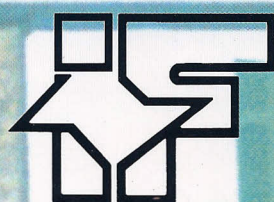




SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO FLORESTAL



REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

Rev. Inst. Flor.	São Paulo	v. 15	n. 2	p. 81 - 169	dez. 2003
------------------	-----------	-------	------	-------------	-----------

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

José Goldemberg

DIRETORA GERAL

Maria Cecília Wey de Brito

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Demétrio Vasco de Toledo Filho

Francisco Carlos Soriano Arcova

Sandra Monteiro Borges Flörsheim

Yara Cristina Marcondes

Waldir Joel de Andrade

Marilda Rapp de Eston

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

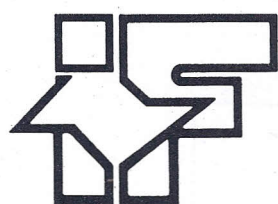
Fone: (011) 6231-8555

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. 15	n. 2	p. 81 – 169	dez. 2003
------------------	-----------	-------	------	-------------	-----------

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Demétrio Vasco de Toledo Filho
Francisco Carlos Soriano Arcova
Sandra Monteiro Borges Florsheim
Yara Cristina Marcondes
Waldir Joel de Andrade
Marilda Rapp de Eston

APOIO/SUPPORT

Carlos Eduardo Sposito (Revisão)
Carlos José de Araújo (Gráfica)

CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO:

Carlos Alberto Vettorazzi - ESALQ/USP
Dulcinéia de Carvalho - Univ. Fed. de Lavras
Gisela V. Menezes - CETESB
Jarbas Yukio Shimizu - EMBRAPA Florestas - PR
Luis Antônio dos Santos Dias - Univ. Fed. de Viçosa

Mario Luiz Teixeira de Moraes - UNESP - Ilha Solteira
Mauricio Sedrez dos Reis - Univ. Fed. de Santa Catarina
Paulo Nogueira Neto - Instituto de Biociências - USP
Pedro Hernandes - INPE
Valderês Aparecida de Sousa - EMBRAPA Florestas - PR

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	
1995, 7(1-2)	
1996, 8(1-2)	
1997, 9(1-2)	
1998, 10(1-2)	

COMPOSTO E IMPRESSO NO INSTITUTO FLORESTAL
dezembro, 2003

SUMÁRIO/CONTENTS

	p.
Sensores remotos, escalas geográficas e análises espaciais orientados a planejamentos ambientais em áreas florestais. Remote sensors, geographic scales and spatial analyses oriented to environmental plannings in forest areas. Bernadete da Conceição Carvalho Gomes PEDREIRA; Rozely Ferreira dos SANTOS	81-96
Variação genética em progênies de duas populações de <i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All. em sistema agroflorestal. Genetic variation in progenies of two populations of <i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All. in agroforestry system. Adriana Junqueira FONSECA; Mario Luiz Teixeira de MORAES; Ananda Virginia de AGUIAR; Ana Cristina Maria Batista de LACERDA	97-107
Variação genética entre e dentro de procedências e progênies de <i>Araucaria angustifolia</i> no sul do Estado de São Paulo. Genetic variation among and within provenance and progeny of <i>Araucaria angustifolia</i> in south of São Paulo State. Alexandre Magno SEBBENN; Ananias de Almeida Saraiva PONTINHA; Edegar GIANNOTTI; Paulo Yoshio KAGEYAMA	109-124
Variação genética em populações naturais de aroeira em dois sistemas de plantio. Genetic variation in natural populations of <i>Myracrodruon urundeuva</i> in two plantation systems. Camila Regina Silva BALERONI; Patrícia Ferreira ALVES; Eduardo Breno Ribeiro dos SANTOS; José CAMBUIM; João Antonio da Costa ANDRADE; Mario Luiz Teixeira de MORAES.....	125-136
Variação genética em progênies de gonçalo-alves (<i>Astronium fraxinifolium</i>) em dois sistemas de plantio. Genetic variation in progenies of <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott in two planting systems. Cidinei Santos de SOUZA; Ananda Virginia de AGUIAR; Alexandre Marques da SILVA; Mario Luiz Teixeira de MORAES	137-145
Tamanho amostral para conservação <i>ex situ</i> de espécies arbóreas com sistema misto de reprodução. Sample size for <i>ex situ</i> conservation in forestry tree species with mixed-mating system. Alexandre Magno SEBBENN	147-162
A fauna no contexto educacional: o caso do jacaré-de-papo-amarelo no Parque Estadual Alberto Löfgren. The fauna in the educational context: the case of the broad-snouted caiman in the Alberto Löfgren State Park. Hugo da Fonseca Alves PEREIRA; Marilda Rapp de ESTON	163-169

SENSORES REMOTOS, ESCALAS GEOGRÁFICAS E ANÁLISES ESPACIAIS ORIENTADOS A PLANEJAMENTOS AMBIENTAIS EM ÁREAS FLORESTAIS*

Bernadete da Conceição Carvalho Gomes PEDREIRA**
Rozely Ferreira dos SANTOS***

RESUMO

Em planejamento ambiental é comum adotar-se a análise espacial como estratégia metodológica mais adequada. No entanto, a escolha correta da escala de trabalho é uma dificuldade comumente encontrada pelo planejador, devido principalmente à carência de trabalhos que abordem discussões sobre esse assunto. Com frequência, ocorrem dúvidas quanto ao nível de detalhe necessário para o mapeamento, a escala que melhor defina alternativas viáveis e implementáveis, ou a relação ideal entre método de análise e escala. Assim, este estudo teve por objetivo contribuir para a solução destas questões, comparando os resultados obtidos por meio do uso de dois sensores, quatro escalas e duas estratégias de análise de paisagem. A vegetação natural (Mata Atlântica) foi escolhida como alvo principal de mapeamento porque é um dos principais indicadores para o planejamento das condições naturais do território e das influências antrópicas recebidas. Os dados obtidos através dos mapeamentos foram quantificados e comparados por meio da integração de dados via sistema de informações geográficas - IDRISI for Windows, e pela aplicação do coeficiente Kappa e matriz de confusão.

Palavras-chave: planejamento; sensoriamento remoto; escala espacial; estudo da paisagem.

ABSTRACT

In environmental planning, spatial analysis is adopted as the most appropriate methodological strategy. The cartographic scale selection is a common difficulty found by the environmental planner, due to the lack of studies that discuss this matter. Usually, there are doubts referring to the detail level necessary for the mapping, the scale that can offer the best possibility to define viable and implementable alternatives, and the ideal relation between analysis method and scale. Therefore, this study had as objective to contribute to the solution of these questions, through the comparison among two remote sensors, four scales and two strategies of spatial analysis: traditional mapping and landscapes assessment. The theme vegetation (Atlantic Forest) was selected because it is one of the most discussed matters in environmental planning, besides to be one of the main indicators of the territory natural conditions and anthropic influences. The spatial data obtained through these mappings were quantified and compared by the integration in a GIS - Geographic Information System/IDRISI for Windows, and by Kappa coefficient and confusion matrix.

Key words: planning; remote sensing; spatial scale; landscape assessment.

1 INTRODUÇÃO

Para planejamento e gestão ambiental é comum avaliar espacialmente o território, de forma a sistematizar e integrar mais facilmente um banco de dados, além de reduzir custos. No entanto, a escolha da escala mais adequada para a realização do trabalho torna-se uma tarefa difícil para o planejador. De acordo com Turner *et al.* (1989) a escala refere-se à dimensão temporal ou espacial dos dados, e deve ser adequada ao fenômeno de interesse.

De maneira geral, a escolha das escalas dos mapas é realizada, simplesmente, de forma intuitiva, obedecendo ao “bom senso” do planejador e sua equipe multidisciplinar. Há ainda o complicador,

no caso de países não desenvolvidos, como o Brasil, da falta de um bom banco digital de dados cartográficos. Assim, muitas vezes, o planejador tem que usar escalas “não ideais” em seus trabalhos, pois são as únicas disponíveis. Com frequência, os membros da equipe de planejamento trabalham com escalas diversas e a escolha da representação espacial final gera conflitos, ocorrendo dúvidas quanto ao nível de detalhe necessário para o mapeamento, a relação ideal entre método de análise e escala, a escala que melhor defina alternativas viáveis e implementáveis e, ainda, quanto ao tempo e custo ideais despendidos no mapeamento, processamento e análise das informações especializadas (Santos & Pivello, 1997).

(*) Aceito para publicação em agosto de 2003. (Apoio CNPq).

(**) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Caixa Postal 6011, 13083-875, Campinas, SP, Brasil. E-mail: pedreira@agr.unicamp.br

(***) Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Distrito de Barão Geraldo, Caixa Postal 6021, 13083-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: roze@fec.unicamp.br

Numa determinada seleção de escala pode-se estar, muitas vezes, perdendo informações importantes; utilizando um mapa pouco detalhado ou, ao contrário, detalhando demasiadamente um mapa que, em seguida, será reduzido, agrupando ou mesmo perdendo as informações que já foram levantadas (Ranieri, 1996). Independentemente da complexidade do meio estudado, é desejável que uma área seja mapeada tão rápido quanto possível, e no nível de detalhe exigido pelos objetivos iniciais do planejamento. Muitas vezes, a própria subjetividade do mapeamento pode ser minimizada com o estudo da relação custo/benefício na utilização de escalas mais ou menos detalhadas.

Segundo Bouma (1989) e Girardi (2001), a escolha da escala deve levar em consideração tanto os objetivos propostos, como o grau de detalhamento desejado para os resultados. Esta é uma questão primordial para o planejamento ambiental: que tipo de respostas é necessário para poder se definir metas, programas e planos viáveis e implementáveis.

Na realidade, o ponto fundamental é que não existe uma escala única correta para descrever populações, ecossistemas ou paisagens; o que não significa, entretanto, que não haja regras gerais quanto à escala, mas sim que elas devem ser avaliadas com muito cuidado. Estas questões devem ser muito bem analisadas em relação a mapeamentos de cobertura vegetal pois, entre os diversos temas abordados em trabalhos de planejamento ambiental, ela é considerada um dos mais importantes indicadores para a elaboração de um diagnóstico, apontando as condições naturais do território e as influências antrópicas recebidas (Orea, 1994).

O presente trabalho foi idealizado visando discutir essas questões, tendo por objetivo central comparar a eficiência de mapeamento da cobertura vegetal entre o uso de dois tipos de sensores remotos, quatro diferentes escalas geográficas de mapeamento e duas estratégias de análise espacial, comuns em planejamentos ambientais. Utilizou-se, como estudo de caso, um trecho de Mata Atlântica da Baixada Litorânea do Estado de São Paulo, localizado no município de Bertiooga, escolhido por apresentar boa densidade e diversidade de cobertura vegetal, além de um conjunto expressivo de interferências antrópicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo situa-se no município de Bertiooga, entre as coordenadas geográficas: 23°46' S a 23°52' S, e 46°11' WGr. a 46°05' WGr., abrangendo, aproximadamente, uma superfície de 100 km² (FIGURA 1). Desse total, a área efetivamente mapeada foi de 74 km², pois os outros 26 km² referem-se às áreas correspondentes às classes corpos d'água e orla marinha, desconsideradas neste trabalho, para efeito de análise.

A região de Bertiooga faz parte da unidade litoestratigráfica (pré-cambriana) representada pelo Complexo Costeiro. A geologia é caracterizada por rochas granitizadas, granitos, xistos, gnaisses e rochas cristalofilianas. Predominam as rochas migmatíticas, podendo ser encontradas pequenas ocorrências de granulitos intensamente migmatizados e feldspatizados, constituindo núcleos paleossomáticos (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, 1981a). Afloramentos rochosos são relativamente freqüentes, associados aos setores de encostas com declividade superior a 45°. Quanto aos movimentos de massa, apresenta desde baixa até muita alta susceptibilidade a escorregamentos e inundações (IPT, 1994).

A área de estudo está inserida na Província Costeira (IPT, 1981b), entre o Planalto Atlântico e as Planícies Litorâneas do Estado de São Paulo, englobando as unidades geomorfológicas: *Planalto* (entre 800 m e 900 m); *Escarpas e Cristas* (até 1.000 m); *Morros Baixos* (entre 180 m a 220 m); e *Planícies Marinha e Fluvial/Intertidal* (até 20 m) (Ross & Moroz, 1997).

Segundo Oliveira *et al.* (1999), a área estudada é constituída por duas classes de solos: Espodossolos Ferrocárbicos Hidromórficos (Podzóis) e Cambissolos Háplicos. Os Espodossolos restringem-se à Planície Litorânea (Ross & Moroz, 1997) e, são essencialmente arenosos, de textura grosseira, muito porosos e com elevada permeabilidade. Apresentam baixa capacidade sortiva, são desprovidos de minerais primários intemperizáveis e, conseqüentemente, de reservas minerais em nutrientes. Os Cambissolos Háplicos ocorrem em terrenos situados em relevo variando de montanhoso a escarpado. Devido à sua elevada capacidade de degradação, elevada erodibilidade e forte limitação à trafegabilidade, apresentam severas restrições ao uso agrícola e, até mesmo, limitações ao uso pastoril e florestal. Além disso, é freqüente a presença de afloramentos rochosos e de solos rasos representados pelos Neossolos Litólicos (Oliveira, 1999).

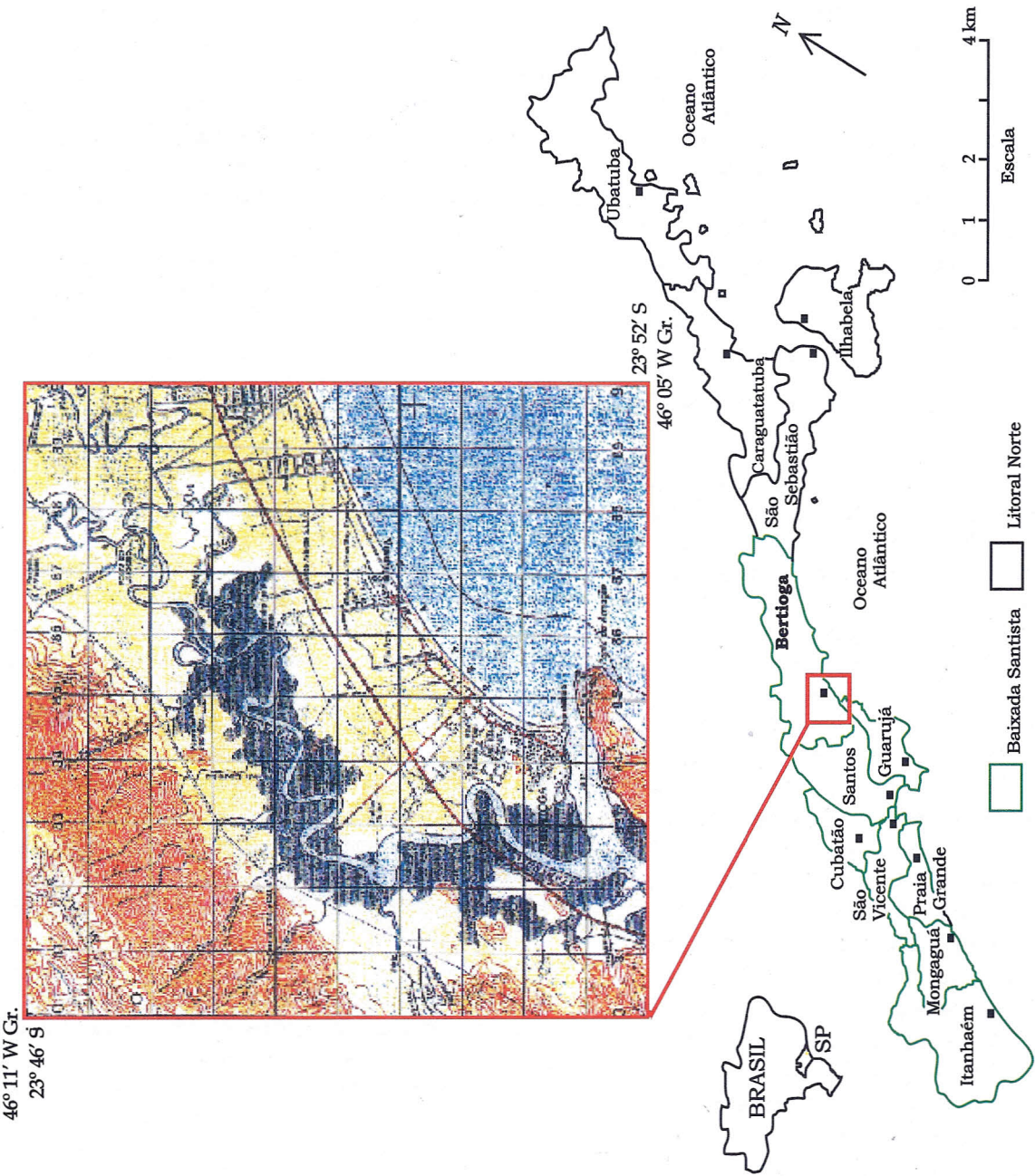


FIGURA 1 – Localização da área de estudo.

O clima é classificado, segundo Köppen, como Af (*tropical super úmido sem estação seca*), na zona das Baixadas Litorâneas, e Cfa (*mesotérmico úmido sem estação seca, com verão quente*) em direção à serra costeira. A temperatura não apresenta grandes variações ao longo do ano, com média anual superior a 20°C (Setzer, 1966), chuva anual de 2.500 mm a 4.500 mm (Companhia de Saneamento da Baixada Santista - SBS, 1974) e umidade relativa do ar variável entre 70% e 90%.

A cobertura vegetal é caracterizada pela presença da Mata Atlântica, tendo como formação predominante a floresta ombrófila densa ou floresta pluvial tropical (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1991), além dos ecossistemas associados, como os manguezais e as restingas, sendo que boa parte dessa cobertura vegetal pertence ao Parque Estadual da Serra do Mar.

2.2 Seleção dos Sensores, Escalas e Estratégias de Mapeamento

Realizou-se um trabalho de campo para reconhecimento da área de estudo e, a seguir, realizado o mapeamento da cobertura vegetal natural e atividades antrópicas, de acordo com uma abordagem geográfica (Metzger, 2001), através da interpretação visual das imagens orbitais (sensor TM do satélite *Landsat-5*, passagem de 15 de agosto de 1995, órbita 219, ponto 76, quadrante D, composição colorida RGB 543, pixel 30 m e escalas 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000) e de fotografias aéreas pancromáticas verticais pela análise estereoscópica (vôo BASE Aerofotogrametria e Projetos S. A., de agosto de 1994, escala 1:25.000), considerando-se como elementos de reconhecimento: tonalidade, textura, padrão e formas (Hernandez Filho *et al.*, 1988 e Santos *et al.*, 1981).

Tanto a imagem orbital como as fotografias aéreas utilizadas neste trabalho foram tomadas no período mais seco, condição esta recomendável, por permitir melhor identificação dos tipos de cobertura vegetal (Santos & Novo, 1977). Procurou-se, ainda, escolher entre os produtos de sensoriamento remoto disponíveis para aquisição, aqueles com datas tão próximas quanto possível, visando reduzir os erros que podem ocorrer na obtenção dos dados de referência (Congalton & Green, 1993).

Foram aplicadas duas estratégias de análise, comumente usadas em planejamentos ambientais: (a) mapeamento tradicional, ou seja, por delineamento individual dos polígonos que representam as áreas de vegetação, tal como elas se apresentam

(Küchler & Zonneveld, 1988), e (b) mapeamento por unidades de paisagem, ou seja, por agrupamento das áreas que se encontram sob um mesmo relevo, tipo(s) principal(is) e estado de conservação da cobertura vegetal e atividades humanas, representando, cartograficamente, os conjuntos semelhantes de interações entre indicadores.

Depois de concluídos os trabalhos de mapeamento da cobertura vegetal, foi definida a amostragem por transecto de campo (IBGE, 1991) para cada sensor e escala, e para cada estratégia de mapeamento. Os pontos ou transectos amostrais visitados em campo foram escolhidos em função de sua representatividade quanto aos alvos ou categorias de legenda.

Como dados de apoio foram utilizados materiais cartográficos (Carta Topográfica, IGGSP, Folha SF-23-Y-D-IV-4, Bertioga, na escala 1:50.000, 1971; Carta de Utilização da Terra do Estado de São Paulo, IGC, Folha SF-23-Y-D, Santos, na escala 1:250.000, 1982; Cobertura Vegetal e Uso da Terra, CODIVAP/INPE, na escala 1:250.000, 1991; Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, IPT, na escala 1:1.000.000, 1981), receptor GPS Explorer II e observações de campo.

Na definição das legendas dos mapeamentos procurou-se obter o maior detalhamento possível, considerando aspectos importantes para os planejamentos ambientais, como por exemplo: a identificação das formações florestais existentes, os estádios sucessionais, o estado de conservação, as variações estruturais da cobertura vegetal e formas de ação antrópica sobre os remanescentes, entre outros. Estes aspectos eram associados, basicamente, a critérios de avaliação fisionômica.

Os dados analógicos obtidos através da análise visual das imagens orbitais e fotografias aéreas foram digitalizados em AUTOCAD R13 e, a seguir, quantificados e comparados por meio da integração de dados em um sistema de informações geográficas – IDRISI *for Windows*, o qual possibilitou a geração de matrizes de erro ou confusão e coeficiente de concordância (Coeficiente Kappa, cf. Congalton *et al.*, 1983).

A precisão do processo de digitalização foi aferida através da verificação dos RMS (Erro Médio Quadrático) referente às coordenadas planimétricas de pontos de controle selecionados nos mapeamentos, conferindo, assim, confiabilidade aos cruzamentos dos diferentes planos de informação no SIG.

A análise da exatidão dos mapeamentos requer a adoção de uma referência para a comparação dos mapas. Neste trabalho foi considerada como referência, a fotointerpretação realizada na escala de 1:25.000, de maior detalhamento.

A matriz de erros ou matriz de confusão é uma matriz quadrada de números que expressa a quantidade de unidades amostrais, associadas a uma dada categoria durante o processo de classificação efetuado, e a categoria real a que pertencem essas unidades (Congalton, 1991). Essa matriz favorece a visualização dos resultados da classificação temática e expressa a relação entre os dois tipos de erros associados ao sistema de classificação: os de inclusão e os de omissão (Card, 1982).

O Kappa é um coeficiente de concordância expresso por:

$$K = \frac{Pa - Pc}{1 - Pc} \quad \text{Equação 1}$$

sendo,

Pa = proporção de concordância entre os dados classificados e os dados de referência, e

Pc = proporção esperada de concordância entre as unidades.

O coeficiente Kappa indica a qualidade da classificação, variando de 0 a 1, sendo que quanto mais se aproxima do valor 1, maior a concordância entre os mapas comparados. Também por meio da estimativa Kappa, a estatística \hat{K} , pode-se obter a medida de exatidão (Congalton, 1991). No caso da análise de exatidão de classificação, tem-se que \hat{K} é uma medida da concordância geral calculada para cada matriz de erro baseada na diferença entre a concordância real da classificação e a concordância por puro acaso, expressa por:

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^l x_{ii} - \sum_{i=1}^l (x_{i+} x_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^l (x_{i+} x_{+i})} \quad \text{Equação 2}$$

sendo,

l = dimensão da matriz de erro quadrada;

x_{ii} = número de observações da linha i, coluna i;

x_{i+} e x_{+i} = totais marginais da linha i e da coluna i, respectivamente, e

n = número total de observações.

