. C. R. **Diretrizes para conservação da biodiversidade em planos de manejo de unidades de conservação. Caso de Estudo: Estação Ecológica de Jataí e Estação Experimental de Luiz Antônio (Luiz Antônio – SP)**. 1999. 192 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas e da Saúde) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

QUEIROZ NETO, J. P. de. Notas preliminares sobre a geologia e a estrutura da Serra de Santana, Estado de São Paulo. **Bol. Soc. Bras. Geol**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 13-23, 1960.

_____.; CHRISTOFOLETTI, A. Ação do escoamento superficial das águas pluviais na Serra de Santana (E. S. Paulo). **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 45, p. 59-71, 1968.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991. 88 p. (Coleção Repensando a Geografia).

_____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-71, 1994.

_____. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 9, p. 65-75, 1995.

_____.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia - Departamento de Geografia - FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica-Geologia Aplicada-IPT/FAPESP, 1997. v. 1 e 2. Escala 1:500.000. (Relatório e mapa).

SILVA, D. A. da. **Evolução do uso e ocupação da terra no entorno dos parques estaduais da Cantareira e Alberto Löfgren e impactos ambientais decorrentes do crescimento metropolitano**. 2000. 186 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Pubs. Clim. Drexel-Inst. Technol**, Centerton, v. 8, n. 1, p. 1-104, 1955.

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 57-140, 1965/66.

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 artigos de revisão em ciências florestais e afins.

1.1 Encaminhamento e Apresentação do Original

Os trabalhos externos à Instituição deverão ser encaminhados ao Presidente da Comissão Editorial, Caixa Postal 1322, 01059-970 São Paulo - SP - Brasil; os trabalhos internos à Instituição deverão ser encaminhados ao chefe imediato e ao diretor da divisão à qual pertencem que, após análise, enviará à Comissão Editorial. Os trabalhos deverão ser encaminhados 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 digitado no aplicativo "Word for Windows", fonte Times New Roman tamanho 11, em espaço duplo, respeitando as margens anteriormente citadas.

Deverão obedecer a seguinte ordem: **TÍTULO** do trabalho em caixa alta, seguido do título na língua do **ABSTRACT**; **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)**; **RESULTADOS**; **DISCUSSÃO** (a critério dos autores os resultados e a discussão podem ser incluídos em um único item, identificado como **RESULTADOS E DISCUSSÃO**); **CONCLUSÃO(ÕES)**; **AGRADECIMENTO(S)** (se houver) e **REFERÊNCIA(S) BIBLIOGRÁFICA(S)**.

A identificação, filiação e endereço dos autores não deverão ser incluídos no corpo do texto, mas sim em uma página em separado que acompanhará o manuscrito.

1.2 Ilustrações

São consideradas ilustrações as **FIGURAS**, **TABELAS** e **QUADROS**. Deverão ser citadas no texto e não incluídas no corpo do mesmo, mas sim em folhas, em separado, que acompanharão o manuscrito. O(s) autor(es) deve(m) indicar qual o lugar mais apropriado para a inserção das ilustrações no texto, através da citação "local da figura/tabela/quadro n^o". Exemplos: "local da figura 1"; "local do quadro 3"; "local da tabela 2".

1.2.1 As **FIGURAS** (mapas, gráficos, fotos, desenhos) deverão ser numeradas contínua e seqüencialmente com algarismos arábicos e título auto-explicativo abaixo, deverão ainda ser elaboradas a partir de softwares compatíveis com o Windows 98, tais como: Corel Draw, Excel, etc. O uso de escala é obrigatório, e constará juntamente com a legenda (se houver), na própria figura. As fotos deverão ser de boa qualidade, acompanhadas dos negativos ou em disquete.