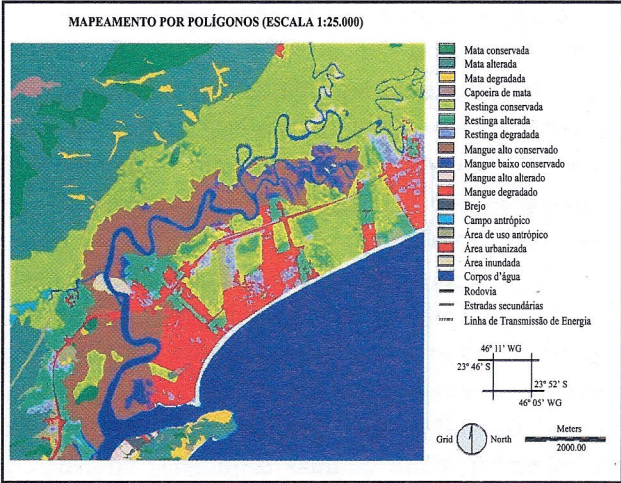
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os dois sensores, as quatro escalas, e as duas estratégias de mapeamento resultou em oito mapas georreferenciados, conforme FIGURAS 2a a 2d e 3a a 3d. Os QUADROS 1a e 1b mostram a legenda de maior detalhamento obtida para as duas estratégias, respectivamente, 19 e 17 classes de mapeamento tradicional e por unidade de paisagem, evidenciado as diferentes respostas.

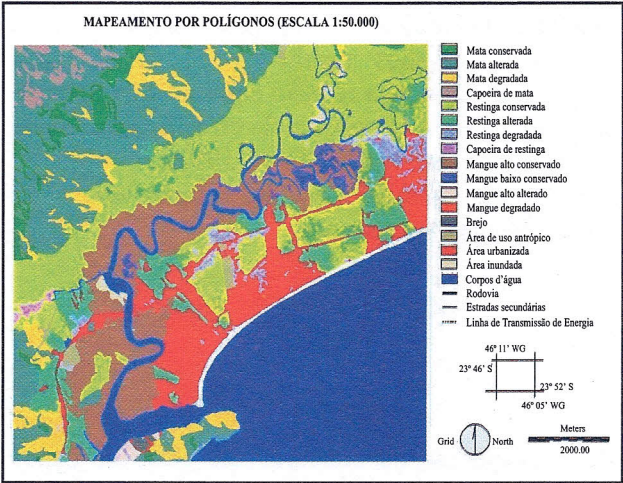
De acordo com os autores citados neste estudo, em planejamentos ambientais, a primeira questão que se deve observar sobre a eficiência das características e procedimentos para o mapeamento é a **exatidão da interpretação**. Sob essa perspectiva, entre as duas estratégias adotadas, o mapeamento por unidades de paisagem foi aquele considerado mais satisfatório, pois obteve 100% de acerto relativo aos 78 pontos amostrais verificados em campo, em todas as escalas propostas. Além disso, em termos de planejamento, essa estratégia auxilia e acelera as tomadas de decisão em planejamentos ambientais pois se pôde apresentar, claramente, as relações da vegetação com outros elementos, como o relevo e as atividades antrópicas que interferem direta ou indiretamente sobre a ocorrência e qualidade da cobertura florestal.

Independentemente do sensor, da resolução ou da escala adotada, houve uma perda de informação quando se tratava das áreas de transição entre restinga e mata de encosta. Em outras palavras, elas não foram evidenciadas pelos instrumentos e estratégias adotados neste trabalho e, portanto, os limites em áreas de transição apresentados nas FIGURAS 2 e 3 são artificiais, inferidos por um fator topográfico. O mangue, por apresentar características espectrais de água e vegetação, também induziu erros de delimitação ou classificação de tipo, só percebidas em campo. Para o planejador, essas fontes de erro devem receber especial atenção, uma vez que dificultam a delimitação precisa dessas unidades que deveriam apresentar um sistema particular de gestão, pelo seu valor ambiental.

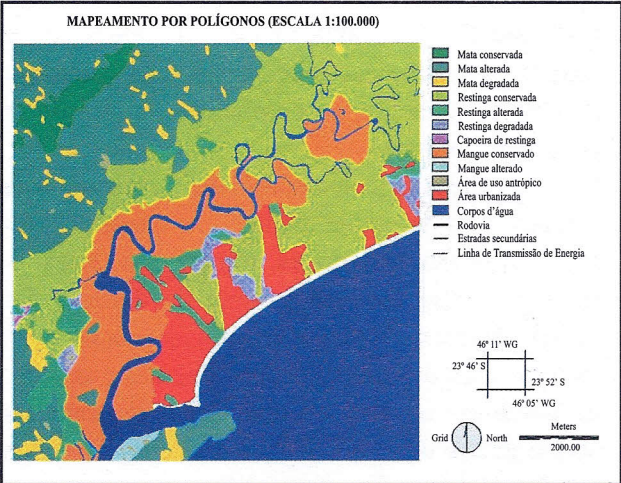
PEDREIRA, B. da C. C. G.; SANTOS, R. F. dos. Sensores remotos, escalas geográficas e análises espaciais orientados a planejamentos ambientais em áreas florestais.



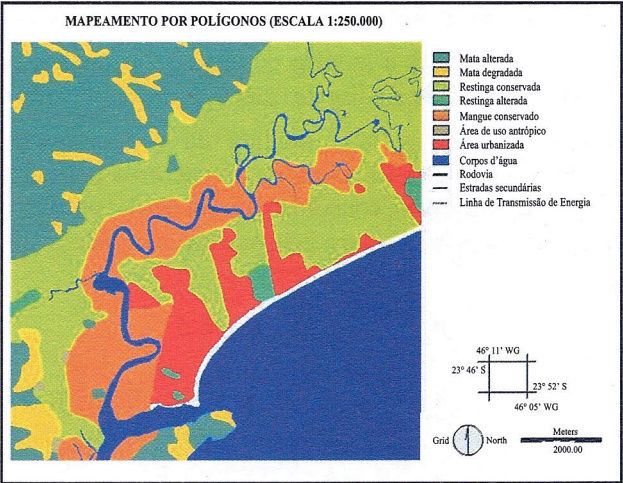
a) fotografia aérea, escala 1:25.000, pixel 30 m.



b) imagem orbital, escala 1:50.000, pixel 30 m.



c) imagem orbital, escala 1:100.000, pixel 30 m.



d) imagem orbital, escala 1:250.000, pixel 30 m.

FIGURA 2 – Mapeamento da cobertura vegetal e usos da terra da região de Bertiooga (SP), por polígonos individualizados, para os diversos produtos de sensores remotos.

PEDREIRA, B. da C. C. G.; SANTOS, R. F. dos. Sensores remotos, escalas geográficas e análises espaciais orientados a planejamentos ambientais em áreas florestais.

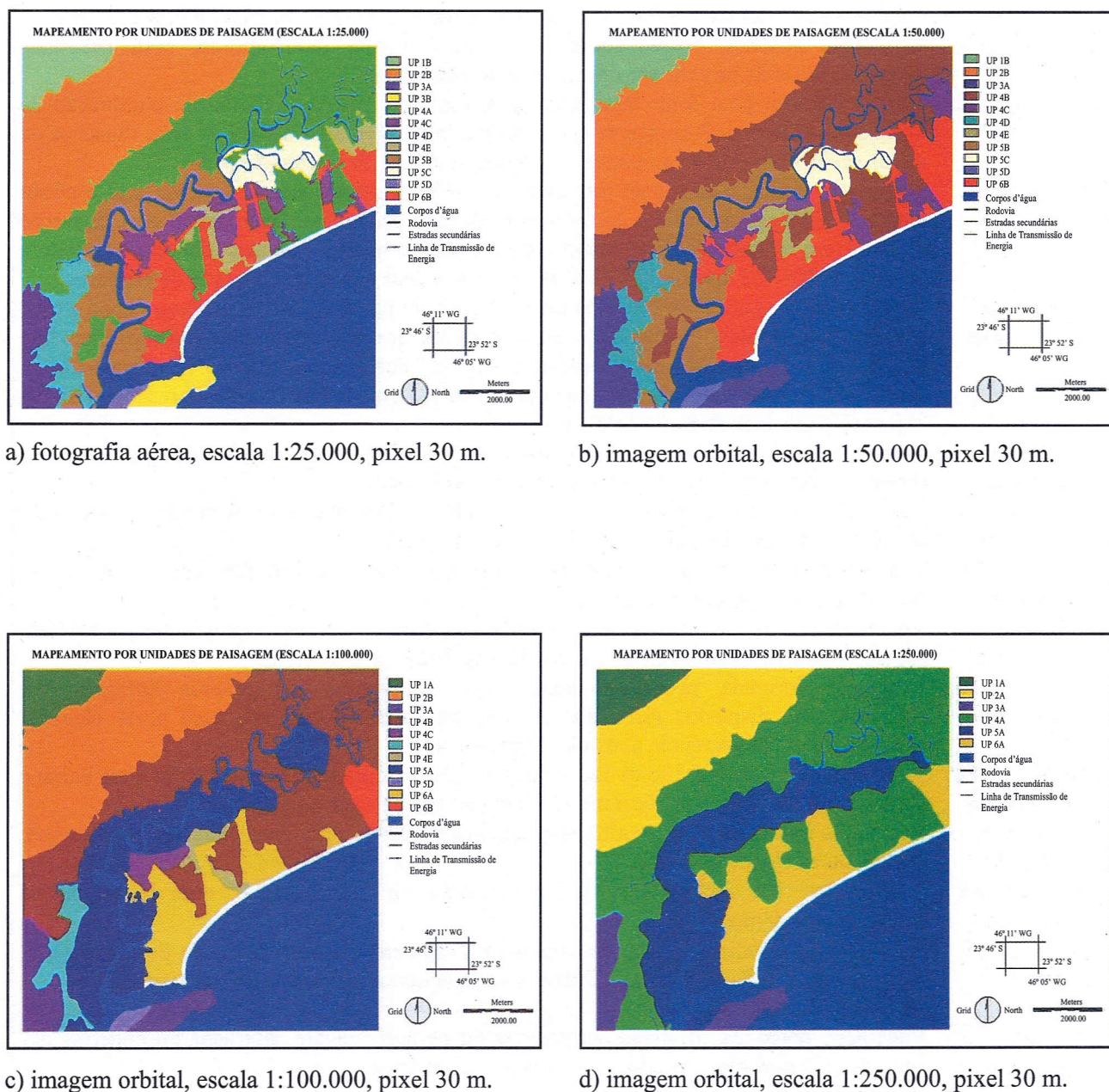


FIGURA 3 – Mapeamento da cobertura vegetal e usos da terra da região de Bertioga (SP), por unidades de paisagem, para os diversos produtos de sensores remotos.

QUADRO 1a – Descrição das classes obtidas através dos mapeamentos por polígonos.

CLASSES DE MAPEAMENTO POR POLÍGONOS	
LEGENDA	DESCRIÇÃO DA CLASSE TEMÁTICA
Mata conservada	Cobertura florestal densa, dossel contínuo, muito pouco interrompido, com eventuais irregularidades, alta densidade de espécies, não apresentando sinais de interferência antrópica.
Mata alterada	Vegetação arbórea, dossel contínuo ou parcialmente interrompido, com eventuais irregularidades de origem antrópica, presença de cipós.
Mata degradada	Dossel florestal com forte interferência antrópica, e nítidos indícios da eliminação de indivíduos arbóreos. Presença de arvoretas e arbustos em 50% a 70% da área. Presença de danos severos no estrato arbustivo e ocorrência casual de vegetação herbácea.
Capoeira de mata	Cobertura vegetal com estrato arbustivo, de média a alta densidade, com ou sem espécies arbóreas ou vegetação arbórea com dossel totalmente descontínuo, entremeada com vegetação de cobertura bastante variável, redução do primeiro e segundo estratos arbóreos e cobertura inferior a 50%. As árvores são de troncos finos e com menor diversidade de espécies.
Restinga conservada	Vegetação sobre cordões arenosos mais estáveis de porte arbustivo-arbóreo denso e com bromélias terrícolas, e vegetação entre cordões arenosos em áreas permanentemente úmidas com populações mais densas, arbóreas, incluindo palmitheiro (<i>Euterpe edulis</i>), xaxim (<i>Dicksonia selowiana</i>) e caxeta (<i>Tabebuia cassinoides</i>). Não apresentam sinais expressivos de interferência antrópica.
Restinga alterada	Vegetação em áreas de planície, cordões e entre-cordões marinhos, formada por árvores e arbustos, com pequenos sinais de interferência antrópica.
Restinga degradada	Vegetação em áreas de planície, cordões e entre-cordões marinhos, formada por árvores e arbustos, com fortes sinais de interferência antrópica.
Capoeira de restinga	Vegetação de restinga em processo de regeneração, ausência de dossel, com ou sem sinais de interferências antrópicas recentes.
Mangue conservado	Vegetação linear aos canais, de porte arbóreo, dossel contínuo e pouca diversidade em espécies. Não apresenta sinais visíveis de interferência antrópica.
Mangue alto conservado	Vegetação formada, predominantemente por indivíduos dos gêneros <i>Rhizophora</i> e <i>Laguncularia</i> , dispostos junto aos esteiros ou canais estuarinos, com porte elevado. Não apresenta interferência antrópica expressiva.
Mangue baixo conservado	Vegetação com predomínio de indivíduos do gênero <i>Laguncularia</i> , de porte mais baixo e copas de menor diâmetro. Sem interferência antrópica expressiva.
Mangue alterado	Vegetação fisionomicamente alterada, pela instalação de caminhos, estradas, construções, aterros ou atividade agrícola.
Mangue alto alterado	Associação de indivíduos de <i>Rhizophora</i> e <i>Laguncularia</i> , com interferências antrópicas evidentes.
Mangue degradado	Associação de indivíduos de <i>Rhizophora</i> e <i>Laguncularia</i> com áreas de desmatamento, extração de madeira, troncos cortados ou pequenos arbustos de regeneração e com exposição do substrato escuro.
Brejo	Vegetação herbácea em áreas permanente ou periodicamente saturadas ou cobertas por água, localizadas nas depressões das planícies arenosas.
Campo antrópico	Vegetação herbácea subsequente à intensa ação antrópica, geralmente associada a antigos terrenos agricultáveis, em repouso ou pré-preparados para construções civis.
Área de uso antrópico	Áreas desmatadas e áreas modificadas pela intervenção humana, para mineração, agricultura ou loteamentos.
Área urbanizada	Área ocupada por aglomeração urbana e periurbana, loteamentos e outras infra-estruturas próprias de centros urbanos.
Área inundada	Área coberta por água, extrapolando os limites dos corpos d'água.

Fonte: Pedreira (1998), modificado.

QUADRO 1b – Descrição das classes obtidas através dos mapeamentos por unidades de paisagem.

CLASSES DE MAPEAMENTO POR UNIDADE DE PAISAGEM	
LEGENDA	DESCRIÇÃO DA CLASSE TEMÁTICA
UP 1A	Planalto, com cobertura florestal alterada (matriz) e inclusão de manchas de mata degradada.
UP 1B	Planalto, com cobertura florestal alterada (matriz) e inclusão de manchas de capoeira.
UP 2A	Encostas apresentando cobertura florestal alterada e inclusão de manchas de mata degradada.
UP 2B	Encostas, com cobertura florestal alterada (matriz), topos com mata em bom estado de conservação e pequenas inclusões (fragmentos) de mata degradada.
UP 3A	Morros isolados, com cobertura florestal alterada (matriz), topos com mata em bom estado de conservação e inclusões de mata degradada.
UP 3B	Morros isolados, com cobertura florestal alterada (matriz), topos com mata em bom estado de conservação, inclusões ou fragmentos de mata degradada e de capoeira.
UP 4A	Planície litorânea, com vegetação de restinga em bom estado de conservação (matriz), presença de morrotes cobertos por mata alterada, pequenas inclusões de restinga alterada e degradada, e inclusões de pequenas áreas com interferência antrópica.
UP 4B	Planície litorânea, com vegetação de restinga em bom estado de conservação, presença de morrotes cobertos por mata alterada, pequenas inclusões de restinga alterada, degradada e capoeira de restinga, e áreas com interferência antrópica.
UP 4C	Planície litorânea, com vegetação de restinga alterada (matriz), com interferências pontuais e lineares, sob forte pressão de urbanização.
UP 4D	Planície litorânea, com vegetação de restinga alterada (matriz), inclusão de manchas de restinga degradada e áreas de uso antrópico.
UP 4E	Planície litorânea, com vegetação de restinga degradada (matriz) sob forte pressão de urbanização.
UP 5A	Planície litorânea, com vegetação de mangue em bom estado de conservação (matriz) e inclusão de morrotes cobertos por mata alterada.
UP 5B	Planície litorânea, com vegetação de mangue alto em bom estado de conservação (matriz) e pequenas inclusões de mangue degradado.
UP 5C	Planície litorânea, com vegetação de mangue baixo em bom estado de conservação (matriz).
UP 5D	Planície litorânea, com vegetação de mangue alterado (matriz), com sinais de interferência antrópica.
UP 6A	Planície litorânea, com alta densidade populacional (matriz), infra-estrutura urbana, e inclusão de manchas de restinga alterada, sob forte pressão de urbanização.
UP 6B	Planície litorânea, com alta densidade populacional (matriz), infra-estrutura urbana, pequenas inclusões de restinga alterada e degradada e áreas de uso antrópico sob forte pressão de urbanização.

Fonte: Pedreira (1998), modificado.

Quanto à **inclusão de novas classes** nas legendas obtidas para diferentes escalas pode-se afirmar que, independentemente da estratégia adotada, existe um incremento significativo e não linear, sempre que a diferença entre escalas é maior. A TABELA 1 exemplifica esta constatação e evidencia que entre escalas de 1:50.000 e 1:25.000 não houve mudança substancial. Ressalva-se esta última informação porque, para um planejamento que visasse à conservação das florestas nessa área, não seria indicado o uso de fotografias aéreas,

de maior custo e maior tempo de interpretação, uma vez que os resultados mostraram que houve uma única inclusão de uma categoria que, por sua vez, não responde sobre a cobertura vegetal natural. É óbvio que este exemplo é específico para esta região e, em outra área, o resultado poderia ser diferente, porém o que se chama a atenção é que o planejador não deve, impulsivamente, optar pelo sensor e pela escala de maior detalhamento acreditando que terá melhores resultados. São imprescindíveis testes preliminares, que envolvem tipo de sensor, escala e amostragem de campo.

TABELA 1 – Inclusão de classes ou categorias de legenda (incremento) em relação às escalas para os mapeamentos por polígonos.

ESCALA REFERÊNCIA	ESCALA DE MAPEAMENTO	INCREMENTO EM NÚMERO DE CATEGORIAS	CATEGORIAS DE LEGENDA
1:250.000	1:25.000	10	mata conservada, capoeira de mata, restinga degradada, mangue alto conservado, mangue baixo conservado, mangue alto alterado, mangue degradado, brejo, campo antrópico, área inundada
1:100.000	1:25.000	8	capoeira de mata, mangue alto conservado, mangue baixo conservado, mangue alto alterado, mangue degradado, brejo, campo antrópico, área inundada
1:50.000	1:25.000	1	campo antrópico

Fonte: Pedreira (1998), modificado.

A terceira questão a ser observada pelo planejador é se, trabalhando com diferentes escalas da mesma temática, altera-se significativamente o percentual de **concordância em área de mesma classe**. Sob esse aspecto, as TABELAS 2a e 2b demonstram que, para a estratégia de polígonos, as maiores variações percentuais ocorrem nas áreas de uso antrópico e, em segundo plano, para as áreas naturais alteradas, mais incluídas em mapeamentos de maior detalhe. Sob a perspectiva do mapeamento da paisagem, a diferença observada entre as escalas adotadas concentrou-se muito mais na inclusão de novas classes do que no percentual de concordância de área por elas coberta.

A cada mudança de escala observou-se uma mudança de categorias dentro de uma única parcela do território. Foram constatadas 822 alterações entre as diversas escalas e procedimentos.

Para este trabalho, a maior incidência de mudança esteve contida nas categorias mangue conservado, restinga conservada e mata alterada. Para os mapeamentos tradicionais, a mudança de escala e sensor atingiu, primordialmente, a qualidade da cobertura natural, isto é, alteravam-se as categorias porque mudava a classificação do estado de conservação (como mata e restinga conservada para mata e restinga alterada) ou da característica peculiar do tipo fitofisionômico (mangue para mangue alto). Deve-se atentar que, para os planejamentos, o estado e a variabilidade de tipos fisionômicos da vegetação natural representam elementos norteadores para tomada de decisão sobre a preservação e definição de unidades de conservação no local de estudo, conforme já citado pela literatura. Assim, as alternativas finais apresentadas pelo grupo planejador poderão ser díspares, se a resolução não for convenientemente testada.

TABELA 2a – Porcentagem de concordância em área dos mapeamentos realizados por polígonos individualizados, referentes às quatro escalas de trabalho, com relação à área das categorias de legenda da escala 1:25.000 (referência).

MAPEAMENTO POR POLÍGONOS INDIVIDUALIZADOS			
Categorias de legenda	Escala 1:50.000 concordância em área (%)	Escala 1:100.000 concordância em área (%)	Escala 1:250.000 concordância em área (%)
mata conservada	65,4	54,9	0
mata alterada	92,8	90,2	99,5
mata degradada	0	0	0
capoeira de mata	42,17	0	0
restinga conservada	92,3	93,6	72,0
restinga alterada	91,2	86,1	20,2
restinga degradada	78,3	65,7	0
capoeira de restinga	0	0	–
mangue conservado	–	0	0
mangue alto conservado	94,8	0	0
mangue baixo conservado	74,5	0	0
mangue alterado	0	0	–
mangue alto alterado	0	0	0
mangue degradado	0	0	0
brejo	0	0	0
campo antrópico	0	0	0
área de uso antrópico	49,0	23,0	12,1
área urbanizada	80,0	83,9	90,9
área inundada	75,0	0	0

Fonte: Pedreira (1998), modificado.

TABELA 2b – Porcentagem de concordância em área dos mapeamentos realizados por unidades de paisagem, referentes às quatro escalas de trabalho, com relação à área das categorias de legenda da escala 1:25.000 (referência).

MAPEAMENTO POR UNIDADES DE PAISAGEM			
Categorias de legenda	Escala 1:50.000 concordância em área (%)	Escala 1:100.000 concordância em área (%)	Escala 1:250.000 concordância em área (%)
UP 1A	0	0	0
UP 1B	99,5	0	0
UP 2A	–	–	0
UP 2B	98,7	96,6	0
UP 3A	60,9	64,7	73,8
UP 3B	0	0	0
UP 4A	0	0	73,7
UP 4B	0	0	–
UP 4C	86,8	26,6	0
UP 4D	87,2	66,1	0
UP 4E	54,5	47,1	0
UP 5A	–	0	0
UP 5B	96,4	0	0
UP 5C	99,2	0	0
UP 5D	98,7	91,9	0
UP 6A	–	–	0
UP 6B	73,9	17,1	0

Fonte: Pedreira (1998), modificado.

A análise da relação entre os erros de omissão e inclusão, quanto às categorias de legenda ou classes mapeadas, foi obtida pela aplicação conjunta do coeficiente Kappa de concordância,

índice de exatidão global e respectivas matrizes de erro. As TABELAS 3a a 3c exemplificam o produto dos 12 cruzamentos entre os 8 mapeamentos realizados.

TABELA 3a – Indicação dos cruzamentos realizados entre os mapeamentos e a equivalência relativa entre o índice de exatidão global e os valores relativos do coeficiente Kappa.

Cruzamento entre os mapeamentos (escala de referência x escala de mapeamento)	Exatidão Global (%)	Coeficiente Kappa (valor relativo)
pol 25.000 x pol 50.000	79	0,7552
UP 25.000 x UP 50.000	70	0,6577

Nota: pol. = mapeamento por polígonos, UP = mapeamento por unidade de paisagem.
Fonte: Pedreira (1998), modificado.

TABELA 3b – Matriz de erro para o cruzamento entre os mapeamentos por polígonos (escala 1:25.000 versus escala 1:50.000).

1:25.000 1:50.000	Mata Cons.	Mata Alter.	Mata Degr.	Capoeir. de Mata	Restinga Cons.	Restinga Alter.	Restinga Degr.	Mangue Alto Cons.	Mangue Baix.Cons.
	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)
Mata Conserv.	28,46	6,64	3,63	1,44	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00
Mata Alterada	58,49	70,94	40,18	67,58	3,04	1,88	0,16	0,47	0,00
Erro de Omissão	0,7155	0,2909	0,4866	0,7633	0,1814	0,4446	0,6207	0,0972	0,4720

Mangue Alto Alter.	Mangue Degr.	Brejo	Campo Antróp.	Área Uso Antróp.	Área Urban.	Área Inund.	Corpos d'Água	Orla Mar.	Área Tot.Rel.	Erro de Inclusão
AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	(%)	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,01	0,00	0,00	0,00	2,39	0,5657
0,00	0,00	0,00	0,00	9,49	0,04	0,00	0,00	1,10	16,48	0,2322
0,158	1	0,2426	1	0,7388	0,1157	0,5117	0,0016	0,1701	–	–

Nota: AR (%) = área relativa em porcentagem.
Fonte: Pedreira (1998), modificado.

TABELA 3c – Matriz de erro para o cruzamento entre os mapeamentos por unidades de paisagem (escala 1:25.000 versus escala 1:50.000).

1:25.000 1:50.000	UP 1B	UP 2B	UP 3A	UP 3B	UP 4A	UP 4C	UP 4D	UP 4E	UP 5B	UP 5C
	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)
UP 1B	94,86	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UP 2B	5,16	94,85	0,00	0,00	2,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Erro de Omissão	0,0516	0,0518	0,0929	1	1	0,5267	0,2485	0,7078	0,0530	0,076

UP 5D	UP 6B	Corpos d'Água	Orla Marinha	Área Tot. Relat.	Erro de Inclusão
AR (%)	AR (%)	AR (%)	AR (%)	(%)	
0,00	0,00	0,00	0,00	2,76	0,0558
0,00	0,00	0,00	0,00	16,13	0,0396
0,0135	0,0506	0,0010	0,0577	–	–

Nota: AR (%) = área relativa em porcentagem.
Fonte: Pedreira (1998), modificado.

A concordância geral entre os cruzamentos, obtida através do cálculo da exatidão global, é um pouco maior daquela obtida pelo índice Kappa, porém, a variação entre ambas é pequena. Os resultados mostraram que os maiores valores de coeficiente Kappa foram obtidos entre as escalas 1:25.000 e 1:50.000, tanto para os mapeamentos por polígonos ($K = 0,7552$), como para os mapeamentos por unidades de paisagem ($K = 0,6577$). Isso evidencia a semelhança em grau de detalhamento e acuidade de informações possível de ser extraído, a partir dessas duas escalas. Ambas apresentam a mesma qualidade de informação, apenas divergindo nos limites poligonais em função da melhor discriminação entre os alvos oferecida pelas fotografias aéreas. O mesmo não se pode dizer, por exemplo, da comparação entre as escalas 1:50.000 e 1:100.000 do mapeamento tradicional. Os índices de exatidão global e os valores do coeficiente Kappa devem ser interpretados pelo planejador através da consideração de que, quanto maior o coeficiente, maior a concordância entre diferentes escalas e adequação dos produtos de sensoriamento, tendo, a partir dessa informação, a liberdade de decidir entre duas escalas em função do tempo e custo de execução do mapeamento. Em outras palavras, recomenda-se que o planejador, frente aos seus objetivos, identifique primeiro as fontes de erros e julgue a influência delas no desenvolvimento do planejamento.

A comparação dos resultados obtidos quanto à concordância geral entre os mapeamentos, permite dizer que aqueles realizados por polígonos, nas diferentes escalas, apresentaram maior concordância entre si do que os mapeamentos realizados por unidades de paisagem. Esta constatação parece estar mais ligada à divergência da legenda entre escalas de mapeamento do que, propriamente, a erros de classificação ou de contorno de polígonos das áreas mapeadas. Para planejamentos essa observação é fundamental, à medida que a diversidade ou complexidade da legenda pode levar à somatória de alternativas de ação diferenciadas.

Todas as escalas e estratégias adotadas neste estudo alcançaram o objetivo de mostrar a estrutura e distribuição espacial dos diferentes tipos de vegetação da área de estudo. Entretanto, nenhuma das escalas ou estratégias utilizadas apresentaram-se perfeitas, não sendo possível expressar ou diferenciar corretamente as particularidades da cobertura vegetal observadas em campo, nem descrever a composição florística da vegetação,

formas de vida, distribuição das espécies, integridade florística, presença de invasoras, espécies valiosas, ou identificar espécies dominantes (com exceção do mangue). Em alguns casos, o domínio de espécies também é verificado em formações em estádios secundários iniciais e intermediários de florestas e restingas. No entanto, a complexidade, dimensão e mosaico formado pelas categorias que compunham o território em estudo, resultando em grande heterogeneidade espacial e estrutural, não permitiram tal diagnóstico. Assim, não se pôde revelar, com detalhamento, as qualidades reais do sítio. Sem dúvida, esta é a maior deficiência observada no uso de indicadores espaciais quando do estabelecimento de diretrizes de planejamento ambiental.

Sob a estratégia de mapeamento de polígonos, todas as escalas permitem mapear a informação ambiental, mas não expressam, realmente, as informações ecológicas e a dinâmica do meio. Nesta direção, os mapas de paisagens, que apontam as relações da vegetação com outros elementos do meio, mostraram-se mais adequados. Eles induzem a interpretação da organização da paisagem, permitindo uma leitura mais adequada. Escalas de detalhe permitiram, por exemplo, observar a ocorrência de pequenas inclusões de categorias de legenda em macrounidades de paisagens que, num planejamento, deveriam ter diretrizes específicas. Isto quer dizer que se fosse considerada somente uma escala menor então haveria o erro da inclusão não considerada. O planejamento seria mais genérico e, desta forma, mais necessário seria definir o grau de confiabilidade e probabilidade de acerto das propostas de planejamento e gestão. Por outro lado, como já citado, os muitos erros de omissão máxima ocorridos entre categorias de legenda, quando do cruzamento entre paisagens desenhadas em diferentes escalas, são originados mais pela falta de correspondências entre as categorias de legenda e não quanto à diferença do delineamento de cada categoria. As categorias de legenda são divergentes em função de "inclusões" presentes nas paisagens, que geram subdivisões, dentro das macropaisagens, as quais praticamente permanecem inalteradas, independentemente da escala utilizada. Para planejamentos, os erros oriundos apenas por essas inclusões não são muito significativos, desde que as fitofisionomias fiquem bem retratadas, pois eles apenas denotam que o detalhamento permite definir outras unidades de estrutura e função, como fragmentos específicos inseridos em uma matriz.

Um outro ponto a salientar é que o mapeamento por unidades de paisagem, torna mais fácil o monitoramento da variação espaço-temporal da cobertura vegetal. O mapeamento tradicional (polígonos individualizados) tem a informação perdida, muitas vezes, em curto espaço de tempo, tornando o mapeamento impreciso. Não é possível desenhar as transformações da cobertura vegetal com a mesma frequência com que ela ocorre. É importante ressaltar que, apesar dos avanços obtidos pela avaliação das unidades de paisagem, há muito que se trabalhar, conceitual e metodologicamente, essa linha de interpretação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho ressaltam as múltiplas respostas de mapeamentos, retratando a dificuldade da tomada de decisão quanto à escala. Apontam que, o fato de se obter maior detalhamento em uma determinada escala não significa que ela seja adequada. Em suma, conduzem à conclusão de que, se o planejador pretende avaliar a apropriação dos sensores, das escalas e dos métodos de avaliação espacial, bem como retratar suas limitações, ele deve considerar, no início do processo do seu planejamento, pelo menos, 5 questões a serem medidas: a exatidão da interpretação, a inclusão de novas classes de mapeamento, a concordância em área de mesma classe, a mudança de categorias e a determinação dos erros de omissão e inclusão.

Neste trabalho, qualquer estratégia e escala levaria ao resultado de se reconhecer as áreas de importância fundamental e/ou alto valor ambiental para a região. No entanto, deve-se questionar o limite de erro aceitável quanto ao delineamento dessas áreas. Para cada escala, e em cada estratégia, esse limite seria diferenciado. Estas observações se refletem, principalmente, quando o objetivo é indicar áreas de manejo. Deste e dos trabalhos levantados, pode-se afirmar que nenhuma escala permitiu gerar um plano de manejo com propostas detalhadas, mesmo porque não se reconhece por meio dos indicadores espaciais a dinâmica dos processos internos aos sistemas ecológicos ou às paisagens. O que este estudo indica é a possibilidade de apontar áreas prováveis de manejo, com menores possibilidades de erro à indicação quando se detalha a escala e se trabalha com paisagem que caracteriza a influência do entorno, mas nunca o processo em si mesmo. Pode-se dizer que esta conclusão também é válida quando das propostas de recuperação, reabilitação ou restauração do meio.

As limitações, os erros e as incertezas de interpretação são aceitos como parte de um trabalho de planejamento e gestão. Desta forma, as alternativas propostas nos planejamentos devem indicar as probabilidades de erro advindas dos mapeamentos. Portanto, além de avaliar as inúmeras limitações das estratégias adotadas, como aponta este estudo, é importante que as decisões políticas e econômicas reconheçam as limitações da interpretação técnica. De acordo com este trabalho, mais que multiplicar ou especificar as categorias de mapeamento, é necessário interpretar as respostas que podem ser geradas de cada polígono ou paisagens desenhadas em um mapa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUMA, J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. In: STEWART, B. A. (Ed.). **Advances in soil science**. New York: Springer-Verlag, 1989. v. 9, p. 177-213.
- CARD, D. H. Using known map category marginal frequencies to improve estimates of thematic map accuracy. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 48, n. 3, p. 431-439, 1982.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DA BAIXADA SANTISTA - SBS. **Baixada Santista: plano de saneamento das zonas alodiais**. Rio de Janeiro: Engenharia Gallioli, 1974. p. 13-20.
- CONGALTON, R. G.; ODERWALD, R. G.; MEAD, R. A. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1983.
- CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. A practical look at sources of confusion in error matrix generation. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 59, n. 5, p. 641-644, 1993.

GIRARDI, A. C. S. **Subsídios metodológicos para o planejamento e gestão de restingas: estudo de caso – Bertioga-SP.** 2001. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

HERNANDEZ FILHO, P. *et al.* **Avaliação de dados TM/LANDSAT e HRV/SPOT na identificação de áreas reflorestadas na região de Mogi-Guaçu-SP.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 1988. v. 3, p. 726-731.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro, 1991. 92 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, 1).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981a. v. 1, 126 p. Escala: 1:500.000. (IPT Publicação, 1184; IPT Monografias, 6).

_____. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981b. 94 p. Escala: 1:1.000.000. (IPT Publicação, 1183; IPT Monografias, 5).

_____. **Carta geotécnica do Estado de São Paulo.** 1.ed. São Paulo, 1994. v. 2. Escala: 1:500.000.

KÜCHLER, A. W.; ZONNEVELD, I. S. (Ed.). **Vegetation mapping.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 635 p.

METZGER, J. P. W. Efeitos do padrão de desmatamento e da extensão de Reservas Legais na conservação florestal em áreas de assentamento da Amazônia Brasileira. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n. 1/2, 2001.

OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo:** descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. 108 p. (Bol. Técn., 45).

_____. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas: EMBRAPA, 1999. Escala 1:500.000.

OREA, D. G. **Ordenación del territorio:** una aproximación desde el medio físico. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España: Editorial Agrícola Española, 1994. 238 p. (Serie Ingeniería Ambiental).

PEDREIRA, B. da C. C. G. **Planejamentos ambientais e apropriação de escalas para mapeamentos de cobertura vegetal.** 1998. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RANIERI, S. B. L. **Avaliação de métodos e escalas de trabalho para determinação de risco de erosão em bacia hidrográfica utilizando sistemas de informação geográficas (SIG).** 1996. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: USP: IPT: FAPESP, 1997. v. 1 e v. 2. Escala 1:500.000. (Mapas e Relatório).

SANTOS, A. P.; NOVO, E. M. L. M. **Uso de dados do Landsat-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no Sudoeste da Amazônia Legal.** 1977. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. (INPE-1044-TPT/056).

SANTOS, J. R.; HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em vegetação.** São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais, 1981. 59 f. (INPE-2215-MD/010).

SANTOS, R. F.; PIVELLO, V. R. **Planejamento ambiental.** Campinas: UNICAMP, Departamento de Saneamento e Ambiente, Faculdade de Engenharia Civil, 1997. 78 p. (Curso apostilado).

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí: Centrais Elétricas do Estado de São Paulo, 1966. 61 p.

TURNER, M. G.; DALE, V. H.; GARDNER, R. H. Predicting across scales: theory development and testing. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 3, p. 245-252, 1989.

VARIAÇÃO GENÉTICA EM PROGÊNIES DE DUAS POPULAÇÕES DE *Myracrodruon urundeuva* Fr. ALL. EM SISTEMA AGROFLORESTAL¹

Adriana Junqueira FONSECA²

Mario Luiz Teixeira de MORAES³

Ananda Virgínia de AGUIAR⁴

Ana Cristina Maria Batista de LACERDA⁵

RESUMO

A experimentação com espécies arbóreas nativas vem, nos últimos anos, buscando alternativas de consórcio em sistemas agroflorestais. A aroeira, espécie arbórea de grande valor econômico, tem sofrido redução na sua base genética. Visando a sua conservação foi instalado, em 23/04/97, na Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS/UNESP, em Selvíria - MS, dois testes de progênies, envolvendo duas populações de aroeira (Seridó, RN e Paulo de Faria, SP), com o objetivo de avaliar o desenvolvimento inicial destas populações em consórcio com mamona (semeada em 17/10/97, na linha da aroeira), milho (semeado em 09/12/97, na entrelinha), guandu (semeado em 30/11/98, na entrelinha) e café (plantado em 05/05/99, na linha). Assim, foram avaliados os caracteres silviculturais das populações de aroeira procurando-se, desta forma, fornecer subsídios para a conservação genética desta espécie através do seu cultivo em sistema agroflorestal. Verificou-se que as populações apresentaram a maior parte da variação genética dentro de populações, para os caracteres estudados. A população de Paulo de Faria (SP) teve um melhor desenvolvimento. O consórcio com espécies agrícolas utilizado mostrou-se promissor nesta fase inicial do desenvolvimento da aroeira.

Palavras-chave: parâmetros genéticos; aroeira; espécies arbóreas nativas; conservação genética; plantio consorciado.

ABSTRACT

During the last few years, research with native tree species has been searching for associative alternatives in agroforestry systems. Therefore, on April 23, 1997 at the Farm for Teaching and Research of FEIS/UNESP organization located in Selvíria in state of Mato Grosso do Sul, two progeny trials were studied, which involved two "aroeira" populations (Seridó, RN and Paulo de Faria, SP). These trials were established with the purpose to evaluate the initial development of these populations in consortium with castor bean (sown on October 17, 1997, in the "aroeira" rows), corn (sown on September 12, 1997, between the "aroeira" rows), pigeon pea (sown on November 30, 1998, also between the "aroeira" rows), and coffee (planted on May 05, 1999, in line with the "aroeira" trees). The silviculture traits of the "aroeira" populations were evaluated attempting to provide knowledges for genetic conservation of species by agroforestry system. The "aroeira" populations presented higher genetic variation within populations. The "aroeira" population in Paulo de Faria (SP) had a better performance than the population of Seridó. The association of "aroeira" with the other agricultural species utilized was promising, at least in the initial phase of the "aroeira" development.

Key words: genetic parameter; aroeira; native trees species; genetic conservation and planting consortium.

1 INTRODUÇÃO

O intenso desmatamento e a exploração das essências florestais nativas, de forma predatória, estão provocando erosão genética e colocando muitas espécies em risco de extinção. A perda desse material genético é inestimável e muitas vezes irreversível, o que torna urgente a necessidade de estratégias de conservação genética *in situ* e *ex situ* dessas espécies.

Dentre as espécies que vêm sofrendo erosão genética destaca-se a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), cujas populações naturais vêm sendo eliminadas pela exploração humana e, por apresentar um crescimento lento, seu plantio comercial é desestimulado. Isto leva a necessidade de estudos e propostas que garantam a sobrevivência e a variabilidade genética desta espécie.

(1) Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada em 14/09/2000 à FE/UNESP, Campus de Ilha Solteira e aceita para publicação em outubro de 2003.

(2) Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil. (Bolsista da FAPESP).

(3) Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: teixeira@agr.feis.unesp (Bolsista do CNPq).

(4) Universidade Federal de Goiás, Antiga Rodovia Goiânia-Nova Veneza, Campus Samambaia, Departamento de Genética e Melhoramento de Plantas, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 74001-970, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: anandav@bol.com.br (Bolsista da CAPES).

(5) ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. (Bolsista da CAPES).

A maioria dos povoamentos de aroeira registrado na literatura encontra-se em plantios homogêneo e a pleno sol (Moraes & Freitas, 1997). Um dos problemas apresentados pela aroeira nessas condições é sua ramificação intensa, o que prejudica em muito o seu aproveitamento (Nogueira, 1977).

Em vista do problema existente em plantio homogêneo, referente à forma do fuste, encontram-se citados na literatura vários plantios experimentais heterogêneos de aroeira, com outras espécies arbóreas, como: aroeira com candiúba (*Trema micranta* (L.) Blum.), aroeira com candiúba e jerivá (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm.), aroeira com canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), aroeira com canafistula e jerivá, aroeira com eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook), aroeira com eucalipto e jerivá, aroeira com gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) e capitão-do-campo (*Terminalla argentea* Mart. et Succ.), aroeira com mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) e angico (*Anandeanthera falcata* (Benth. Speg.), aroeira com *Pinus* (*Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret & Golfari) em todos esses plantios heterogêneos têm-se observado um melhor fuste e um bom desenvolvimento dessa espécie em relação aos plantios homogêneos (Moraes *et al.*, 1992; Gurgel Garrido *et al.*, 1997, Fonseca *et al.*, 1998, Freitas, 1999 e Oliveira *et al.*, 2000).

Um outro tipo de sistema de plantio que vem sendo proposto é o Sistemas Agroflorestais (SAF's). Nesses sistemas de plantio várias espécies são cultivadas simultaneamente, tanto espécies arbóreas como as anuais. Esses sistemas apresentam inúmeras vantagens de ordem econômica, social e ecológica. Porém, quando o plantio experimental tem por objetivo estimar parâmetros genéticos, para inferir sobre a estrutura genética de populações naturais de uma certa espécie, muitas das vezes a espécie alvo é de ciclo longo. Desse modo, fica inviável fazer este tipo de estudo em sistemas agroflorestais complexos. Nesse caso, o número de espécies deve ser menor para que não ocorra interferência de uma espécie sobre a outra, o que aumenta o efeito ambiental na estimativa de parâmetros genéticos, que são essenciais para o entendimento da estrutura genética das populações naturais.

No Brasil, a atividade agroflorestal está sendo recentemente desenvolvida por um produtor suíço, Ernst Göstch, no sul da Bahia (informação verbal). Ernst divulga para os produtores e universidades uma metodologia baseada na dinâmica da sucessão natural. Assim, diversos autores têm utilizado a sucessão ecológica para estabelecer grupos ecológicos de espécies, sendo os principais: Budowski (1965), que estudou florestas em diferentes idades após o corte; Denslow (1980), Whitmore (1982, 1991), que se basearam no estudo de clareiras analisando a forma como se dá a recuperação dentro de florestas primárias e o comportamento das espécies em relação à luz e Martínez-Ramos (1985), que utilizou o critério demográfico (densidade de plantas). Uma síntese dos principais trabalhos de sucessão foi realizada por Ferretti *et al.* (1995), estabelecendo grupos ecológicos em função de características do ciclo de vida de espécies da floresta tropical úmida americana, e classificando 101 espécies utilizadas no programa de fomento da Fundação Florestal, para o Estado de São Paulo, quanto ao grupo ecológico (pioneira, secundária inicial, secundária tardia e clímax).

Segundo Kageyama & Gandara (2000) a interpretação da dinâmica da floresta tropical através da sucessão secundária, atribuindo às clareiras um papel fundamental na renovação da floresta, e mesmo na definição da composição florística local, foi um passo importante para o entendimento da estrutura e funcionamento dos ecossistemas florestais tropicais.

A aroeira pertence ao grupo sucessional das secundárias tardias e se desenvolve melhor quando é consorciada com uma espécie do tipo secundária inicial. Diferentemente da sucessão natural, que ocorre a partir das clareiras na floresta primária, a sucessão em áreas antrópicas apresenta características distintas principalmente quanto à origem das espécies no início da sucessão (Kageyama *et al.*, 1990).

Neste contexto, a aroeira é citada por Kageyama *et al.* (1994) como pertencente ao grupo das secundárias/pioneiras antrópicas: espécies secundárias e normalmente raras na floresta primária e que em áreas antrópicas fazem o papel de pioneiras. Nas formações florestais em que ocorre, a aroeira aparece associada com *Piptadenia* sp., *Choriza speciosa*, *Tabebuia impetiginosa* e *Hymenea stilbocarpa*, sendo que, nas florestas secundárias, ela pode ocorrer em "stands" quase puros, com plantas de diferentes idades (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 1986).

A família Anacardiaceae, à qual pertence a aroeira, tem sua importância econômica ressaltada sob vários aspectos: alimentação, paisagismo, extração de tanino e de verniz, farmacologia (bastante utilizada na medicina popular) e aproveitamento de madeira (Santin & Leitão Filho, 1991). No Nordeste, principalmente nas regiões da caatinga, a aroeira é largamente empregada na medicina popular. Ultimamente vêm sendo desenvolvidos muitos estudos sobre o uso farmacológico de extratos de aroeira em tratamentos de úlceras estomacais. Suas cascas, devido ao alto conteúdo de tanino, são utilizadas no curtume e suas folhas, quando maduras, na alimentação do gado nos sertões nordestinos (Santin & Leitão Filho, 1991). A madeira da aroeira é muito usada como postes, esteios, moirões, dormentes, etc. A lenha é de boa qualidade, mas a madeira tem dificuldades ao queimar, sendo que o fogo em pastagens raramente mata as árvores existentes (Nogueira, 1977).

O presente trabalho teve como objetivos: a) comparar o desenvolvimento de duas populações de aroeira: Paulo de Faria (SP) e Seridó (RN) em consórcio com espécies agrícolas, b) estimar a variabilidade genética entre e dentro dessas populações, e c) fornecer subsídios para a conservação genética *ex situ* destas populações de aroeira e proporcionar ao produtor rural alternativas de cultivo antes de sua exploração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram amostradas duas populações de *M. urundeuva*. Uma das populações está localizada na Estação Ecológica do Seridó (E.E.S.) – (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA), situada na microrregião do Seridó no município de Serra Negra do Norte (RN), entre os paralelos 6°10' e 7°00'S e entre os meridianos 36°30' e 37°30'W, com altitude de 160 m. Nesta população foram obtidas sementes de 12 árvores (famílias) de polinização livre, sendo que a descrição pormenorizada do local de coleta é fornecida por Lacerda (1997). A segunda população é proveniente da Estação Ecológica de Paulo de Faria (E.E.P.F.), pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo, localizada no município de Paulo de Faria (SP), nas coordenadas 19°58'S e 49°32'W, sendo que o solo do local é do tipo Latossolo Roxo, conforme citação de Stranghetti (1996). Nesta população foram coletadas sementes de 30 árvores (famílias) de polinização livre em setembro de 1996.