1.2.2 **TABELAS** e **QUADROS** deverão ser numerados consecutivamente com algarismos arábicos, encabeçados e citados como **TABELAS** ou **QUADROS** com título auto-explicativo acima, sendo a numeração distinta daquela das figuras. Quando se tratar de **TABELA**, 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 deverá ser 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 da Literatura no Texto

Deverá ser feita na forma de **AUTOR** (em caixa alta/baixa) e **ANO** entre parênteses. Quando houver mais de dois autores usar *et al.*

1.4 Referência Bibliográfica

Deverá ser apresentada em ordem alfabética pelo sobrenome do autor ou do primeiro autor, sem numeração (consultar ABNT - NBR 6023 - 2000). Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(es), obedecer a ordem cronológica crescente; quando houver vários artigos do mesmo ano, indicar: 1988a, 1988b, etc., e quando houver quatro ou mais autores usar *et al.*

1.4.1 Monografias (livros, dissertações, teses, manuais, folhetos, etc.)

AUTOR(ES)//Título: subtítulo (se houver)//edição//Local da publicação: Editora, ano da publicação//total de páginas e/ou volumes//ilustração//(série ou coleção, nº).

1.4.1.1 Livros

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYER, A. **The germination of seeds**. 4. ed. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 270 p.

1.4.1.1.1 Autor entidade

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

1.4.1.1.2 Capítulo ou parte de livro

AUTOR(ES) do capítulo/parte//Título do capítulo/parte//In: AUTOR(ES) do livro. (Coord./Org./Ed.)//Título do livro: subtítulo (se houver)//Local da publicação: Editora, ano da publicação//cap., página inicial-final.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, 1993. cap. 4, p. 137-174.

1.4.1.2 Dissertações, Teses

AUTOR//Título da dissertação/tese//ano da publicação//total de folhas//Dissertação/Tese (Mestrado/Doutorado em...) - Instituto, Faculdade, Universidade, Local da publicação.

VALLILO, M. I. **Caracterização das folhas e galhos do *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e respectivo solo, por espectrometria de emissão com plasma de argônio induzido**. 1995. 105 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

1.4.2 Periódicos (revistas, suplementos, jornais, etc.)

1.4.2.1 Artigo de periódico

AUTOR(ES)//Título do artigo//Título do periódico, Local da publicação, volume, número do fascículo, página inicial-final, ano da publicação//(Artigos aprovados pelo corpo editorial do periódico, mas ainda não publicados, devem incluir no final da referência, entre parênteses, a expressão "No prelo").

SEBBENN, A. M. *et al.* Variabilidade genética e interação genótipo x locais em jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 13-23, 2000. (No prelo).

1.4.2.2 Coleção no todo

TÍTULO DO PERIÓDICO//Local da publicação: Editora, ano da publicação do primeiro volume e ano de encerramento da publicação (se houver)//Periodicidade.

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA. Rio de Janeiro: IBGE, 1939-. Quadrimestral.

1.4.2.3 Fascículos, suplementos, números especiais

TÍTULO DA COLEÇÃO//Título da parte (se houver)//Local da publicação: Editora, volume, número, ano de publicação//total de páginas//Suplemento/Edição especial.

CONJUNTURA ECONÔMICA. As 500 maiores empresas do Brasil. Rio de Janeiro: FGV, v. 38, n. 9, 1984. 135 p. Edição especial.

1.4.2.4 Artigos em jornais

AUTOR(ES) (se houver)//Título do artigo: subtítulo (se houver)//Título do jornal, Local da publicação, data da publicação, Seção, Caderno, Suplemento, número da página do artigo.

BIBLIOTECA climatiza seu acervo. **O Globo**, Rio de Janeiro, 4 mar. 1985. p. 11.

1.4.2.5 Resumo em "abstracts"

AUTOR(ES)//Título do resumo//Título do periódico, Local da publicação do periódico, volume, número do fascículo, página inicial-final, ano da publicação do periódico//(Resumo número em Título do "abstract", Local da publicação do "abstract", volume, número do fascículo, página inicial-final, ano da publicação do "abstract").