Os testes de progênies, envolvendo as populações de aroeira de Paulo de Faria – SP e do Seridó – RN, foram instalados em 23 de abril de 1997, no espaçamento de 1,6 x 3,0 m, na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS, sendo que o solo do local foi classificado por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1999) como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa.

O delineamento experimental utilizado, nos dois testes de progênies, foi o de blocos casualizados, com 10 plantas por parcela (forma linear). A população do Seridó (RN) foi representada por 12 tratamentos (famílias) e 6 repetições, enquanto a de Paulo de Faria (SP) por 30 tratamentos (famílias) e 3 repetições.

As culturas agrícolas utilizadas, nas duas populações, foram a mamona (cultivar IAC 226) semeada em 17 de outubro de 1997 (2 sementes por cova), nas linhas de aroeira, de forma alternada, permanecendo com o espaçamento entre as plantas de mamona de 1,6 x 3,0 m, representando assim o papel de planta pioneira. Nas entrelinhas da aroeira foi semeada uma linha de milho (híbrido Máster) em 9 de dezembro de 1997 (5 plantas por metro de linha). Tanto a mamona quanto o milho receberam os tratos culturais recomendados para estas duas culturas agrícolas. O guandu foi semeado no lugar do milho, em duas linhas na entrelinha, em 30 de novembro de 1998. Depois da retirada da mamona foi plantado café Icatu no seu lugar, em 05 de maio de 1999. Atualmente o arranjo de espécies é aroeira x café.

Foram avaliados os caracteres silviculturais: altura total (ALT); diâmetro médio da copa (DMC); forma do fuste (FOR); número de ramificações em relação ao fuste principal (NRA); diâmetro à altura de 30 cm (D30) e altura da primeira bifurcação (APB), posteriormente denominada altura da primeira bifurcação transformada (PBT).

A partir das análises de variâncias, para cada um dos caracteres silviculturais analisados, em nível de média, foram obtidas as estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos, baseando-se em metodologia proposta por Vencovsky & Barriga (1992).

O modelo matemático adotado nas análises individuais, dentro das populações estudadas, tomando-se o efeito de progênies como aleatório, é:

$$Y_{ijk} = m + r_j + f_i + d_{k(ij)} + e_{ij(k)}$$

onde: Y_{ijk} é a observação na árvore k , da progênie i , na repetição j ; m é a média geral; r_j é o efeito da repetição j , onde $j = 1, 2, \dots, r$; f_i é o efeito da progênie i , onde $i = 1, 2, \dots, f$; $d_{k(ij)}$ é o desvio referente à árvore k na parcela ij , com $k = 1, 2, \dots, d$; $e_{ij(k)}$ é o efeito do erro experimental.

As fontes de variação e as esperanças dos quadrados médios referentes às análises individuais, em cada uma das populações de aroeira estudadas, são apresentadas na TABELA 1.

O modelo matemático a ser adotado na análise conjunta entre as populações de aroeira, tomando-se o efeito de populações como fixo e o de progênes como aleatório, foi:

$$Y_{ijkl} = m + r_{j(k)} + p_k + f_{i(k)} + e_{ij(k)} + d_{l(ijk)}$$

onde: Y_{ijkl} é a observação na árvore l , da população k , na progênie i , da repetição j ; m é a média geral; $r_{j(k)}$ é o efeito da repetição j , dentro da população k , onde $j = 1, 2, \dots, r$; p_k é o efeito da população k , com $k = 1, 2, \dots, p$; $f_{i(k)}$ é o efeito da progênie i , dentro da população k , com $i = 1, 2, \dots, f$; $e_{ij(k)}$ é o efeito do erro referente à parcela ij , dentro da população k , e $d_{l(ijk)}$ é o desvio referente à árvore l da parcela ij , na população k .

O esquema da análise de variância conjunta, envolvendo as populações de aroeira de Paulo de Faria – SP e do Seridó – RN, para cada um dos caracteres silviculturais, é apresentado na TABELA 2.

TABELA 1 – Esquema da análise de variância individual utilizado dentro das populações de aroeira de Paulo de Faria – SP e do Seridó – RN, para cada um dos caracteres silviculturais estudados.

FV	GL	QM	E(QM)	F
Repetição	$(r - 1)$	Q_1	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + f\sigma_r^2$	Q_1/Q_3
Progênes	$(f - 1)$	Q_2	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_f^2$	Q_2/Q_3
Erro	$(r - 1)(f - 1)$	Q_3	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2$	–
Dentro	$(k - 1)fr$	Q_4^1	σ_d^2	–

(1) Igual a variância dentro (σ_d^2) obtida fora da análise de variância; \bar{n} é a média harmônica do número de plantas dentro de parcelas; variâncias do erro (σ_e^2), entre progênes (σ_f^2), entre blocos (σ_r^2).

TABELA 2 – Esquema da análise de variância conjunta, envolvendo as populações de aroeira de Paulo de Faria – SP e do Seridó – RN, utilizado para cada um dos caracteres silviculturais estudados.

FV	GL	QM	E(QM)	F
Repet./Pop.	$\sum_{p=1}^n r_p - p$	Q_1	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + f\sigma_r^2$	Q_1/Q_4
Pop.	$(p - 1)$	Q_2	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_f^2 + f\sigma_r^2 + frV_p$	$\frac{(Q_2 + Q_4)}{(Q_1 + Q_3)}$
Prog./Pop.	$\sum_{p=1}^n f_p - p$	Q_3	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_f^2$	Q_3/Q_4
Erro	$p + \sum_{p=1}^n [f_p(r_p - 1) - r_p]$	Q_4	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2$	–
Dentro	$(k - 1)\sum_{p=1}^n f_p r_p$	Q_5^1	σ_d^2	–

(1) Igual a variância dentro (σ_d^2) obtida fora da análise de variância; \bar{n} é a média harmônica do número de plantas dentro de parcelas; variâncias do erro (σ_e^2), entre progênes dentro de populações (σ_f^2), entre repetições dentro de populações (σ_r^2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As culturas agrícolas que foram utilizadas no sistema agroflorestal com aroeira apresentaram o seguinte comportamento: o milho apresentou uma produção de 468,75 kg/ha, já a mamona foi colhida em três ocasiões, rendendo 1.420 kg/ha.

Nos espaços não ocupados pelas culturas ocorreu uma alta incidência de gramíneas (colonião e braquiária) e trepadeiras, indicando que a área poderia ter comportado mais culturas de interesse. O guandu foi introduzido com a finalidade de ocupar essa área para substituir as plantas invasoras, mas não se estabeleceu devido à baixa precipitação após a semeadura.

A cultura do café apresentou baixa sobrevivência na área em consórcio com a população de Paulo de Faria (SP), provavelmente devido ao fato das plantas de aroeira já se encontrarem bastante desenvolvidas na época em que o café foi plantado. Esse fato indica que o momento em que a cultura do café foi introduzida no sistema não foi adequado. Assim, para melhor benefício das culturas consorciadas com a aroeira, sugere-se, para estudos futuros, que essas culturas sejam introduzidas concomitantemente com a aroeira e no início do período chuvoso, incluindo também uma espécie do grupo sucessional das secundárias iniciais.

O sistema agroflorestal utilizado proporcionou um bom desenvolvimento para a aroeira (TABELA 3), tanto assim, que a média geral para ALT nos primeiro e segundo anos foi de 1,58 e 2,06 m na população do RN e de 1,94 e 3,13 m na de SP. Estas estimativas, encontradas nas duas populações estudadas, foram maiores que os resultados apresentados por Moraes *et al.* (1992), que encontraram, em testes de progênies de aroeira a pleno sol, para o caráter de altura de plantas médias nos primeiro e segundo anos, de 1,15 e 1,79 m e de 1,16 e 1,81 m para as procedências de Bauru – SP e Selvíria – MS, respectivamente.

A análise dos coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) em relação aos caracteres silviculturais avaliados mostrou uma maior precisão para os caracteres D30 e ALT, no primeiro ano, e para o D30, ALT e DMC, no segundo, nas duas populações (TABELA 3). Já os caracteres: NRA, PBT e FOR apresentaram uma menor precisão nas populações estudadas, o que pode estar relacionado ao modo como estes caracteres foram avaliados. De um modo geral, a precisão aumentou na avaliação do segundo ano.

Na população do RN foi observado um maior número de caracteres com diferenças significativas entre progênies. Na população de SP as diferenças começaram a ser mais evidenciadas no segundo ano (TABELA 3). Diferenças significativas entre progênies dentro de populações de aroeira também foram detectadas por Nogueira *et al.* (1986), que trabalharam com uma população base *ex situ* de aroeira, implantada em 1981, sob a forma de testes de progênies e procedências em Pederneiras – SP.

Oliveira *et al.* (2000), trabalhando com progênies de aroeira provenientes de Paulo de Faria – SP em plantio homogêneo e consórcio com nativas (aroeira x mutambo x angico) em Selvíria – MS, encontraram médias para os caracteres altura de plantas e diâmetro médio da copa de 3,52 e 3,09 m, em plantio a pleno sol, e de 3,74 e 2,49 m, no plantio consorciado, aos dois anos de idade. Esse trabalho foi realizado com as mesmas progênies de Paulo de Faria – SP, em área próxima ao do presente experimento, com o mesmo tipo de solo, portanto as condições foram semelhantes, com exceção do espaçamento (3,0 x 1,5 m na solteira e 3,0 x 3,0 m na consorciada) e época de plantio, que foi aproximadamente dois meses antes. Comparando apenas as progênies de Paulo de Faria – SP dos dois experimentos tem-se três sistemas de plantio: plantio homogêneo, consórcio com nativas (secundárias iniciais) e em SAF (consórcio com culturas agrícolas pioneiras até o período da avaliação). Pode-se observar que a altura da aroeira foi superior no consórcio com nativas, seguido da aroeira a pleno sol e por último a aroeira em SAF. É importante ressaltar que foram obtidas variâncias negativas no sistema a pleno sol e nenhuma nos dois sistemas consorciados da aroeira de Paulo de Faria – SP, o que indica que os consórcios foram benéficos para o estudo dos parâmetros genéticos da espécie, talvez por afetarem menos a variância competitiva entre as plantas dentro das parcelas.

Comparando-se as duas populações de aroeira estudadas, verifica-se que, no geral, a população de Paulo de Faria – SP apresentou uma melhor performance.

A análise conjunta mostrou diferenças altamente significativas entre as duas populações para quase todos os caracteres silviculturais, com exceção do NRA (TABELA 3). A população de SP apresentou médias de D30 e ALT superiores àquelas obtidas pela população do RN.

TABELA 3 – Estimativas de parâmetros estatísticos para os caracteres silviculturais de duas populações de aroeira: Seridó (RN) e Paulo de Faria (SP), nos primeiro e segundo anos após o plantio, em Selvíria (MS).

Pop.	Ano	Caracteres	Média Geral	CV _{exp} (%)	F	Pr > F
RN	1	NRA	3,34	23,31	2,08	0,0391
		PBT	3,35	22,07	1,73	0,0932
		D30 (cm)	1,28	14,48	3,35	0,0015
		ALT (m)	1,58	14,78	1,57	0,1374
	2	D30 (cm)	2,68	13,79	3,39	0,0014
		ALT (m)	2,06	10,76	4,06	0,0003
		FOR	1,71	20,34	0,91	0,5376
		DMC (m)	1,70	11,32	3,63	0,0008
SP	1	NRA	3,92	26,05	1,77	0,0323
		PBT	2,20	41,51	1,36	0,1612
		D30 (cm)	1,89	13,45	1,89	0,0199
		ALT (m)	1,94	12,38	1,06	0,4161
	2	D30 (cm)	4,14	8,82	1,60	0,0641
		ALT (m)	3,13	9,93	2,04	0,0104
		FOR	2,42	19,02	3,09	0,0001
		DMC (m)	2,24	8,21	1,66	0,0499
ANAVA ¹ CONJUNTA	1	NRA			0,91 ^{ns}	
		PBT			34,99**	
		D30 (cm)			13,20**	
		ALT (m)			10,01*	
	2	D30 (cm)			98,36**	
		ALT (m)			52,21**	
		FOR			9,16*	
		DMC (m)			28,85**	

(1) Análise conjunta entre as populações dentro de anos, com estimativa de “F” para o efeito de populações; ** e * valores de F significativos em nível de 1% e 5 % de probabilidade, respectivamente; ALT: altura total; DMC: diâmetro médio da copa; FOR: forma do fuste; NRA: número de ramificações em relação ao fuste principal; D30: diâmetro à altura de 30 cm; PBT: altura da primeira bifurcação.

Diferenças significativas entre populações de espécies arbóreas nativas nem sempre são encontradas. Assim, Moraes *et al.* (1992) compararam duas procedências de aroeira, sendo uma de Bauru – SP e outra de Selvíria – MS, local onde foi instalado o ensaio. Aos quatro anos de idade, as procedências não apresentaram diferenças significativas para altura de plantas. Já Bierwagen & Ferreira (1993) avaliaram cinco populações de ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*) e também não encontraram diferença significativa entre as médias de DAP e altura total das populações aos seis anos de idade. Giannotti *et al.* (1982) avaliaram 15 procedências de *Araucaria angustifolia* aos 2 anos de idade em Itapeva (SP), e não encontraram diferença significativa entre as procedências para altura de plantas.

Desse modo, verifica-se, de uma maneira geral, que quando a comparação é feita entre populações de uma espécie proveniente de um mesmo bioma, a tendência é não encontrar significância, porém, no caso do presente estudo as populações de aroeira são de biomas diferentes: caatinga (população do Seridó – RN) e floresta semidecídua (Paulo de Faria – SP), o que deve levar a uma maior divergência entre as populações.

A maior parte da variação ocorreu dentro de progênies, o que pode ser verificado nos caracteres silviculturais quando se considera o coeficiente de variação dentro (TABELA 4), que variou de 29,51% (ALT) a 59,38% (PBT) no primeiro ano, e de 22,72% (DMC) a 46,18% (FOR) no segundo ano na população do RN.

TABELA 4 – Estimativa do coeficiente de variação dentro de progênies (CV_d); do erro (CV_e); genética (CV_g); fenotípica em nível de plantas (CV_F); fenotípica em nível de médias (CV_{Fm}) e do quociente b (CV_g/CV_{exp}), para os caracteres silviculturais de duas populações de aroeira: Seridó (RN) e Paulo de Faria (SP), aos primeiro e segundo anos de idade, em Selvíria (MS).

Pop.	Ano	Caracteres	CV_d (%)	CV_g (%)	CV_e (%)	CV_F (%)	CV_{Fm} (%)	b
RN	1	NRA	57,11	9,87	1,24	57,97	13,71	0,42
		PBT	59,38	7,68	nc	59,02	11,84	0,35
		D30 (cm)	32,28	9,06	7,50	34,36	10,82	0,63
		ALT (m)	29,51	4,54	9,62	31,37	7,55	0,31
	2	D30 (cm)	27,18	8,69	9,11	29,96	10,36	0,63
		ALT (m)	25,05	7,69	nc	26,14	8,85	0,71
		FOR	46,18	nc	5,95	46,49	7,92	nc
		DMC (m)	22,72	7,49	6,90	24,89	8,80	0,66
SP	1	NRA	67,06	13,20	9,36	68,98	20,01	0,51
		PBT	100,96	14,28	19,62	103,74	27,90	0,34
		D30 (cm)	29,23	7,32	8,98	31,44	10,67	0,54
		ALT (m)	29,15	1,73	7,35	30,11	7,35	0,14
	2	D30 (cm)	21,36	3,95	4,89	22,26	6,44	0,45
		ALT (m)	19,99	5,85	7,08	22,00	8,19	0,59
		FOR	46,05	15,89	10,22	49,78	19,31	0,84
		DMC (m)	19,11	3,86	4,85	20,09	6,11	0,47

ALT: altura total; DMC: diâmetro médio da copa; FOR: forma do fuste; NRA: número de ramificações em relação ao fuste principal; D30: diâmetro à altura de 30 cm; PBT: altura da primeira bifurcação; nc: valores não estimados devido à presença de variâncias negativas.

O coeficiente de variação dentro de progênies (CV_d) oscilou de médio a alto para os caracteres silviculturais, tais resultados também foram observados para outras espécies para os mesmos caracteres estudados. Há relatos de resultados coincidentes para diferentes espécies, como: *Tabebuia vellosi* (Ettori *et al.*, 1995), *M. urundeuva* (Oliveira *et al.*, 2000), *Grevillea robusta* (Sebbenn *et al.*, 1999) e *Peltrophorum dubium* (Siqueira *et al.*, 1986). A média para o CV_d foi de 41,61% para a população de Paulo de Faria e de 37,43% para a população de Seridó.

Em relação ao coeficiente de variação genética (CV_g) verifica-se que quando se comparam os caracteres analisados aos dois anos, o caráter D30 tende a diminuir e a altura tende a aumentar a variação genética. Estas alterações são devidas, provavelmente, às modificações da expressão gênica de cada caráter com a idade. Outra explicação pode ser a atuação de diferentes pressões de seleção nos caracteres em diferentes fases de crescimento.

Os coeficientes de variação genética dos caracteres silviculturais variaram de 4,54 (ALT) a 9,87% (NRA) na população do RN e de 1,73% (ALT) a 14,28% (PBT) na população de SP (TABELA 4). Moraes *et al.* (1992), estudando duas populações de aroeira aos 42 meses, obteve valores de CV_g para ALT de 2,68 a 3,80% e para D30 de 6,43 a 3,05%. Oliveira *et al.* (2000), trabalhando com as mesmas progênies da população de Paulo de Faria (SP) encontraram, aos dois anos, CV_g de 6,62% e 6,77%, para a altura e o DMC, respectivamente, em um teste de progênies de aroeira consorciada com angico e mutambo. Já o CV_g no teste de progênies em plantio homogêneo, não foi possível ser estimado, devido às estimativas de variâncias negativas. Verifica-se, assim, que para a finalidade de estimativas de parâmetros genéticos a condição de manejo do presente experimento seria intermediária entre o consórcio da aroeira com espécies arbóreas afins e plantios homogêneos de aroeira.

As estimativas do quociente b (CV_g/CV_{exp}) variaram de 0,31 (ALT) a 0,63 (D30) para os caracteres silviculturais na população do RN, variaram entre 0,14 (ALT) a 0,54 (D30) para as de SP (TABELA 4), indicando que o caráter mais favorável à seleção, no primeiro ano, é o D30 nas duas populações estudadas. Já no segundo ano a altura ($b = 0,71$) passa a ser o caráter de maior interesse para seleção na população do RN, enquanto para a população de SP a forma ($b = 0,84$) seria a mais interessante.

As estimativas das herdabilidades (TABELA 5) variaram de baixas (0,07 para PBT, RN, 1 ano) a média (0,41 para FOR, SP, 2 anos), assim, recomenda-se o uso da herdabilidade em nível de média por conter menos efeito ambiental. Caracteres analisados nos dois anos como o D30 e a ALT tiveram o seguinte comportamento: o primeiro, apresentou uma tendência de manter ou reduzir as estimativas de herdabilidade de acordo com avanço das idades, enquanto no segundo houve uma tendência de aumento.

Comparando-se as estimativas de herdabilidade apresentadas com os resultados encontrados por Oliveira *et al.* (2000) nota-se que as estimativas do DMC são semelhantes e maiores para altura no presente experimento. Já em relação a Freitas (1999), que trabalhou com uma população de aroeira de Petrolina (PE), em diferentes sistemas de plantio em Selvíria (MS), verificou que as estimativas de herdabilidade para os mesmos caracteres silviculturais são semelhantes quando se compara com a população do Seridó.

As estimativas de herdabilidades em nível de média de progênies (\hat{h}_m^2) foram maiores que a herdabilidade em nível de plantas individuais (\hat{h}^2) e dentro de progênies (\hat{h}_d^2), mostrando que o controle genético dos caracteres é maior em nível de progênies. Portanto, em caso de melhoramento, a seleção entre progênies pode gerar maior ganho.

TABELA 5 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade: no sentido restrito em nível de plantas (\hat{h}^2), em nível de médias (\hat{h}_m^2), e em nível de plantas dentro de progênies (\hat{h}_d^2), para os caracteres silviculturais de duas populações de aroeira: Seridó – RN e Paulo de Faria – SP, aos primeiro e segundo anos de idade, em Selvíria – MS.

Pop.	Ano	Caracteres	\hat{h}^2	\hat{h}_m^2	\hat{h}_d^2
RN	1	NRA	0,12	0,52	0,09
		PBT	0,07	0,42	0,05
		D30 (cm)	0,28	0,70	0,24
		ALT (m)	0,08	0,36	0,07
	2	D30 (cm)	0,34	0,70	0,31
		ALT (m)	0,35	0,75	0,28
		FOR	nc	nc	Nc
		DMC (m)	0,36	0,72	0,33
SP	1	NRA	0,15	0,44	0,12
		PBT	0,08	0,26	0,06
		D30 (cm)	0,22	0,47	0,19
		ALT (m)	0,01	0,06	0,01
	2	D30 (cm)	0,13	0,38	0,10
		ALT (m)	0,28	0,51	0,26
		FOR	0,41	0,68	0,36
		DMC (m)	0,15	0,40	0,12

ALT: altura total; DMC: diâmetro médio da copa; FOR: forma do fuste; NRA: número de ramificações em relação ao fuste principal; D30: diâmetro à altura de 30 cm; PBT: altura da primeira bifurcação; nc: valores não estimados devido à presença de variância negativa.

Nesse trabalho deve-se considerar dois fatos observados muito importantes para futuros programas de melhoramento dessa espécie: a existência de variação genética entre as populações estudadas e o florescimento das plantas de aroeira no segundo ano após o plantio, onde se observou que a maioria das plantas que floresceram era dióica, tendo se observado apenas algumas plantas monóicas. Considerando tais fatos, será possível obter-se material com ampla base genética, resultante da troca de fluxo gênico entre as progênies dessas duas populações, podendo ser muito utilizado em futuros programas de melhoramento tanto para as condições das regiões do Rio Grande do Norte como em São Paulo.

4 CONCLUSÕES

- As populações apresentaram variação genética para os caracteres analisados, o que justifica a conservação *ex situ* destas populações, sendo que a maior parte desta variação encontra-se dentro das populações.
- Para a maioria dos caracteres avaliados verificou-se diferença significativa entre as populações, correspondendo, assim, as distâncias geográficas que separam a origem das duas populações.
- A população de Paulo de Faria (SP) teve um desenvolvimento em altura e diâmetro à 30 cm superior ao da População do Seridó (RN), sugerindo que a primeira seja mais adaptada às condições ambientais onde o experimento foi instalado.
- O consórcio com espécies agrícolas mostrou-se promissor, nesta fase inicial do desenvolvimento da aroeira.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela bolsa de mestrado concedida; aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa e aos técnicos do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura (LGPS) da UNESP – Campus de Ilha Solteira, pelo apoio na coleta e tabulação dos dados; aos professores Edson Seizo Mori (UNESP - Campus de Botucatu) e Marco Eustáquio de Sá (UNESP - Campus de Ilha Solteira) pelas valiosas correções e sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIERWAGEN, R.; FERREIRA, M. Teste de populações de ipê felpudo (*Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bur.) em Anhembi, SP. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba, 1993. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1993. v. 2, p. 766-7.
- BUDOWSKI, G. Distribution of Tropical American rain forest species in the light of successional process. **Turrialba**, San José, v. 15, n. 1, p. 40-2, 1965.
- DENSLOW, J. S. Gap partitioning among tropical rain forest trees. **Biotropica**, Lawrence, v. 12, p. 47-55, 1980, Supl.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1999. 412 p.
- ETTORI, L. C. *et al.* Conservação *ex situ* dos recursos genéticos do ipê-amarelo (*Tabebuia vellosii* Tol.) através dos testes de procedências e progênies. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 157-168, 1995.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Data book on endangered tree and scrub species and provenances**. Rome, 1986. p. 116-25.
- FERRETTI, A. R. *et al.* Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 73-7, 1995.
- FONSECA, A. J. *et al.* Teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., *Astronium fraxinifolium*, e *Terminalla argentea* em consórcio. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 3, p. 254, 1998, Supl.
- FREITAS, M. L. M. **Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) - Anacardiaceae - em diferentes sistemas de plantio**. 1999. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

GIANNOTTI, E. *et al.* Variação genética entre procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 970-75. (Silvic. S. Paulo, v. 16-A, pt. 2, 1982, Edição especial).

GURGEL GARRIDO, L. M. do A. *et al.* Efeitos do sombreamento no crescimento da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 47-56, 1997.

KAGEYAMA, P. Y. *et al.* Revegetação de áreas degradadas: modelos de consorciação com alta diversidade. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1., SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná – FUPF, 1994. p. 569-76.

KAGEYAMA, P. Y.; BIELLA, L. C.; PALERMO JÚNIOR, A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1990. p. 109-18.

_____.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. conservação e recuperação. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo: FAPESP, 2000. p. 249-269.

LACERDA, C. M. B. **Diversidade genética por isoenzimas em populações naturais de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Freire F. & M.F. Allemão) Anacardiaceae no semi-árido.** 1997. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARTÍNEZ-RAMOS, M. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. In: GOMEZ-POMPA, A.; DEL AMO, S. **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz.** México: Editorial Alambra Mexicana, 1985. v. 2, p. 191-239.

MORAES, M. L. T. *et al.* Variação genética em duas populações de aroeira (*Astronium urundeuva* - Fr. All.) Engl. Anacardiaceae). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 1241-1245. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 4, 1992, Edição especial).

MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. Recuperação florestal com espécies nativas, o caso da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS FLORESTAIS PARA O MATO GROSSO DO SUL, 1., 1997, Dourados. **Resumos...** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997. p. 9-15. (EMBRAPA - CPAO. Documentos, 10).

NOGUEIRA, J. C. B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas.** São Paulo: Instituto Florestal, 1977. 74 p. (Bol. Técn. IF, 24).

NOGUEIRA, J. C. B. *et al.* Testes de progênies e procedências da aroeira *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. **Bol. Técn. IF**, São Paulo, v. 40-A, pt. 2, p. 367-375, 1986, Edição especial.

OLIVEIRA, S. A. *et al.* Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo - I- Aspectos silviculturas. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 155-166, 2000.

SANTIN, D. A.; LEITÃO FILHO, H. de F. Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero *Myracrodruon* Freire Allemão (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 14, p. 133-145, 1991.

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de procedências de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 65-73, 1999.

SIQUEIRA, A. C. M. De F. *et al.* Conservação dos recursos genéticos da guarucaia - *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Bol. Técn. IF**, São Paulo, v. 40-A, pt. 2, p. 302-313, 1986, Edição especial.

STRANGHETTI, V. **Levantamento florístico das espécies vasculares de uma floresta estacional no norte do Estado de São Paulo, Estação Ecológica de Paulo de Faria.** 1996. 164 f. Tese (Doutorado em Biologia) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

WHITMORE, T. C. On pattern and process in forest. In: NEWMAN, E. J. **The plant community as a working mechanism**. London: British Ecological Society, 1982. p. 45-59. (Series of the British Ecological Society - Blackwell Scientific Publications).

_____. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In: GOMES-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. **Rain Forest regeneration and management**. Paris: UNESCO: Parthenon Publishing, 1991. p. 67-90. (Man and Biosphere Series, 6).

VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE E DENTRO DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIOS DE *Araucaria angustifolia* NO SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO*

Alexandre Magno SEBBENN**

Ananias de Almeida Saraiva PONTINHA**

Edegar GIANNOTTI**

Paulo Yoshio KAGEYAMA***

RESUMO

Foram comparadas 110 progênes de polinização aberta de cinco procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., em Itapeva, SP, para fins de conservação e seleção. Os dados envolviam medidas de sobrevivência e altura nas idades de um, três, cinco e dezoito anos e DAP e volume aos dezoito anos. As análises de variância evidenciaram variações altamente significativas ($P < 0,01$) entre procedências em todos os caracteres e entre progênes/procedência em altura, DAP e volume em todas as idades. As variações entre procedências acomodaram de 28,8% a 4,5% da variação total; as variações entre progênes/procedência acomodaram de 21% a 5% e a variação dentro de progênes/procedência de 51,3% a 92,0% da variação total. A avaliação dos caracteres de crescimentos indicou as procedências Cunha, SP, e Itararé, SP, como as de maior crescimento em Itapeva e a procedências Bom Jardim da Serra, SC, como menor crescimento. O crescimento em volume da procedência Cunha foi 65% superior ao da procedência Bom Jardim da Serra. As estimativas dos coeficientes de herdabilidade, aos 18 anos de idade, variaram de 0,226 a 0,654, indicando forte controle genético dos caracteres e grandes possibilidades de sucesso com a seleção. Sugere-se uma estratégia que combine os objetivos de conservação e de melhoramento genético que implique em progresso genéticos, em Itapeva, aos 18 anos de idade, de até 20% em volume.

Palavras-chave: conservação *ex situ*; melhoramento genético; correlações genéticas; parâmetros genéticos; seleção, herdabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. (Araucariaceae) ou pinheiro-do-paraná é uma conífera dióica, polinizada pelo vento que se distribui naturalmente no Brasil entre altitudes de 500 m a 2.300 m e latitudes 19°15'S. (Conselheiro Pena – MG) a 31°39'S. (Canguçu – RS) e longitudes de 41°30'W. até 54°30'W., ocorrendo também em pequenas manchas na Argentina e Paraguai (Carvalho, 1994).

ABSTRACT

Comparisons were made among 110 open-pollinated families of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. from five provenances in Itapeva-SP. Data involved one, three, five and 18-years survival and height and 18-years DBH and volume. Analyses of variance evidenced significant variation among provenances ($P < 0.01$) at all ages studied as well as among families within provenances for height, DBH and volume. Genetic variation among provenances accounted for about 28.8% to 4.5% of the total variance; variation among families within provenances accounted for 21% to 5% and within families accounted for 51.3% to 92.0% of the total variance. The evaluation of height, DBH and volume showed Cunha, SP, and Itararé, SP, provenances to have the fastest growth and the Bom Jardim da Serra with the slowest. Volume growth, rate at 18 years old of Cunha provenance was about 65% higher than Bom Jardim da Serra. Estimations of heritabilities ranged from 0.226 to 0.654, indicating high possibilities of genetic gain through selection. A combined conservation and breeding strategy is suggested, with expected genetic gains of about 20% in volume at 18 years old.

Key words: *ex situ* conservation; genetic breeding; genetic correlation; genetic parameters; selection, heritabilities.

A espécie é exclusiva da Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária), nas formações Aluvial (galeria), Submontana, Montana e Alto-Montana. As árvores podem atingir 50 m de altura e 250 cm de DAP. O crescimento inicial é lento, porém, a partir do terceiro ano, em sítios adequados, apresenta incremento médio anual em altura de 1 m e, a partir do quinto ano, incremento médio em DAP de 1,5 a 2,0 cm. O incremento em volume pode atingir 30 m³/ha/ano.

(*) Aceito para a publicação em novembro de 2003.

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

(***) ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

Em solos férteis e sob espaçamento adequado a rotação para desdobro pode ocorrer a partir dos 15 anos. A madeira é de alta qualidade para construções em geral, laminados, móveis, caixotarias, lápis, compensados e celulose e papel. Os pinhões (sementes) são fonte de alimento para o homem e animais (Carvalho, 1994). Apesar de sua grande utilidade e valor econômico, ecológico e social, a espécie foi explorada de forma não sustentada, assim, ainda na década de setenta do século passado, entrou na lista das espécies ameaçadas de extinção (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 1972).

A ampla distribuição geográfica de *A. angustifolia*, provavelmente contribuiu para sua diferenciação em raças geográficas ou ecótipos (Gurgel & Gurgel Filho, 1965). Estudos de procedências de *A. angustifolia* em diversos ambientes têm detectado a existência de diferenças genéticas entre origens geográficas (Gurgel & Gurgel Filho, 1965, 1973; Baldanzi *et al.*, 1973; Kageyama & Jacob, 1980; Shimizu & Higa, 1980; Timoni *et al.*, 1980; Shimizu, 1999). Entretanto, a maioria destes trabalhos foi conduzida procurando avaliar apenas o efeito de procedência ou origem das sementes. Com exceção de poucos estudos (Sousa, 2000; Shimizu *et al.*, 2000; Auler *et al.*, 2002), pouco é conhecido sobre a variabilidade genética intrapopulacional.

A combinação de procedências e progênes em um mesmo ensaio permite detectar e avaliar, além dos efeitos de origem das sementes (procedências) o efeito materno (progênes) presente dentro de cada origem. As principais vantagens desse tipo de ensaio são a redução 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. Do ponto de vista de conservação, os testes combinando progênes e procedências podem reter grande parte da variação genética de uma espécie, dentro de um simples banco e ser utilizado para fins de melhoramento, quando for conveniente.

Este estudo objetivou avaliar a variação genética em 110 progênes de polinização aberta de cinco procedências de *A. angustifolia*, sendo três do Estado de São Paulo e duas de Santa Catarina, nas condições da Estação Experimental de Itapeva, para dois propósitos: *i*) conservação, e *ii*) melhoramento genético.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem e Delineamento Experimental

Sementes de polinização aberta foram coletadas, em 1981, de 14 a 26 árvores, espaçadas por pelo menos 100 m entre si, em cinco populações naturais de *A. angustifolia*, sendo três no Estado de São Paulo e duas em Santa Catarina (TABELA 1). Na coleta, a identidade das progênes foi mantida. As sementes foram germinadas em sacos de polietileno e, em 1982, transplantadas para o campo.

O experimento foi estabelecido em um local, na Estação Experimental de Itapeva, do Instituto Florestal de São Paulo, localizada nas coordenadas 24°17'S., 48°54'W. e a 930 m de altitude. O clima do local é tropical, o inverno vai de junho a setembro, é seco e a maioria das chuvas ocorre no verão. A temperatura média anual é de aproximadamente 18,6°C e a precipitação média anual é de 1.300 mm. O delineamento experimental adotado foi de blocos de famílias compactas (Compact family block design, Wright, 1978) com três repetições, cinco procedências (parcelas), 14 a 26 progênes/procedência (subparcelas) e 10 plantas por subparcela, segundo o espaçamento 3 m x 2 m. Para reduzir o efeito de borda sobre os tratamentos foram utilizadas duas linhas de bordadura com a mesma espécie.

O ensaio foi avaliado quanto à altura e sobrevivência nas idades de um (ALT1; SOB1), três (ALT3; SOB3), cinco (ALT5; SOB5) e dezoito anos (ALT18; SOB18). Aos 18 anos de idade, foram tomadas também medidas de DAP (diâmetros à altura do peito - DAP18). A partir da altura e do DAP, aos 18 anos de idade, foi calculado o volume sem casca (VOL18), com base em Machado citado por Shimizu (1999):

$$VSC = 0,01765474 + 0,3966295d^2h.$$

Os dados de sobrevivência foram transformados para $\sqrt{sob + 0,5}$, sendo sob. a proporção de árvores sobreviventes em cada subparcela, para a análise da variância, realizada em nível de média de subparcelas.

TABELA 1 – Tamanho amostral e coordenadas geográficas de cinco procedências de *A. angustifolia*, plantadas em teste de procedências e progênes em Itapeva, SP.

Procedência	Nº. de progênes	Lat. (° S)	Long. (° W)	Alt. (m)	Prec. (mm)	Temp. Média	
						Máx. °C	Mín. °C
1 Campos do Jordão – SP	26	22°44’	45°30’	1.630	1.891	22,0	15,0
2 Cunha – SP	14	23°14’	43°03’	970	2.000	20,6	14,1
3 Itararé – SP	21	24°30’	49°10’	930	1.500	22,0	18,0
4 Bom Jardim da Serra – SC	25	28°18’	49°32’	800	1.600	17,3	9,2
5 São Joaquim – SC	24	28°19’	49°52’	1.380	1.593	17,3	9,1

Lat. = latitude; Long. = longitude; Alt. = altitude; Prec. = precipitação; Temp. média = temperatura média; Máx. = máxima; Mín. = mínima.

2.2 Análise e Estimativa de Componentes da Variância

As análises da variância foram efetuadas seguindo os procedimentos apontados por Zheng *et al.* (1994). Como o experimento era desbalanceado, devido ao número desigual de árvores sobreviventes por subparcelas e ao desigual número de progênes por procedência, utilizou-se o método de REML (Restricted Maximun Likelihood) do programa estatístico SAS (SAS, 1999) para estimar os componentes da variância, combinado com o comando VARCOMP. Os valores perdidos foram estimados e os componentes da variância ajustados para estes. Para análise de variância e estimativa de componentes de variância, adotou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + b_i + t_j + f_{j:k} + (tb)_{ij} + (fb)_{j:ki} + e_{ijkl}$$

em que, Y_{ijkl} é o valor fenotípico do l -ésimo indivíduo da k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição; μ é o termo fixo da média total; b_i é o efeito aleatório da i -ésima repetição; t_j é o efeito aleatório da j -ésima procedência; $f_{j:k}$ 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; $(fb)_{j:ki}$ é o efeito da interação entre a k -ésima progênie da j -ésima procedência e a i -ésima repetição; e_{ijkl} é o efeito da l -ésima árvore dentro da k -ésima progênie da j -ésima procedência na i -ésima repetição. Esta última inclui os efeitos do erro; $i = 1...b$ (b é o número de repetições); $j = 1...t$ (t é o número de procedência);

$k = 1...f$ (f é o número de progênes dentro das procedência); $l = 1...n$ (n é o número de árvores por progênie). Com exceção da média, todos os efeitos foram assumidos como aleatórios.

Os componentes de variância estimados foram: $\hat{\sigma}_p^2$ = variância genética entre procedência; $\hat{\sigma}_f^2$ = variância entre progênes/procedência; $\hat{\sigma}_e^2$ = variância da interação entre progênes por procedência (variância ambiental); $\hat{\sigma}_d^2$ = variância fenotípica dentro de progênes.

2.3 Estimativa de Parâmetros Genéticos

Os cálculos da variância genética e fenotípica, herdabilidades, correlações genéticas, ganhos esperados pela seleção e erro padrão das herdabilidades foram efetuados conforme os procedimentos apresentados por Namkoong (1979). As progênes foram consideradas como sendo meios-irmãos e a variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) foi estimada por $\hat{\sigma}_A^2 = 4\hat{\sigma}_f^2$, em que $\hat{\sigma}_f^2$ é a variância genética entre progênes dentro de procedências.

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

$$CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_f^2}}{\bar{x}} \times 100$$

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:

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_F^2}, \quad \hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_f^2}{\frac{\hat{\sigma}_d^2}{nb} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{b} + \hat{\sigma}_f^2}, \quad \hat{h}_d^2 = \frac{(\frac{3}{4})\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2},$$

em que, $\hat{\sigma}_F^2$ é a variância fenotípica total estimada por $\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_f^2$.

As correlações genéticas entre os caracteres foram estimadas para árvores individuais de acordo com a expressão:

$$\hat{r}_{g_{xy}} = \frac{\hat{\sigma}_{f_x f_y}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{f_x}^2 \hat{\sigma}_{f_y}^2}},$$

em que, $\hat{r}_{g_{xy}}$ é o coeficiente de correlação genético; $\sigma_{f_x f_y}$ é o produtório genético dos caracteres x e y ; $\hat{\sigma}_{f_x}^2$ e $\hat{\sigma}_{f_y}^2$ são as variâncias genéticas entre progênes/procedência dos caracteres x e y , respectivamente.

A correlação genética para os mesmos caracteres, entre diferentes idades, foi obtida da mesma forma que as estimadas entre caracteres, considerando medidas em diferentes idades como caracteres distintos.

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

A resposta à seleção foi estimada para duas situações: uma objetivando a seleção dentro de progênes, para atender a necessidade de manejo do banco de conservação e outra, visando à seleção entre e dentro de progênes para a formação de um pomar de sementes clonais de segunda geração.

A resposta à seleção dentro de progênes (\hat{R}_d) foi estimada por,

$$\hat{R}_d = i_d \hat{\sigma}_d \hat{h}_d^2,$$

e a resposta à seleção entre e dentro de progênes (\hat{R}_{ed}) 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 padrões da variância fenotípica total e dentro de progênes. Para atender o primeiro objetivo (conservação genética), ou somente a seleção dentro das subparcelas, utilizou-se uma intensidade de seleção de 20% ($i_d = 1,27$). Para a formação do pomar de sementes, foram selecionadas as 30 melhores progênes ($i_e = 1,2246$) e as duas melhores árvores dentro das melhores progênes ($i_d = 1,83$). A resposta à seleção em porcentagem [$\hat{R}(\%)$] foi estimada por:

$$\hat{R}(\%) = \frac{\hat{R}}{\bar{x}} x 100.$$

em que, \bar{x} é a média do caráter.

3 RESULTADOS

3.1 Variação Entre e Dentro de Procedências

Foram detectadas diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) entre procedências em todos os caracteres em todas as análises (TABELA 2). A divergência genética entre procedências em altura, medida pelo coeficiente de correlação intraclasse (\hat{Q}_{ST}), variou de 28,8% no primeiro ano de idade a 6,5% aos 18 anos de idade (TABELA 3). A divergência em sobrevivência, DAP e volume acomodou entre 10% (SOB3) a 4,5% (VOL18) da variação total. Entre progênes dentro de procedências, foram detectadas diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) em altura, DAP e volume (TABELA 2). A divergência genética entre progênes dentro de procedências em altura variou de 19,9% a 7,3% (TABELA 3) e foi de 9,6% para o DAP e 6,7% para o volume. Em todos os casos, a variação fenotípica dentro de progênes/procedência acomodou a maior parte da variação total (mínimo, 51%). Em sobrevivência não foram detectadas diferenças significativas entre progênes.

TABELA 2 – Análise de variância com os quadrados médios para altura, DAP e sobrevivência em diversas idades, em teste de progênes/procedências de *A. angustifolia* em Itapeva-SP.

Fonte de Variação	GL18	ALT1	ALT3	ALT5	ALT18	DAP18	VOL18
Procedência (PO)	4	0,6434**	3,6301**	43,005**	162,4076**	456,9938**	0,00699**
BL x PO	8	0,0058	1,5522	21,2112	51,1250	103,2570	0,00239
Progênes/Proced.	105	0,0218**	0,1307**	0,8067**	12,1794**	40,2399**	0,00051**
Progênes/Proc. IT	20	0,0363**	0,1120**	0,9432**	11,0751**	45,3567**	0,00045**
Progênes/Proc. CJ	25	0,0187**	0,0606**	0,4520**	11,8940**	41,3417**	0,00052**
Progênes/Proc. BJ	24	0,0224**	0,1502**	0,6615**	19,8841**	30,5398**	0,00034**
Progênes/Proc. CU	13	0,0150**	0,1600**	1,1694**	19,6289**	52,7529**	0,00112**
Progênes/Proc. SJ	23	0,0155**	0,1857**	1,0199**	10,4103**	37,5880**	0,00039**
Resíduo	210	0,0022	0,0413	0,3543	4,4887	13,6348	0,00029
Dentro	2606	0,0017	0,0318	0,1771	2,2821	8,8389	0,00013
Fonte de Variação	GL18	SOB1	SOB3	SOB5	SOB18		
Procedência (PO)	4	0	0,3312**	0,3088**	0,3076**		
BL x PO	8	0	0,0346	0,0292	0,0405		
Progênes/Proced.	105	0	0,0452	0,0488	0,0501		
Resíduo	210	0	0,0378	0,0416	0,0439		
Sobrevivência média (%)		100	91,0	89,7	89,7		

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

GL18 = graus de liberdade aos 18 anos de idade; ALT1, ALT3, ALT5 e ALT18 são as alturas nas idades de um, três, cinco e 18 anos; DAP18 e VOL18 são o diâmetro à altura do peito e o volume sem casca, respectivamente, aos 18 anos de idade; SOB1, SOB3, SOB5 e SOB18 são as sobrevivências nas idades de um, três, cinco e 18 anos.

IT = Itapeva; CJ = Campos do Jordão; BJ = Bom Jardim da Serra; CU = Cunha; SJ = São Joaquim.

TABELA 3 – Distribuição da variação genética entre procedências (\hat{Q}_{ST}), progênes/procedência (\hat{Q}_{pp}) e dentro de progênes (\hat{Q}_d), em *A. angustifolia*, em Itapeva, SP.

Caráter	\hat{Q}_{ST}	\hat{Q}_{pp}	\hat{Q}_d
SOB3	0,100	–	0,900
SOB5	0,085	–	0,915
SOB18	0,080	–	0,920
ALT1	0,288	0,199	0,513
ALT3	0,086	0,085	0,829
ALT5	0,158	0,073	0,768
ALT18	0,065	0,104	0,831
DAP18	0,054	0,096	0,850
VOL18	0,045	0,067	0,888

$\hat{Q}_{ST} = \hat{\sigma}_p^2 / (\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_f^2 + \hat{\sigma}_d^2)$. $\hat{Q}_{pp} = \hat{\sigma}_f^2 / (\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_f^2 + \hat{\sigma}_d^2)$. $\hat{Q}_d = \hat{\sigma}_d^2 / (\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_f^2 + \hat{\sigma}_d^2)$.

ALT1, ALT3, ALT5 e ALT18 são as alturas nas idades de um, três, cinco e 18 anos; DAP18 e VOL18 são o diâmetro à altura do peito e o volume sem casca, respectivamente, aos 18 anos de idade. SOB1, SOB3, SOB5 e SOB18 são as sobrevivências nas idades de um, três, cinco e 18 anos.

A variação entre progênes/procedências foi decomposta nos efeitos individuais de procedências (TABELA 2). Foram detectadas diferenças altamente significativas entre progênes dentro de todas as procedências. A divergência genética entre progênes dentro das procedências

individuais variou de 39,6% a 3,7% (procedência Itararé – FIGURA 1). Nos dois primeiros anos de plantio, a divergência entre progênes para altura foi alta, acomodando de 17% a 40% da variação total, vindo a cair a partir do terceiro ano, restando entre 7,7% a 16,5% da variação total, aos 18 anos de idade.