KATOH, M. Classification of conifer trees species using JERS-1 OPS data. **Journal of Forest Planning**, England, v. 1, n. 1, p. 1-5, 1995. (Resumo 9432 em **Forestry Abstracts**, Oxon, v. 58, n. 12, p. 1361, 1997).

1.4.3 Congressos, simpósios, seminários, conferências

AUTOR(ES)//Título do trabalho apresentado//In: Coord./Org. (se houver)//TÍTULO DO EVENTO, numeração do evento (se houver), ano do evento, Local do evento//Título da publicação...//Local da publicação: Editora, ano da publicação//página inicial-final. (Quando necessário, ao final da referência acrescentar notas relativas a outras informações para melhor identificar o trabalho).

1.4.3.1 Trabalho apresentado e publicado sob forma de resumo

MARCHIORI, C. F. S.; SILVA, M. R.; SILVA, T. R. G. Estudo da germinação e desenvolvimento de plântulas de espécies arbóreas nativas de matas do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, XI, 1996, São Carlos. **Programa e Resumos...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Botânica, 1996. p. 43.

1.4.3.2 Trabalho apresentado e publicado em Anais

PASTORE, J. A. *et al.* Flora arbustiva do Parque Chico Mendes, município de São Bernardo do Campo (SP). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 269-273. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 1, Edição especial).

1.4.3.3 Trabalho apresentado e publicado em seriado

MÁRQUEZ, F. C. M.; KAGEYAMA, P. Y. Purity testing in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus saligna* seeds: new methodologies. In: REUNIÓN SOBRE PROBLEMAS EN SEMILLAS FORESTALES TROPICALES, 1980, San Felipe-Bacalar. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1981. tomo 1, p. 243-246. (Publicación Especial, 35).

1.4.4 Legislação

JURISDIÇÃO//Título e número da lei/decreto/outros, data//Ementa//Dados da publicação, outras informações necessárias para melhor identificar o documento.

BRASIL. Lei nº 7.653, de 12 de fevereiro de 1988. Altera a redação dos arts. 18, 27, 33 e 34 da Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967, que dispõe sobre a proteção à fauna, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1988. Seção I, p. 26-89.

1.4.5 Mapas

AUTOR(ES) (se houver)//Título do mapa//Local da publicação: Editora (se houver), ano de publicação//Escala.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. Escala 1:5.000.000.

1.4.6 Relatórios técnicos

AUTOR(ES) (se houver)//Título do relatório//Local da publicação: Editora, ano da publicação//total de páginas//(Acrescentar ao final da referência notas relativas a outras informações para melhor identificar o relatório).

CASTRO, M. C.; GOMES, G.; VIANA, L. A. C. **Cooperação técnica na implementação do Programa Integrado de Desenvolvimento - Polonordeste**. Brasília, DF: PNUD/FAO, 1990. 47 p. (Relatório da Missão de Avaliação do Projeto BRA/87/037).

1.4.7 CD-ROM

AUTOR(ES)//Título: subtítulo (se houver)//Local: Produtora, ano da gravação//total de CD-ROMS//Software necessário.

INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Mata Atlântica - 500 anos**. [S.l.]: Estação da Arte Ltda., 2000. 1 CD-ROM. Windows 95 ou superior.

1.4.8 Seriado

AUTOR(ES)//Título do artigo: subtítulo (se houver)//Local da publicação: Editora, ano da publicação//total de páginas//(Título do seriado, nº).

DIAZ, G. E.; BROWN, T. C. **AQUARIUS: a modeling system for river basin water allocation**. Fort Collins: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1997. 160 p. (General Technical Report RM-GTR, 299).

2 INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS

Para maiores esclarecimentos sobre a organização dos trabalhos especialmente quanto à colocação de títulos e subtítulos, subdivisão do texto, organização de tabelas e figuras, consultar o número mais recente da revista. Os casos omissos serão resolvidos pela COMISSÃO EDITORIAL.



SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO
RESPEITO POR VOCÊ