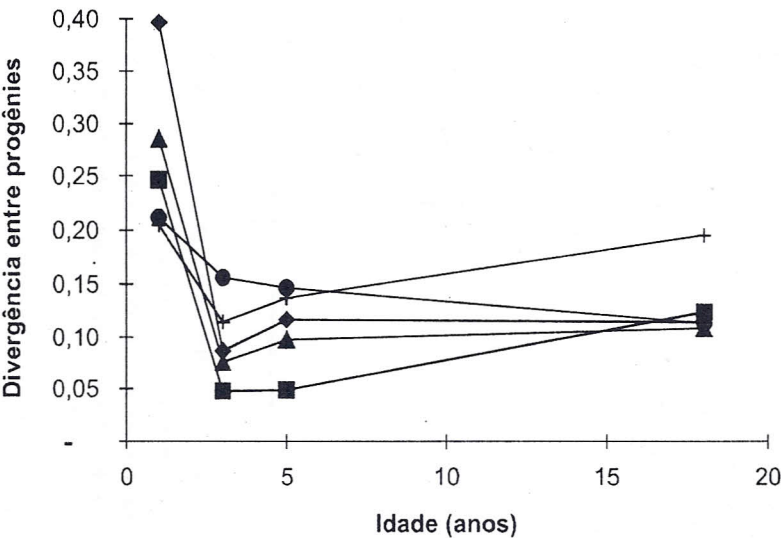


FIGURA 1 – Distribuição da variação genética entre progênes (\hat{Q}_p) dentro de cinco procedências de *A. angustifolia*, em Itapeva, SP. (–♦– Itararé; –■– Campos do Jordão; –▲– Bom Jardim da Serra; –+– Cunha; –●–São Joaquim).

3.2 Sobrevivência

A sobrevivência das árvores foi alta no ensaio, variando de 100% no primeiro ano de plantio a 89,7% aos 18 anos de idade (TABELA 1). Entre procedências (FIGURA 2), aos 18 anos de idade, as de Santa Catarina apresentaram as menores taxas de

sobrevivência (São Joaquim = 85,8%; Bom Jardim da Serra = 86,4), enquanto as do Estado de São Paulo apresentaram os maiores valores (Campos do Jordão = 93,2%; Cunha = 91%; Itararé = 89%). Estes resultados sugerem que as procedências originadas de menores latitudes sobrevivem mais às condições de Itapeva do que às de latitudes maiores.

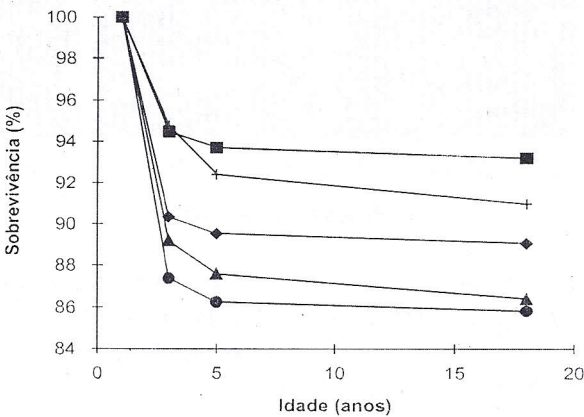


FIGURA 2 – Porcentagem de sobrevivência do primeiro ao décimo oitavo ano de idade de procedências de *A. angustifolia*, em Itapeva, SP. (◆– Itararé; ■– Campos do Jordão; ▲– Bom Jardim da Serra; +– Cunha; ●–São Joaquim).

3.3 Taxa de Crescimento

A taxa de crescimento em altura, até a idade de três anos, apresentou algumas alterações na classificação das procedências, estabilizando-se após esta fase inicial (TABELA 4). Porém, já no terceiro ano de idade, as duas procedências de melhor performance (Cunha e Itararé), e a de pior performance (Bom Jardim da Serra), já haviam assumido posição estável, sugerindo que a seleção precoce poderia ser efetiva na fase inicial de estabelecimento do plantio (três anos). As procedências Campos do Jordão

e São Joaquim apresentaram crescimento em altura muito semelhante. O crescimento em DAP e volume, aos 18 anos de idade, confirma a superioridade das procedências Cunha e Itararé, para a região de Itapeva. As diferenças no crescimento em altura, DAP e volume entre a procedência de maior crescimento (Cunha) e a de menor crescimento (Bom Jardim da Serra) foram, respectivamente, 19,4%, 19,2% e 65%. Em relação ao crescimento das progênes, em volume, aos 18 anos de idade, detectou-se diferenças entre a progênie de maior e menor crescimento de 51% (FIGURA 3).

TABELA 4 – Crescimento em altura, DAP e volume em cinco procedências de *A. angustifolia*, em Itapeva, SP.

Caráter	Procedência				
	Itararé	C. Jordão	Bom Jardim	Cunha	São Joaquim
ALT1 (m)	0,30 ± 0,025	0,30 ± 0,022	0,24 ± 0,021	0,30 ± 0,020	0,25 ± 0,020
ALT3 (m)	0,64 ± 0,080	0,56 ± 0,054	0,50 ± 0,059	0,73 ± 0,114	0,59 ± 0,082
ALT5 (m)	1,12 ± 0,276	1,19 ± 0,190	0,93 ± 0,162	1,69 ± 0,349	1,22 ± 0,204
ALT18 (cm)	7,30 ± 0,785	6,86 ± 0,732	6,21 ± 0,733	7,69 ± 0,848	6,93 ± 0,792
DAP18 (cm)	11,15 ± 1,594	10,28 ± 1,429	9,04 ± 1,335	11,17 ± 1,578	9,85 ± 1,398
VOL18 (m³/planta)	0,035 ± 0,006	0,032 ± 0,006	0,028 ± 0,004	0,039 ± 0,008	0,033 ± 0,006

P ≤ 0,01.

ALT1, ALT3, ALT5 e ALT18 são as alturas nas idades de um, três, cinco e 18 anos; DAP18 e VOL18 são o diâmetro à altura do peito e o volume sem casca, respectivamente, na idade de 18 anos.

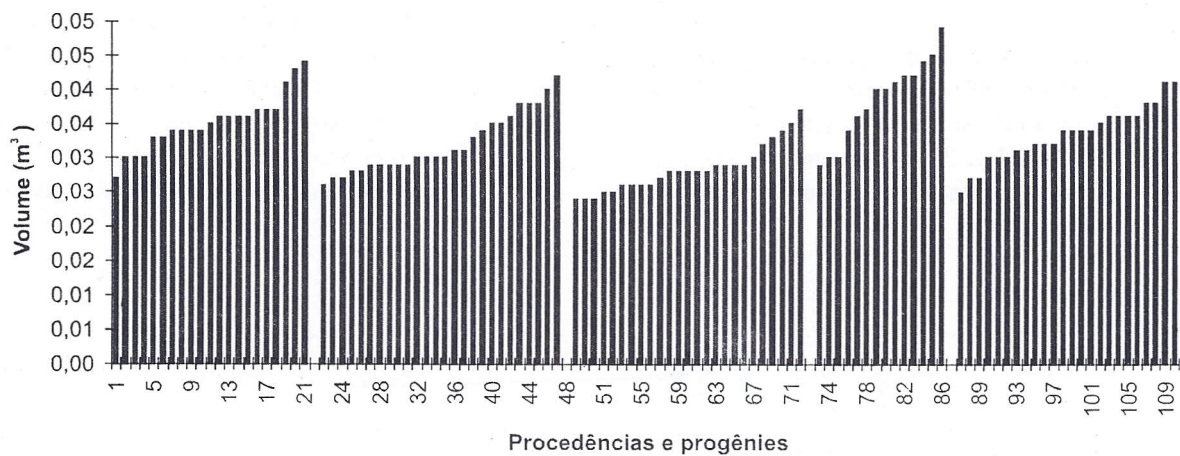


FIGURA 3 – Crescimento em volume, aos 18 anos de idade, em progênes e procedências de *A. angustifolia*, em Itapeva, SP. Da esquerda para a direita encontram-se as procedências Itararé (progênes 1-21), Campos do Jordão (progênes 22-47), Bom Jardim da Serra (progênes 48-72), Cunha (progênes 73-86) e São Joaquim (progênes 87-110).

3.4 Correlação entre Caracteres com Características Geográficas e Climáticas

O coeficiente de correlação linear de Spearman foi positivo e estatisticamente significativo ao nível de 1% entre altura e temperatura máxima do local de origem das procedências ($\hat{r} = 0,88$), sugerindo que esta última determinou 77% (\hat{r}^2) da variação observada no crescimento em altura das procedências (TABELA 5). Também foram detectadas associações significativas ao nível de 10% entre altura e latitude ($\hat{r} = -0,86$) e temperatura mínima ($\hat{r} = 0,84$). Contudo, latitude e temperatura máxima e mínima,

provavelmente, não são variáveis totalmente independentes (TABELA 1). Na região estudada, as menores latitudes apresentam as maiores temperaturas máximas e mínimas e as latitudes maiores as menores temperaturas máximas e mínimas. Outros caracteres apresentaram correlações relativamente altas como, por exemplo, DAP e latitude ($\hat{r} = -0,67$) e DAP e temperatura máxima ($\hat{r} = 0,75$). Nestes casos, a ausência de diferenças significativas pelo teste *t* pode estar associada ao pequeno número, de graus de liberdade (3) disponíveis para a comparação, consequência da utilização de apenas cinco procedências no ensaio.

TABELA 5 – Estimativas do coeficiente de correlação de Spearman (\hat{r}) entre caracteres e características geográficas e climáticas das origens das procedências de *A. angustifolia*, aos 18 anos de idade, em Itapeva, SP.

Características	ALT18	DAP18	VOL18	SOB18
Latitude	-0,86 ^a	-0,67	-0,58	0,45
Longitude	-0,55	-0,61	-0,61	0,61
Altitude	-0,01	0,01	-0,05	0,07
Precipitação	0,34	0,43	0,44	0,61
Temperatura máxima	0,88**	0,75	0,69	0,51
Temperatura mínima	0,84 ^a	0,62	0,56	0,35

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

(a) $P \leq 0,10$.

ALT18, DAP18, VOL18 e SOB18 são a altura, o diâmetro à altura do peito, o volume e a sobrevivência na idade de 18 anos.

3.5 Correlação Genética Entre Caracteres em Diferentes Idades

As correlações genéticas entre os vários caracteres e entre idades, foram positivas e significativas (TABELA 6). As correlações entre

mesmos caracteres em idades próximas foram, geralmente, maiores do que as estimadas entre idades mais distantes, sugerindo que não ocorreram grandes alterações na performance das progênies dentro das procedências após os cinco anos de idade.

TABELA 6 – Estimativas de correlações genéticas (\hat{r}_g) entre idades e caracteres em teste de progênies e procedências de *A. angustifolia*, em Itapeva, SP.

	ALT3	ALT5	ALT18	DAP18	VOL18
ALT1	0,61**	0,66**	0,50*	0,61**	0,56*
ALT3		0,95**	0,70**	0,67**	0,66**
ALT5			0,95**	0,76**	0,51*
ALT18				0,95**	1,00**
DAP18					1,01**

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

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

ALT1, ALT3, ALT5 e ALT18 são as alturas nas idades de um, três, cinco e 18 anos; DAP18 e VOL18 são o diâmetro à altura do peito e o volume sem casca, respectivamente, na idade de 18 anos.

3.6 Parâmetros Genéticos

O coeficiente de variação genética, até a idade de cinco anos, variou consideravelmente entre procedências em altura (FIGURA 4). As procedências originadas de Santa Catarina apresentaram as maiores variações. Contudo, aos 18 anos de idade, o coeficiente de variação genética na procedência Cunha superou as demais. O coeficiente de variação genética médio entre procedências,

aos 18 anos de idade, foi alto em todos os caracteres, variando de 10,9% a 14,5% (TABELA 7). Em nível de procedências, o coeficiente de variação genético variou de 7,8% a 13,8%. A procedência Cunha apresentou os maiores valores e a Itararé os menores em todos os caracteres. Tais resultados sugerem que a amostragem foi efetiva para reter variação genética nos caracteres de crescimento e existe a possibilidade de progressos com a seleção.

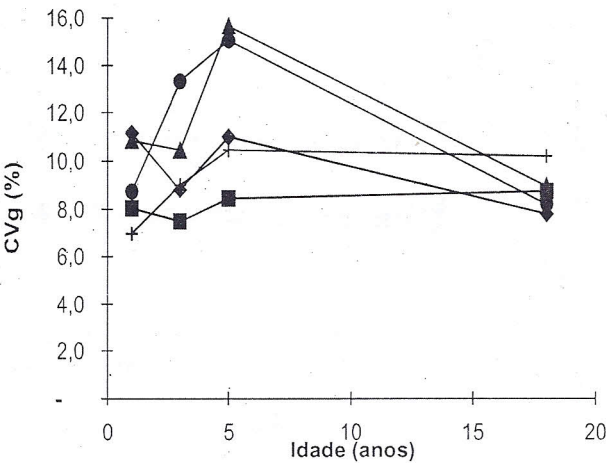


FIGURA 4 – Tendência do coeficiente de variação genética (CV_g) em altura de cinco procedências de *A. angustifolia*, em Itapeva, SP. (—♦— Itararé; —■— Campos do Jordão; —▲— Bom Jardim da Serra; —+— Cunha; —●— São Joaquim).

TABELA 7 – Estimativas do coeficiente de variação genética (CV_g) em altura, DAP e volume, aos 18 anos de idade, em cinco procedências de *A. angustifolia*, plantadas em Itapeva, SP.

Procedência	ALT18 (%)	DAP18 (%)	VOL18 (%)
Itararé	7,8	10,1	10,0
Campos do Jordão	8,7	10,3	11,6
Bom Jardim	8,9	10,2	11,0
Cunha	10,2	11,1	13,8
São Joaquim	8,2	11,0	10,2
Média	10,9	12,8	14,5

ALT18, DAP18 e VOL18 são a altura, o diâmetro à altura do peito e o volume sem casca, respectivamente, na idade de 18 anos.

As herdabilidades foram maiores nos primeiros anos de vida das plantas, declinando no terceiro anos e, aparentemente, mantendo-se constante até a idade 18 anos. Em altura de plantas, as estimativas de herdabilidade em nível de média de progênes variaram de aproximadamente 0,86 a 0,625 e, dentro de progênes, de 1,2 a 0,377, indicando as possibilidades de sucesso com a seleção (FIGURA 5 e TABELA 8). A herdabilidade em nível de média de progênes foi, geralmente,

maior do que em nível de plantas individuais e entre plantas dentro de progênes. Essas herdabilidades implicam que ganhos genéticos de até 10,5% em altura, 12,5% em DAP e 10,1% em volume, podem ser esperados pela seleção das duas melhores plantas dentro das progênes, aos 18 anos de idade, e que ganhos de até 21,1% em altura, 25,9% em DAP e 20,4% em volume podem ser esperados pela seleção das duas melhores árvores dentro das 30 melhores progênes, em Itapeva.

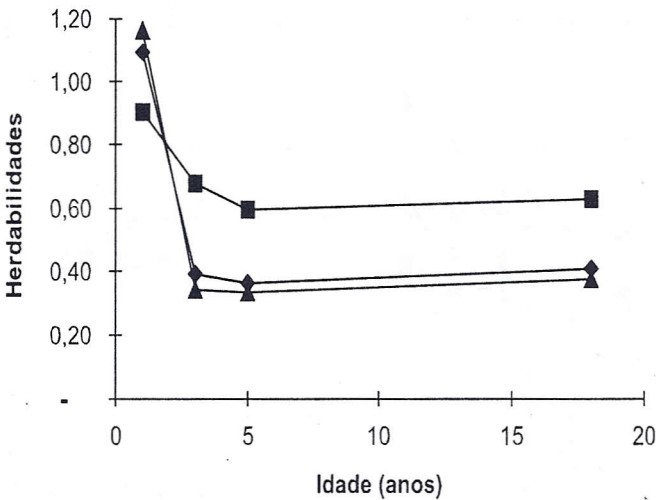


FIGURA 5 – Tendência dos coeficientes de herdabilidade individual ($-\diamond-$ \hat{h}_i^2), média de progênes ($-\blacksquare-$ \hat{h}_m^2) e dentro de progênes ($-\blacktriangle-$ \hat{h}_d^2) em altura ao longo do tempo, até 18 anos de idade em *A. angustifolia*, plantadas em Itapeva, SP.

TABELA 8 – Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de crescimento (± erro padrão), aos 18 anos de idade, em procedências e progênes de *A. angustifolia*.

Parâmetros	ALT18	DAP18	VOL18
Herdabilidade em nível de plantas – \hat{h}_i^2	0,408 ± 0,006	0,384 ± 0,008	0,253 ± 0,005
Herdabilidade média entre progênes – \hat{h}_m^2	0,625 ± 0,003	0,654 ± 0,004	0,497 ± 0,007
Herdabilidade dentro de progênes – \hat{h}_d^2	0,377 ± 0,002	0,338 ± 0,002	0,226 ± 0,003
Estratégia A			
Resposta dentro de progênes – \hat{R}_d	10,5 %	12,5 %	10,1 %
Estratégia B			
Resposta total à seleção – \hat{R}_{ed}	21,0 %	25,9 %	20,4 %

ALT18, DAP18 e VOL18 são a altura, o diâmetro à altura do peito e o volume sem casca, respectivamente, na idade de 18 anos.

4 DISCUSSÃO

4.1 Variação Entre e Dentro de Procedências

Os resultados mostraram altos níveis de variação genética entre procedências em todos os caracteres. Altos níveis de variação genética entre procedências de *A. angustifolia* não são novidade. Estudos conduzidos com grande número de procedências, cobrindo grande parte da distribuição geográfica da espécie, vêm, há muito tempo, enfatizando o forte efeito de procedências e a possibilidade de progressos genéticos com a seleção (Fahler & Di Lucca, 1980; Kageyama & Jacob, 1980; Monteiro & Speltz, 1980; Shimizu & Higa, 1980; Timoni *et al.*, 1980; Shimizu, 1999). A ampla distribuição geográfica, associada ao isolamento reprodutivo de populações localizadas a grandes distâncias, provavelmente, é a principal causa da existência de alta diferenciação, visto que a variação genética adaptativa entre procedências é desenvolvida pela seleção natural (Rehfeldt, 1974) e condicionada pela heterogeneidade ambiental (Rehfeldt, 1978).

As análises da divergência genética entre procedências mostraram que estas são altas nos primeiros anos de idade, tendendo a diminuir com o desenvolvimento das árvores.

Padrão semelhante foi observado por Shimizu & Higa (1980) estudando 18 procedências de *A. angustifolia* aos dois, quatro e seis anos de idade, embora os níveis de divergência genética (72,7% a 25,9%) tenham sido maiores do que os aqui observados (28,8% a 15,8%). A ampla extensão e o número de procedências amostradas por Shimizu & Higa (1980), provavelmente, contribuíram para a maior diferenciação entre populações. Contudo, a avaliação desse mesmo ensaio, aos 23 anos de idade (Shimizu, 1999), revelou níveis de divergência entre procedências em altura (10,4%), DAP (2,6%) e volume (4,7%) muito próximos deste estudo (TABELA 3). Isto reforça a idéia de que a estimativa da divergência entre procedências tende a diminuir com o desenvolvimento das árvores, e que estimativas em idades precoces não são preditores confiáveis da divergência entre procedências em idades avançadas.

Comparando-se os níveis de divergência genética detectados aqui entre procedências, aos 18 anos de idade, nos caracteres quantitativos (4,5% a 6,5%), com os estimados de dados de marcadores genéticos, observa-se que, em geral, os valores são similares. Auler *et al.* (2002) detectaram divergências genéticas de 4,4% entre nove populações do Estado de Santa Catarina e Sousa (2000) detectou divergência variando de 0,01% a 4,8% entre populações e 9,8% entre as regiões.

4.2 Crescimento e Origem das Procedências

A taxa de crescimento das procedências em Itapeva apresenta associação negativamente com a sua latitude de origem. As procedências originadas das latitudes 22° a 25°S (Estado de São Paulo) tiveram maior crescimento e sobrevivência do que as procedentes de latitudes em torno de 28°S (Estado de Santa Catarina). Estudos de procedências de *A. angustifolia*, conduzidos no Estado de São Paulo, já haviam indicado esta tendência. Timoni *et al.* (1980) comparando o crescimento em altura, aos seis meses de idade, em Tupi (Piracicaba, SP), de 16 procedências originadas dos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, observaram que as provenientes do limite norte da distribuição geográfica da espécie (Minas Gerais e São Paulo) apresentavam maior crescimento. Shimizu & Higa (1980) detectaram, em Ribeirão Branco, SP (no artigo original denominado de Itapeva - Shimizu, 1999), que procedências originadas do norte da distribuição natural da espécie (Parque Nacional do Itatiaia, RJ, e Bocaina, SP) cresciam mais em altura, até os seis anos de idade, do que as procedências dos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Contudo, aos 23 anos de idade, os resultados mostraram o contrário. As procedências do sul cresceram mais em Ribeirão Branco do que as do norte (Shimizu, 1999). Essa incongruência nos resultados indica que cuidados devem ser tomados na transferência de sementes entre regiões. Com base nos resultados deste estudo, aparentemente, as sementes não devem ser transferidas entre regiões mais do que dois a três graus de latitude.

4.3 Correlações Genéticas

As correlações genéticas mostraram que a seleção em qualquer um dos caracteres de crescimento, aos 18 anos de idade, pode resultar em ganhos indiretos nos demais. As correlações genéticas entre diferentes idades em altura, DAP e volume indicaram que, se a seleção fosse realizada, pelo menos aos cinco anos de idade, existiria a possibilidade de se obter ganhos aos 18 anos. Contudo, tem sido defendido que a seleção precoce não deve preceder a metade da idade de rotação da cultura (Zobel & Talbert, 1984). Isto, em *A. angustifolia* significa entre oito a dez anos de idade.

4.4 Conservação Genética

A. angustifolia encontra-se na lista oficial da FAO (1996) das espécies arbóreas sul-americanas em perigo de extinção. O presente estudo foi estabelecido com o objetivo da conservação *ex situ* da variabilidade genética de populações da espécie. A variação genética detectada entre procedências e progênes indicou que a amostragem realizada foi efetiva para este fim. Entretanto, para manter a taxa de crescimento do banco, é necessária a realização de manejo (desbaste), com a eliminação de parte das árvores ensaiadas. Essa necessidade pode ser combinada com outra prática desejável como a utilização do banco para a produção de sementes com ampla base genética, conforme sugerido por Higa *et al.* (1992). A seleção em baixa intensidade dentro de progênes pode: a) manter parte da base genética amostrada, visto que nenhuma progêne será excluída do banco; b) reduzir o parentesco dentro das subparcelas e, conseqüentemente, a probabilidade de ocorrer endogamia biparental, e c) produzir sementes com ampla base genética para reflorestamentos. Como *A. angustifolia* é espécie dióica, é possível a seleção de plantas de mesmo sexo dentro das subparcelas, impedindo, assim, o cruzamento entre irmãos dentro das subparcelas e forçando o cruzamento entre indivíduos de diferentes subparcelas. No presente ensaio, a seleção será conduzida visando reter as duas melhores plantas de mesmo sexo em cada subparcela. Em 50% das subparcelas, serão selecionadas plantas femininas e nas restantes, plantas masculinas. Como o ensaio está composto por 110 progênes e três repetições, nas 55 progênes de melhor performance serão selecionadas duas plantas femininas, em duas subparcelas e, duas masculinas na subparcela restante. Nas outras 55 progênes de performance inferior serão selecionadas duas plantas masculinas em duas subparcelas e duas plantas femininas na subparcela restante. Esta estratégia de seleção vai manter a base genética ampla, o tamanho efetivo de endogamia otimizado e, teoricamente, fornecer sementes até 10,5% mais produtivas em termos de crescimento em altura, 12,5% em crescimento em DAP e 10,1% em volume.

4.5 Coeficientes de Variação e Herdabilidade

Existe substancial variação genética entre progênies dentro de procedências (TABELA 6), confirmando o potencial do teste para compor programas de conservação e melhoramento genético. Foram detectados altos coeficientes de herdabilidade, demonstrando a possibilidade de se obter ganhos imediatos com a seleção entre e dentro de progênies. Contudo, a despeito das altas herdabilidades, é provável que essas estejam superestimadas por duas razões: primeiramente, as herdabilidades foram estimadas para apenas um ambiente e a variância genética estimada contém uma parte da variação devido a prováveis efeitos da interação genótipo x ambiente, gerando superestimativas na variância genética aditiva, herdabilidades e ganhos na seleção (Namkoong, 1966); em segundo lugar, as estimativas foram obtidas assumindo que as progênies eram de meios-irmãos. Isto pode não ser verdadeiro, apesar da espécie ser dióica e polinizada pelo vento. Em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., uma espécie arbórea tropical dióica polinizada por animais, Moraes *et al.* (2003) detectaram que de 37% a 67% das progênies eram irmãos-completos e o restante meios-irmãos, o que resultou em um coeficiente de coancestria variando de 0,171 a 0,209. Logo, 26,9% a 40,2% superior ao esperado em progênies exclusivamente de meios-irmãos (0,125). Contudo, estudos do sistema de reprodução têm revelado que coníferas polinizadas pelo vento têm menor taxa de cruzamentos correlacionados (El-Kassaby & Jaquish, 1996; Mitton *et al.*, 1997; Ledig *et al.*, 2000, 2001; Perry & Bousquet, 2001) do que espécies folhosas polinizadas por animais, sugerindo que o vento é mais eficiente para gerar cruzamentos aleatórios. Assim, é possível que as progênies do presente estudo não sejam todas meios-irmãos verdadeiros e a proporção de irmãos-completos deve ser baixa (< 20%). Conseqüentemente, isto pode causar poucos efeitos na estimativa dos parâmetros genéticos.

4.6 Melhoramento Genético

Os resultados deste ensaio revelaram considerável variação genética entre e dentro das procedências de *A. angustifolia*, nos caracteres de crescimento. Essa variação pode ser explorada em três níveis: i) seleção das melhores procedências;

ii) seleção das melhores progênies dentro das melhores procedências, e iii) seleção das melhores árvores, dentro das melhores progênies, das melhores procedências. Entretanto, como o presente ensaio é parte do programa de conservação *ex situ* que o Instituto Florestal vem desenvolvendo no sul do Estado de São Paulo, pretende-se apenas selecionar dentro de progênies e manter representantes de todas as progênies de todas as procedências. Uma alternativa prática para combinar conservação genética com a obtenção de ganho pela seleção é a formação de um pomar de sementes clonal de segunda geração, a partir da seleção das melhores árvores, das melhores progênies dentro do ensaio. O esquema de seleção proposto para a formação do pomar de sementes envolve a seleção das 30 melhores progênies do ensaio, sendo nove da procedência Cunha (a melhor), oito da Itapeva e Campos do Jordão, quatro de São Joaquim e uma de Bom Jardim da Serra. Dentro dessas progênies, serão selecionadas e clonadas as duas melhores árvores, uma de cada sexo. O ganho genético esperado na próxima geração, a partir de sementes coletadas no pomar de sementes de segunda geração é de até 21% em altura de plantas, 25,9% em DAP e 20,4% em volume.

A clonagem das árvores selecionadas poderá ser realizada, utilizando-se ramos do tipo ortotrópico (ramos de crescimento vertical), enxertados pelo método “janela aberta” conforme estudo de Kageyama & Ferreira (1975).

5 CONCLUSÕES

1. Existe variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *A. angustifolia* em sobrevivência, altura, DAP e volume. Portanto, existe potencial para a conservação e melhoramento genético. A maior parte da variação encontra-se entre indivíduos dentro de progênies, seguida da variação genética entre progênies e entre procedências.
2. As procedências Cunha e Itararé, do Estado de São Paulo, apresentaram o maior crescimento e a Bom Jardim da Serra, do Estado de Santa Catarina, apresentou o menor, aos dezoito anos de idade.

3. A performance das procedências está negativamente associada à latitude dos seus locais de origem, indicando que procedências de menores latitudes crescem mais em Itapeva, SP.
4. O controle genético dos caracteres é forte e existe a possibilidade de se obter ganhos com a seleção entre e dentro de progênes.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à equipe técnica de apoio a pesquisa da Estação Experimental de Itapeva e Itararé do Instituto Florestal de São Paulo, pela mensuração dos caracteres quantitativos no ensaio, mais especificamente a Carlos Bagdal, Gilson Soares de Guimarães, Valdecir Benedito Ferreira, Sivaldo Alves de Freitas e Waldinei Ferreira. Os autores também agradecem aos dois revisores anônimos pelas correções e sugestões no manuscrito inicial deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULER, N. M. F. *et al.* The genetics and conservation of *Araucaria angustifolia*: genetic structure and diversity of natural populations by means of non-adaptative variation in the state of Santa Catarina, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 239-338, 2002.
- BALDANZI, G.; RITTERSHOFER, F. O.; REISSMAN, C.B. Ensaio comparativo de procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1973, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FIEP, 1973. p. 123-124.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira. Colombo: EMBRAPA/CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- EL-KASSABY, Y. A.; JAQUISH, B. Population density and mating pattern in Western Larch. **Journal of Heredity**, Cary, v. 87, p. 438-443, 1996.
- FAHLER, J. C.; LUCCA, C. M. DI. Variación geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.: informe preliminar a los 5 años. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF, 1980. p. 96-101.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Report of the second session of the FAO panel of experts on forest gene resources**. Rome: Forest Genetic Resources, 1972. 68 p.
- _____. **Panel of experts in forest gene resources. Ninth Session**. Rome, 1996. 64 p.
- GURGEL, J. T. A.; GURGEL FILHO, O. A. Evidências de raças geográficas no pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 33-39, 1965.
- _____. Caracterização de ecótipos, em âmbito nacional para o pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze - Nota Prévia. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 8, p. 127-132, 1973.
- HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V.; CARVALHO, P. E. R. Pomar de sementes por mudas: um método para a conservação *ex situ* de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo, 1992. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 1217-1224. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 4, Edição especial).
- KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Propagação vegetativa por enxertia em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **IPEF**, Piracicaba, v. 11, p. 95-102, 1975.
- _____.; JACOB, W. S. Variação genética entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF, 1980. p. 83-86.

LEDIG, F. T. *et al.* The mating system and genetic diversity in Martinez spruce, an extremely rare endemic of Mexico's Sierra Madre Oriental: an example of facultative selfing and survival in interglacial refugia. **Canadian Journal Forest Research**, Edmonton, v. 30, p. 1156-1164, 2000.

LEDIG, F. T. *et al.* Genetic diversity and the mating system of a rare Mexican piñon, *Pinus pinceana*, and a comparison with *Pinus maximartinezii* (Pinaceae). **American Journal of Botany**, Oklahoma, v. 88, n. 11, p. 1977-1987, 2001.

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

MONTEIRO, R. F. R.; SPELTZ, R. M. Ensaio de 24 procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF, 1980. p. 181-200.

MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Correlated mating in two natural populations of a dioecious species, *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Forest Genetics**, Svolen, 2003. (submetido).

NAMKOONG, G. Inbred effects on estimation of genetic additive variance. **Forest Science**, Washington, D.C., v. 12, p. 8-13, 1966.

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

PERRY, D. J.; BOUSQUET, J. Genetic diversity and mating system of post-fire and post-harvest black spruce: an investigation using codominant sequence-tagged-site (STS) markers. **Canadian Journal Forestry Research**, Edmonton, v. 31, p. 32-40, 2001.

REHFELDT, G. E. **Genetic variation of Douglas-Fir in the northern rocky mountains**. Ogden: United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Experiment Station, 1974. 6 p. (Research Note INT, 184).

_____. Genetic differentiation of Douglas-Fir population from northern rocky mountains. **Ecology**, New York, v. 59, n. 6, p. 1264-1270, 1978.

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide. Version 8 (TSMO)**. Cary: SAS Institute Inc., 1999. 2 v.

SHIMIZU, J. Y. Variação entre procedências de Araucária em Ribeirão Branco (SP) aos vinte e três anos de idade. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 38, p. 89-102, 1999.

_____.; HIGA, A. R. Variação genética entre procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Itapeva-SP, estimada até o 6º ano de idade. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF, 1980. p. 78-82.

_____.; JAEGER, P.; SOPCHAKI, S. A. Variabilidade genética em uma população remanescente de araucária no Parque Nacional do Iguaçu, Brasil. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 41, p. 18-36, 2000.

SOUSA, V. A. **Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 2000. 161 f. Thesis (PhD) - Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen, Göttingen.

TIMONI, J. L. *et al.* Conservação genética da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF, 1980. p. 115-117.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética entre e dentro de procedências e progênes de *Araucaria angustifolia* no sul do Estado de São Paulo.

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

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

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. Raleigh: North Carolina State University, 1984. 496 p.

VARIAÇÃO GENÉTICA EM POPULAÇÕES NATURAIS DE AROEIRA EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO¹

Camila Regina Silva BALERONI²
Patrícia Ferreira ALVES³
Eduardo Breno Ribeiro dos SANTOS³
José CAMBUIM⁴
João Antonio da Costa ANDRADE⁵
Mário Luiz Teixeira de MORAES⁶

RESUMO

A estimativa de parâmetros genéticos em espécies nativas arbóreas é de fundamental importância para subsidiar programas de melhoramento e conservação genética. Assim, estimou-se parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais altura, diâmetro à altura do peito, forma e diâmetro médio da copa em dois sistemas de plantio de aroeira: a) plantio homogêneo, envolvendo populações de Selvíria-MS e Bauru-SP, na forma de testes de progênies, instalados em dezembro de 1987, e b) plantio consorciado: aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) com candiúba (*Trema micrantha*) constituído pelas populações de Selvíria-MS e Aramina-SP, também em forma de testes de progênies, instalados em fevereiro de 1992. Todos os testes estão localizados na FEP-FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. As estimativas de herdabilidade mostraram possibilidades de seleção nas populações de aroeira. Em ambos os sistemas de plantio a maior proporção da variação genética foi encontrada dentro de populações. O plantio consorciado proporcionou menores erros experimentais e uma estimativa de parâmetros genéticos mais robusta, o que recomenda o uso de um consórcio de espécies afins em testes de progênies com espécies arbóreas nativas, principalmente no que se refere à aroeira.

Palavras-chave: *Myracrodruon urundeuva*; conservação genética; teste de progênies; parâmetros genéticos.

ABSTRACT

The estimation of genetic parameters in forest native species is important to supply subsidies in programs of improvement and genetic conservation. Thus, the genetic parameters for silvicultural traits height, DBH, form and average diameter of the canopy was studied in two systems of aroeira plantation: a) the homogeneous plantation, involving populations of Selvíria-MS and Bauru-SP, in form of progeny tests, installed in December, 1987, and b) joined plantation: aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) with candiúba (*Trema micrantha*) constituted by the populations of Selvíria-MS and Aramina-SP, also in form of progeny tests, installed in February, 1992. All the tests are located in the FEP-FEIS/UNESP, in Selvíria-MS. The experimental delineation used was randomized blocks. The estimations of heritability had shown possibilities of selection in the aroeira populations. In both plantation systems the biggest ratio of the genetic variation was found inside of populations. The joined plantation provided minors experimental errors and a more robust estimation of genetic parameters that recommends the use of similar species in progeny tests with native forest species, mainly for aroeira.

Key words: *Myracrodruon urundeuva*; genetic conservation; progeny test; genetic parameters.

(1) Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada em 27/07/03 à Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira e aceita para publicação em novembro de 2003.

(2) Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. E-mail: milbaleroni@ig.com.br (Bolsista da FAPESP).

(3) Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

(4) Fazenda de Ensino e Pesquisa, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

(5) Departamento de Biologia e Zootecnia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

(6) Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies que mais vêm sofrendo interferência humana está a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), espécie arbórea pertencente à família Anacardiaceae que foi descrita como heliófita, seletiva xerófita, característica de terrenos secos e rochosos, ocorrendo em agrupamentos densos, produzindo madeira de alta qualidade utilizada em construções rurais e civis. Ainda que seja encontrada abundantemente no Brasil, não está livre da eliminação de populações inteiras. Para a tentativa de melhorar essa situação vêm sendo desenvolvidos estudos para que se possa garantir a sobrevivência da espécie, o que exige o conhecimento da estrutura genética das populações existentes de forma que possam ser propostas estratégias de conservação. Um dos caminhos é a utilização da genética quantitativa, estimado-se parâmetros genéticos para alguns caracteres silviculturais. No entanto, vêm sendo encontrados alguns obstáculos para se ter conhecimento dessa estrutura devido à complexidade de ecossistemas florestais e ainda existem dificuldades para obtenção de dados e elaboração de bons indicadores para o monitoramento de mudanças causadas pela atividade antrópica (Gandara & Kageyama, 1998).

A variabilidade genética existente em uma população é a ferramenta básica do melhorista e o conhecimento de sua distribuição entre e dentro de famílias de meios-irmãos é de fundamental importância para se definir as estratégias de melhoramento a serem aplicadas à população, sendo necessária a estimativa de parâmetros genéticos e não genéticos (Sebbenn *et al.*, 1999).

Para que os recursos genéticos sejam manejados é importante que se entenda como a variância genética é distribuída e quais os caracteres do meio ambiente ou da espécie que influenciam essa distribuição. Assim, a variação genética entre e dentro de populações de aroeira vem sendo estudada, principalmente, através da análise de caracteres quantitativos, sendo que a maioria dos resultados encontrados até o momento indica que a maior parte da variação genética está dentro de populações, houve pouca entre as populações estudadas. Esses resultados têm grande importância, tanto para a coleta de sementes na amostragem de populações como na condução de programas de conservação genética *in situ* e *ex situ* da aroeira, conforme relatado por Fonseca (2000), ao verificar a variação genética em populações naturais de aroeira em sistema agroflorestal.

A determinação do sistema reprodutivo das espécies florestais nativas, ou a forma como os indivíduos recombina ou não seus genes numa população, deve ser o primeiro passo a ser seguido para o conhecimento genético de uma espécie (Kageyama & Dias, 1982). A forma de reprodução determina, em parte, a estrutura genética espacial e temporal das populações (Hamrick, 1983). Seu conhecimento é de fundamental importância em programas de melhoramento e conservação genética e a adoção de modelos genéticos estatísticos adequados para a estimativa de parâmetros genéticos. Desse modo, observa-se que populações que ocorrem onde a vegetação é mais contínua apresentam taxas menos expressivas de autofecundação, enquanto as populações do ambiente mais fragmentado e com altas pressões antrópicas apresentam valores não desprezíveis de taxas de autofecundação. Isso pode sugerir um aumento gradual de autocompatibilidade genética como estratégia de geração de descendência em ambiente florestal fragmentado (Costa & Scariot, 2003).

O presente trabalho teve por objetivos: a) estimar parâmetros genéticos, para os principais caracteres silviculturais em testes de progênies de populações de aroeira, instalados em dois sistemas de plantio, e b) verificar a distribuição da variação genética entre e dentro de populações de aroeira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As populações de aroeira foram estudadas em dois sistemas de plantio na Fazenda de Ensino e Pesquisa - Campus de Ilha Solteira, no município de Selvíria-MS. O primeiro trata-se de um plantio homogêneo, ou seja, só aroeira no espaçamento de 3 x 3 m. Nesse sistema, foram instalados dois testes de progênies, em dezembro de 1987, envolvendo 28 progênies das populações de aroeira de Bauru - SP e Selvíria - MS, sendo que cada um dos testes possuía três repetições e dez plantas por parcela, na forma linear. O segundo sistema é um plantio consorciado, sendo que a aroeira também foi plantada no espaçamento de 3 x 3 m, porém cada planta ficou no centro de quatro plantas de candiúba (*Trema micrantha*), espécie tida como pioneira, conforme Kageyama *et al.* (1990). Os dois testes de progênies envolvidos neste sistema, correspondem às populações de Aramina - SP e Selvíria - MS. Esses testes de progênies foram instalados em fevereiro de 1992, utilizando-se 25 progênies para cada população, seis repetições e oito plantas por parcela na forma linear. O delineamento experimental utilizado nos testes de progênies, em ambos os sistemas de plantio, foi o de blocos casualizados.

Os caracteres silviculturais avaliados nos testes de progênies, em todas as plantas de cada parcela, foram: a) altura de plantas (ALT), obtida através do Vertex; b) diâmetro à altura do peito (DAP), o qual foi obtido através de medidas realizadas com o paquímetro; c) diâmetro médio da copa (DMC), que foi obtido através da estimativa da média entre as medidas da projeção da copa na linha e nas entrelinhas do plantio; d) sobrevivência (SOB); e) forma do fuste (FF), a qual foi avaliada através de uma escala de notas, variando de 1 (pior qualidade) a 10 (melhor qualidade), e f) circularidade basal (CIB) que corresponde à correlação entre duas medidas perpendiculares do DAP, obtida em nível de parcela.

Os caracteres referentes aos itens “a”, “b” e “c” foram estimados em 2001 e 2002; os referentes aos itens “d” e “e”, apenas em 2001 e o item “f” apenas em 2002.

As estimativas de parâmetros genéticos e estatísticos para os caracteres silviculturais analisados foram obtidas em nível de média de parcelas, baseando-se em Vencovsky & Barriga (1992). Uma análise conjunta envolvendo os dois testes de progênies, em cada sistema de plantio, foi realizada, em nível de média de famílias, para se fazer a comparação entre as populações.

As análises de variância com as fontes de variação e as esperanças dos quadrados médios, referentes às análises individuais e conjuntas são apresentadas nas TABELAS 1 e 2 considerando-se os efeitos de famílias e populações como aleatório.

TABELA 1 – Esquema da análise de variância individual, utilizado na análise de cada um dos caracteres estudados nas duas populações de aroeira, tendo como fonte de variação repetições (R), progênies (P) e o erro (E).

FV	GL	QM	E(QM)	F
Repetições	(r - 1)	Q ₁	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + p\sigma_r^2$	Q ₁ /Q ₃
Progênies	(p - 1)	Q ₂	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$	Q ₂ /Q ₃
Erro entre	(r - 1)(p - 1)	Q ₃	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2$	—
Erro dentro*	(k - 1)pr	Q ₄	σ_d^2	—

(*) Obtido fora da análise de variância, conforme Kageyama (1980).

TABELA 2 – Esquema da análise de variância conjunta, utilizado na análise de cada um dos caracteres estudados, nas duas populações de aroeira, apresentando as seguintes fontes de variação: repetições/populações (R/S), populações (S), progênies/populações (P/S) e o erro médio (E/S).

FV	GL	QM	E(QM)	F**
R/S	(r - 1)s	Q ₁	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + p\sigma_r^2$	Q ₁ /Q ₄
S	(s - 1)	Q ₂	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_{p/s}^2 + p\sigma_r^2 + pr\sigma_s^2$	(Q ₂ +Q ₄)/(Q ₁ +Q ₃)
P/S	(p - 1)s	Q ₃	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_{p/s}^2$	Q ₃ /Q ₄
E/S	(p - 1)(r - 1)s	Q ₄	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2$	—
D*	(k - 1)prs	Q ₅	σ_d^2	—

(*) Obtido fora da análise de variância, conforme Kageyama (1980).

(**) Estimativa obtida com base em Vencovsky & Barriga (1992).

Nas estimativas de parâmetros genéticos considerou-se o sistema reprodutivo da espécie como sendo constituído por dois modelos: a) alogamia, admitindo-se que as progênes de polinização livre foram geradas por cruzamentos aleatórios em uma população sem parentesco e não endogâmica. Os indivíduos dentro de progênes possuem um parentesco de meios-irmãos ($\hat{r}_{xy} = 0,250$) e a relação entre a variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) e a variância genética entre progênes ($\hat{\sigma}_P^2$) foi considerada como

$$\hat{\sigma}_A^2 = \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\hat{r}_{xy}} \quad \therefore \quad \hat{\sigma}_A^2 = 4 \hat{\sigma}_P^2,$$

onde: \hat{r}_{xy} é o coeficiente de correlação intraclasse, e

b) modelo de reprodução mista, supondo que as progênes foram geradas em parte por cruzamentos aleatórios e em parte por cruzamentos biparentais. Também foi assumida a não-ocorrência de parentesco na geração parental e que a taxa de cruzamento foi homogênea para todas as árvores maternas. A variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), nesse caso, foi estimada como:

$$\hat{\sigma}_A^2 = \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\hat{r}_{xy}} \quad \therefore \quad \hat{\sigma}_A^2 = 2,6882 \hat{\sigma}_P^2,$$

onde: $\hat{r}_{xy} = 0,3720$, obtido por Freitas (2003).

A distribuição da variação genética entre e dentro de populações foi obtida com base no trabalho de Hamrick (1976) que propõe relações que dão informações a respeito da variância genética entre e dentro de populações em relação a total: a) $\hat{\sigma}_S^2 / \hat{V}_G$, que corresponde à proporção da variância entre populações ($\hat{\sigma}_S^2$) em relação a total (\hat{V}_G), onde: $\hat{V}_G = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_{p/s}^2 + \hat{\sigma}_s^2$, e b) $\hat{\sigma}_{p/s}^2 / \hat{V}_G + \hat{\sigma}_d^2 / \hat{V}_G$, cuja relação corresponde à proporção da variância dentro de populações em relação a total, onde $\hat{\sigma}_{p/s}^2$ é a variância entre progênes dentro de populações, e $\hat{\sigma}_d^2$ é a variância fenotípica dentro de parcelas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TABELA 3, encontram-se as estimativas de média, índice de variação (IV) e do teste F, para o sistema de plantio homogêneo, onde se pode verificar que a aroeira apresentou, em ambas as populações, uma sobrevivência superior a 82%. Quanto ao desempenho de campo, a população de Bauru apresentou maior desenvolvimento em quase todos os caracteres silviculturais estudados em relação à população de Selvíria, porém não foram encontradas diferenças significativas entre as populações (TABELA 9). Tais resultados, demonstram que a influência microambiental foi maior na população de Bauru. Cestare (2000), nessas mesmas populações, obteve uma média de ALT aos doze anos e meio de 7,64 m e 8,80 m para as populações de Selvíria e de Bauru, respectivamente.

Nas análises individuais apenas o DMC, na população de Selvíria, apresentou diferença significativa entre progênes. Quanto à forma, a espécie apresentou médias muito baixas sendo 4,32 para a população de Selvíria e 4,85 para a população de Bauru. Isto reflete o grande número de bifurcações e tortuosidade do fuste.

Na TABELA 4, são apresentados os resultados do sistema consorciado onde se pode verificar que a população de aroeira de Aramina-SP apresentou maiores médias para os caracteres silviculturais em relação à população de Selvíria. Os valores do índice de variação foram baixos para sobrevivência nas duas populações. Isso se deve à baixa mortalidade de plantas, dada a rusticidade que esta planta apresenta. Tal fato é relatado por Nogueira (1977), que comenta sobre a rebrota da aroeira em pastagens.

Nas análises individuais verifica-se que houve diferença significativa para os caracteres silviculturais DAP, FF e DMC (Selvíria) e para FF (Aramina).

Quanto à forma, a espécie apresentou médias de 5,43 para a população de Selvíria e 5,87 para a população de Aramina. Freitas (1999) detectou diferenças significativas entre progênes para a forma em uma população de aroeira oriunda de Petrolina-PE aos quatro anos e meio de idade.

TABELA 3 – Médias, índices de variação (IV) e teste F de progênies para os caracteres: altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), forma do fuste (FF), diâmetro médio da copa (DMC), sobrevivência (SOB) e circularidade basal (CIB), em duas populações de aroeira no sistema de plantio homogêneo, aos 13,5 (2001) e 14,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Ano da Avaliação	Caracteres	Populações					
		Selvíria-MS			Bauru-SP		
		Média	IV ² (%)	F (prog.)	Média	IV ² (%)	F (prog.)
2001	ALT (m)	9,35	9,91	1,00	9,00	8,37	1,47
	DAP (cm)	7,83	9,24	0,96	9,05	8,59	1,51
	FF	4,32	10,47	0,74	4,85	9,56	1,06
	DMC (m)	3,37	6,04	2,20*	3,54	7,81	0,86
	SOB (%) ¹	83,21	5,27	0,95	82,26	5,91	0,71
2002	ALT (m)	9,59	9,00	1,46	9,65	10,08	1,05
	DAP (cm)	9,93	9,19	1,04	11,04	10,29	1,15
	DMC (m)	3,75	6,70	1,99*	3,88	8,28	0,87
	CIB	0,89	6,55	0,54	0,85	11,55	0,49

(1) Dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$ para efeito de análise estatística.(2) Índice de variação $IV = CV_{\text{exp}} / \sqrt{r}$, conforme Gomes (1991), onde: CV_{exp} é o coeficiente de variação experimental e r é o número de repetições.

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

TABELA 4 – Médias, índices de variação (IV) e teste F de progênies para os caracteres altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), forma do fuste (FF), diâmetro médio da copa (DMC), sobrevivência (SOB) e circularidade basal (CIB), em duas populações de aroeira no sistema de plantio consorciado, aos 9,5 (2001) e 10,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Ano da Avaliação	Caracteres	Populações					
		Selvíria-MS			Aramina-SP		
		Média	IV ² (%)	F (prog.)	Média	IV ² (%)	F (prog.)
2001	ALT (m)	4,80	7,10	1,30	5,30	5,58	0,97
	DAP (cm)	5,65	6,41	2,09*	6,08	6,45	0,81
	FF	5,43	5,68	1,71**	5,87	5,65	2,20**
	DMC (m)	2,31	6,48	2,18*	2,41	6,94	1,18
	SOB (%) ¹	96,79	1,75	1,24	97,25	1,59	1,28
2002	ALT (m)	5,16	6,92	1,66	5,62	7,41	0,95
	DAP (cm)	5,82	7,01	1,78	6,18	8,11	0,75
	DMC (m)	2,60	5,75	1,63	2,76	9,68	1,32
	CIB	0,97	4,46	2,19**	0,97	1,24	0,86

(1) Dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$ para efeito de análise estatística.(2) Índice de variação $IV = CV_{\text{exp}} / \sqrt{r}$, conforme Gomes (1991), onde: CV_{exp} é o coeficiente de variação experimental e r é o número de repetições.

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

Carvalho (1994), trabalhando com algumas espécies arbóreas, concluiu que as espécies nativas apresentaram comportamento satisfatório quando usadas em plantio puro em pleno sol, em solos férteis, porém com forma inadequada; já o plantio misto associado com espécies pioneiras e secundárias possibilitou melhor forma de fuste e crescimento mais rápido. A circularidade basal, ou seja, a correlação entre as mensurações do diâmetro feita em nível do DAP, apresentou, no caso dos testes de progênies em plantio consorciado, estimativas próximas a unidade. Isso significa que o fuste das árvores de aroeira do sistema consorciado apresenta-se próximo de uma circunferência e o do sistema homogêneo mais próximo de uma elipse. Em termos de qualidade da madeira é provável que a madeira que advirá do plantio consorciado seja de melhor qualidade.

Na TABELA 5 são apresentados os coeficientes de variação e a razão “b”, que corresponde à relação entre o CV_g/CV_{exp} , para os testes de progênies no sistema de plantio homogêneo. Desse modo, verifica-se que o coeficiente de variação genética apresentou maiores estimativas na população de Selvíria em relação à de Bauru, este que é considerado um parâmetro de extrema importância no entendimento da estrutura genética de uma população por mostrar a quantidade de variação existente entre progênies e obviamente permitir as estimativas de ganhos genéticos (Kageyama, 1980). Os resultados indicam haver mais variação entre progênies na população de Selvíria no sistema homogêneo. Segundo Futuyama (1992) quanto mais distanciadas estão as populações, mais diferentes elas são em frequências alélicas nos caracteres fenotípicos de base genética, embora não haja, frequentemente, uma correlação restrita.

TABELA 5 – Estimativas dos coeficientes de variação dentro de progênies (CV_d); do erro entre parcelas (CV_e); genéticas (CV_g); fenotípica, em nível de plantas (CV_f); fenotípica, em nível de média ($CV_{\bar{F}}$) coeficiente “b” para os caracteres silviculturais, envolvendo duas populações de aroeira no sistema de plantio homogêneo, aos 13,5 (2001) anos e 14,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Pop.	Ano da Avaliação	Caracteres	CV_d (%)	CV_g (%)	CV_e (%)	CV_f (%)	$CV_{\bar{F}}$ (%)	\hat{b}
Selvíria-MS	2001	ALT (m)	16,55	0,63	16,15	23,13	9,93	0,04
		DAP (cm)	38,61	9,08	32,00	2,14	0,79	2,28
		FF	35,79	8,26	0,07	4,43	0,37	0,10
	2002	DMC (m)	23,68	6,62	6,31	25,38	8,97	0,63
		ALT (m)	17,62	6,09	14,26	23,47	10,87	0,39
		DAP (cm)	28,26	1,91	12,38	30,91	9,39	0,12
		DMC (m)	22,78	6,68	8,36	25,17	9,46	0,58
Bauru-SP	2001	ALT (m)	16,50	5,73	18,89	21,79	10,14	0,39
		DAP (cm)	31,49	6,12	9,75	33,52	10,52	0,41
		FF	32,18	2,36	11,98	34,42	9,85	0,14
	2002	DMC (m)	22,09	nc	11,01	24,51	7,25	nc
		ALT (m)	17,55	2,29	16,10	23,93	10,34	0,13
		DAP (cm)	26,96	3,97	15,01	31,11	11,03	0,22
		DMC (m)	20,87	nc	12,26	24,02	7,72	nc

nc – não calculado devido à presença de variância negativa.

Para o plantio consorciado (TABELA 6) a população de aroeira de Selvíria apresentou maiores valores de CV_g para os caracteres silviculturais em relação à população de Aramina, da qual não foi possível estimar o CV_g para os caracteres ALT e DAP devido às variâncias negativas. É necessário o acompanhamento dos dados de idades adultas para uma maior segurança das estimativas. A presença de estimativas negativas ocasionou problemas para uma perfeita

interpretação dos parâmetros genéticos, da mesma forma que ocorreu com Oliveira *et al.* (2000) em uma população de aroeira consorciada com outras espécies e Sturion *et al.* (1994) em progênies de bracatinga. Análises feitas por Siqueira *et al.* (1993) constataram que, apesar de possuírem dados de 13 anos de idade do cumbaru, existe a necessidade de prolongar os testes de conservação dos recursos genéticos para que se conheça melhor a estrutura genética das populações.

TABELA 6 – Estimativas dos coeficientes de variação dentro de progênies (CV_d); do erro entre parcelas (CV_e); genéticas (CV_g); fenotípica, em nível de plantas (CV_f); fenotípica, em nível de média ($CV_{\bar{f}}$) coeficiente “b” para os caracteres silviculturais, envolvendo duas populações de aroeira, no sistema de plantio consorciado, aos 9,5 (2001) e 10,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Pop.	Ano da Avaliação	Caracteres	CV_d (%)	CV_g (%)	CV_e (%)	CV_f (%)	$CV_{\bar{f}}$ (%)	\hat{b}
Selvíria-MS	2001	ALT (m)	21,79	3,90	15,51	27,03	8,10	0,22
		DAP (cm)	40,79	6,70	4,33	41,56	9,28	0,43
		FF	29,63	4,79	4,33	41,56	9,26	0,43
		DMC (m)	25,56	7,03	12,95	29,51	9,56	0,44
	2002	ALT (m)	23,39	5,62	14,66	28,17	8,92	0,33
		DAP (cm)	27,10	6,17	13,91	31,08	9,34	0,35
		DMC (m)	25,65	4,56	10,52	28,10	7,34	0,32
Aramina-SP	2001	ALT (m)	46,26	nc	nc	45,27	5,51	nc
		DAP (cm)	24,32	nc	13,10	27,48	5,79	nc
		FF	27,55	6,19	10,41	30,10	8,38	0,45
		DMC (m)	6,32	2,90	nc	56,67	7,52	0,17
	2002	ALT (m)	21,49	nc	16,40	26,99	7,24	nc
		DAP (cm)	25,48	nc	17,57	8,11	7,03	nc
		DMC (m)	21,85	5,44	22,20	30,62	11,05	0,23

nc – não calculado devido à presença de variância negativa.

Os valores de CV_g encontrados para altura podem ser comparados com os encontrados para cumbaru por Siqueira *et al.* (1993) e para os de aroeira encontrados por Fonseca (2000), sendo superiores aos encontrados para ipê-roxo por Ettori *et al.* (1996). Oliveira (1999) trabalhando com uma população de aroeira proveniente de Paulo de Faria-SP encontrou, aos dois anos, CV_g de 6,62% e de 6,77%, para a altura e o DMC, respectivamente, em um teste de progênie de aroeira consorciada com angico e mutambo. Para Sebbenn *et al.* (1998) um coeficiente de variação genética acima de 7% é considerado alto. Moraes (1992), estudando as populações do sistema de plantio homogêneo, obteve um coeficiente de variação genético de 5,23% para a população de Bauru-SP e 1,70% para a população de Selvíria-MS.

No plantio homogêneo (TABELA 5) a população de Selvíria apresentou um “coeficiente” \hat{b} mais alto que a população de Bauru. O caráter silvicultural que apresentou o melhor valor para o “coeficiente” \hat{b} foi o DAP para as duas populações. Esse caráter pode ser usado para obter os melhores genótipos.

Na TABELA 6 pode ser observado o coeficiente “b” do plantio consorciado que indica o DMC com maiores possibilidades de ganho com seleção na população de Selvíria e a forma do fuste na população de Aramina.

As estimativas de CV_g citadas por Sampaio & Venturieri (1990) para *Copaifera multijuga* (30,65%), *Hymenaea courbaril* (27,50%), *Apuleia leiocarpa* (16,94%) e *Hymenobolium* sp. (23,50%),

foram mais altas do que os valores obtidos para altura nas populações avaliadas no presente trabalho. A explicação para valores altos pode estar associada ao fato de que mais de uma população pode ter sido incluída na hora da amostragem (Vitti *et al.*, 1992). Em espécies florestais se torna difícil a definição do tamanho da população e da área a ser amostrada, isso porque algumas populações abrangem áreas muito variáveis.

A expressão da variação entre plantas dentro de progênies, determinada pelo coeficiente de variação dentro de progênies (CV_d), variou de média a alta para a maioria dos caracteres estudados. Isto é altamente relevante para a conservação genética da espécie, visto que sua eficiência é definida pela variação genética entre populações, entre progênie dentro de populações e entre indivíduos dentro de progênies.

Considerando que três quartos da variância genética aditiva estão dentro das progênies este é o nível hierárquico populacional que contém a maior parte da variância genética responsável pela semelhança entre pais e filhos de uma população.

Altos CV_d indicam uma maior facilidade na conservação de uma população, além de favorecerem, no caso de melhoramento, a seleção de indivíduos superiores dentro de progênies, (Sebbenn *et al.*, 1999). Os resultados encontrados para as populações estudadas foram similares às estimativas feitas para outras espécies como *Myracrodruon urundeuva* (Oliveira, 1999 e Freitas, 1999), *Astronium fraxinifolium* (Fonseca, 2000) e *Jacaranda cuspidifolia* (Aguiar, 2001).

Nas TABELAS 7 e 8 verifica-se que esses dados confirmam que a seleção, neste caso, deve-se basear na herdabilidade estimada para o sistema misto, onde o controle da variação fenotípica tem maior efeito genético, permitindo maior sucesso na seleção (Freitas, 2003). Esse mesmo autor e Sebbenn *et al.* (2001) encontraram resultados semelhantes. Desse modo, os ganhos genéticos com seleção seriam superestimados, com valores consideráveis quando não se leva em consideração o sistema reprodutivo misto para a espécie (Costa & Scariot, 2003). Tal fato foi evidenciado em populações de *Hevea brasiliensis* por Costa *et al.* (2000).

TABELA 7 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade, no sentido restrito, para os caracteres silviculturais em duas populações de aroeira no sistema de plantio homogêneo, aos 13,5 (2001) e 14,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Caracteres	Ano da Avaliação	Populações									
		Selvíria-MS					Bauru-SP				
		\hat{h}^2	$\hat{h}^2_{(SM)}$	\hat{h}^2_m	\hat{h}^2_d	$\hat{h}^2_{D(SM)}$	\hat{h}^2	$\hat{h}^2_{(SM)}$	\hat{h}^2_m	\hat{h}^2_d	$\hat{h}^2_{D(SM)}$
ALT (m)	2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,19	0,32	0,36	0,24
DAP (cm)		nc	nc	nc	nc	nc	0,13	0,09	0,34	0,11	0,08
FF		nc	nc	nc	nc	nc	0,02	0,01	0,06	0,02	0,01
DMC (m)	2002	0,27	0,18	0,55	0,23	0,16	nc	nc	nc	nc	nc
ALT (m)		0,27	0,18	0,31	0,36	0,24	0,04	0,02	0,05	0,05	0,03
DAP (cm)		0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,07	0,04	0,13	0,07	0,04
DMC (m)		0,28	0,19	0,50	0,26	0,17	nc	nc	nc	nc	nc

Onde: \hat{h}^2 : herdabilidade em nível de plantas, $\hat{h}^2_{(SM)}$: herdabilidade em nível de plantas, em sistemas mistos de cruzamento; \hat{h}^2_m : herdabilidade em nível de médias; \hat{h}^2_d : herdabilidade em nível de plantas dentro de progênies; $\hat{h}^2_{D(SM)}$: herdabilidade em nível de plantas dentro de progênies, em sistemas mistos de cruzamento; nc: não calculado devido a presença de variância negativa.

TABELA 8 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade, no sentido restrito, para os caracteres silviculturais, nas populações de aroeira no sistema de plantio consorciado, aos 9,5 (2001) e 10,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Caráter	Ano da Avaliação	Populações									
		Selvíria-MS					Aramina-SP				
		\hat{h}^2	$\hat{h}_{(SM)}^2$	\hat{h}_m^2	\hat{h}_d^2	$\hat{h}_{D(SM)}^2$	\hat{h}^2	$\hat{h}_{(SM)}^2$	\hat{h}_m^2	\hat{h}_d^2	$\hat{h}_{D(SM)}^2$
ALT (m)	2001	0,08	0,06	0,03	0,10	0,06	0,00	0,00	nc	0,00	0,00
DAP (cm)		0,10	0,07	0,52	0,18	0,15	nc	nc	nc	nc	nc
FF		0,09	0,06	0,02	0,08	0,05	0,17	0,15	0,55	0,15	0,10
DMC (m)		0,23	0,15	0,04	0,23	0,15	0,01	0,01	0,15	0,01	0,00
ALT (m)	2002	0,16	0,11	0,40	0,17	0,12	nc	nc	nc	nc	nc
DAP (cm)		0,16	0,11	0,44	0,16	0,10	nc	nc	nc	nc	nc
DMC (m)		0,11	0,07	0,39	0,09	0,06	0,12	0,08	0,24	0,19	0,12

Onde: \hat{h}^2 : herdabilidade em nível de plantas; $\hat{h}_{(SM)}^2$: herdabilidade em nível de plantas, em sistemas mistos de cruzamento; \hat{h}_m^2 : herdabilidade em nível de médias; \hat{h}_d^2 : herdabilidade em nível de plantas dentro de progênies; $\hat{h}_{D(SM)}^2$: herdabilidade em nível de plantas dentro de progênies, em sistemas mistos de cruzamento; nc: não calculado devido à presença de variância negativa.

As estimativas da variância entre populações, entre famílias dentro de populações, dentro de parcelas, obtidas na análise conjunta, para cada um dos caracteres estudados, serviram de base para o cálculo da proporção da variabilidade genética entre e dentro de populações (TABELAS 9 e 10).

Em relação aos valores do teste F apenas o caráter forma apresentou significância entre as populações no sistema de plantio consorciado. A proporção da variação genética entre populações ($\hat{\sigma}_s^2 / \hat{V}_G$) foi baixa para a maioria dos caracteres em ambos os sistemas de plantio, com uma média geral igual a 0,0635 no sistema homogêneo e -0,0189 no consorciado. Em relação à proporção da variação genética dentro de populações

$[\hat{\sigma}_{p/s}^2 / \hat{V}_G + \hat{\sigma}_d^2 / \hat{V}_G]$, verifica-se que a porção da $\hat{\sigma}_{p/s}^2 / \hat{V}_G$ foi 1,44% e 1,63% para os sistemas homogêneo e consorciado, respectivamente. Portanto a relação $\hat{\sigma}_d^2 / \hat{V}_G$ indicou uma maior variação dentro das populações, 92,22% no sistema homogêneo e 98,37% no consorciado; resultado que vem sendo observado quando se trata de espécies nativas. Moraes (1992), estudando as populações de Bauru e Selvíria, aos 3,5 anos, detectou uma maior variação dentro das populações 97,26%. Reis (1999), estudando a distribuição da variação genética em populações de aroeira oriundas de Paulo de Faria e Selvíria, por marcadores moleculares, detectou 97,1% da variação dentro de populações e 2,9% entre populações.

TABELA 9 – Estimativas do valor do teste F entre populações e da distribuição da variância genética entre e dentro, obtidas na análise conjunta para os caracteres silviculturais, nas populações de aroeira no sistema de plantio homogêneo, aos 13,5 (2001) e 14,5 (2002) anos, em Selvíria–MS.

Ano da Avaliação	Caracteres	F* (pop.)	Variação Genética		
			Entre	Dentro	
			$\hat{\sigma}_S^2 / \hat{V}_G$	$\hat{\sigma}_{P/S}^2 / \hat{V}_G$	$\hat{\sigma}_D^2 / \hat{V}_G$
2001	ALT (m)	2,685	0,1525	0,0433	0,8042
	DAP (cm)	5,959	0,0550	0,0155	0,9295
	FF	6,127	0,0504	0,0067	0,9973
	DMC (m)	0,601	-0,0040	-0,0080	0,9576
2002	ALT (m)	1,931	0,0971	0,0653	0,8376
	DAP (cm)	1,600	0,0283	0,0131	0,9586
	DMC (m)	0,460	-0,0173	0,0351	0,9822
Média			0,0635 (6,35%)	0,0144 (1,44%)	0,9222 (92,22%)

(*) Para efeito de populações na análise conjunta; estimado pelo método de Satherthwaite, citado por Vencovsky & Barriga (1992).

TABELA 10 – Estimativas do valor do teste F entre populações e da distribuição genética entre e dentro, obtidas na análise conjunta para os caracteres silviculturais, nas populações de aroeira no sistema de plantio consorciado, aos 9,5 (2001) e 10,5 (2002) anos, em Selvíria–MS.

Ano da Avaliação	Caracteres	F ¹ (pop.)	Variação genética		
			Entre	Dentro	
			$\hat{\sigma}_S^2 / \hat{V}_G$	$\hat{\sigma}_{P/S}^2 / \hat{V}_G$	$\hat{\sigma}_D^2 / \hat{V}_G$
2001	ALT (m)	0,949	-0,0020	0,0060	0,9960
	DAP (cm)	0,596	-0,0282	0,0239	1,0043
	FF	0,543*	0,0297	0,0056	0,9987
	DMC (m)	0,319	-0,0043	0,0363	0,9340
2002	ALT (m)	0,540	-0,0671	0,0251	1,0420
	DAP (cm)	0,320	-0,0562	0,0133	1,0429
	DMC (m)	1,310	-0,0046	0,0061	0,9985
Média			-0,0189 (0%) ²	0,0166 (1,63%)	1,0023 (98,37%)

(1) Para efeito de populações na análise conjunta; estimado pelo método de Satherthwaite, citado por Vencovsky & Barriga (1992).

(2) Valores entre parênteses foram calculados em função do total da estimativa da variância genética dentro (1,0189 = 100%).

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

4 CONCLUSÕES

A variação genética para os caracteres estudados, permite que estas populações façam parte de um programa de conservação genética *ex situ*.

Em ambos os sistemas de plantio a maior proporção da variação genética foi encontrada dentro de populações. A população de Selvíria apresenta uma maior divergência genética em relação à população de Bauru do que em relação à de Aramina.

O consórcio com a candiúba mostrou-se eficiente para o desenvolvimento da aroeira, desempenhando um papel importante principalmente na melhora da forma do fuste, o que é almejado comercialmente.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo auxílio na forma de bolsa e custeio no desenvolvimento da pesquisa.

Aos técnicos de campo Manuel F. R. Bonfim, Alonso A. da Silva e Vanderley G. Gonçalves pelo auxílio na coleta de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. V. **Variação genética em progênies de *Astronium fraxinifolium* Schott e *Jacaranda cuspidifolia* Mart. em consórcio.** 2001. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira.** Colombo: EMBRAPA/CNPq; Brasília, DF: EMBRAPA – SPI, 1994. 640 p.
- CESTARE, M. A. **Variação genética e aplicação do coeficiente de repetibilidade em populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.** Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2000. 45 p. (Relatório - FAPESP).
- COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; GONÇALVES, P. S. Selection and genetic gain in populations of *Hevea brasiliensis* with a mixed mating system. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 3, p. 671-679, 2000.
- COSTA, R. B.; SCARIOT, A. A fragmentação florestal e os recursos genéticos. In: COSTA, R. B. (Org.). **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste.** Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco - UCDB, 2003. cap. 3, p. 53-74.
- ETTORI, L. C. *et al.* Variabilidade genética de ipê-roxo - *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. - para conservação “*ex situ*”. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 61-74, 1996.
- FONSECA, A. J. **Variação genética em populações naturais de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) Anacardiaceae - em sistema agroflorestal.** 2000. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.
- FREITAS, M. L. M. **Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) Anacardiaceae em diferentes sistemas de plantio.** 1999. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.
- _____. **Caracterização genética de população de *Myracrodruon urundeuva* F.F. Allemão a partir de marcador fAFLP e caracteres quantitativos para conservação *in situ* e *ex situ*.** 2003. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- FUTUYAMA, D. J. **Biologia evolutiva.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 631 p.
- GANDARA, F. B.; KAGEYAMA, P. Y. Indicadores de sustentabilidade de florestas naturais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 31, p. 79-84, 1998.
- GOMES, F. P. **O índice de variação, um substituto vantajoso do coeficiente de variação.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, 1991. 4 p. (Circular Técnica IPEF, 18).
- HAMRICK, J. L. The distribution of genetic variation within and among natural plant population. In: SCHONEWALD-COX, C. *et al.* (Ed.). **Genetics and conservation.** Menlo Park: Benjamin Cummings Publishing, 1983. p. 335-34.
- _____. Variation and selection in western montane species II. Variation within and between populations of white fir an elevational transect. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 47, p. 27-34, 1976.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.** 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____.; DIAS, I. S. Aplicação de genética em espécies florestais nativas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 782-791. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v.16A, pt. 2, Edição especial).

_____.; BIELLA, L. C.; PALERMO, A. J. 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 - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1990. p. 109-18.

MORAES, M. L. T. **Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres quantitativos em duas populações naturais de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão - Anacardiaceae (Syn: *Astronium urundeuva* (Fr. Allemão) Engler).** 1992. 139 f. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

NOGUEIRA, J. C. B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas.** São Paulo: Instituto Florestal, 1977. 74 p. (Bol. Técn. IF, 24).

OLIVEIRA, S. A. **Variação genética em progênie de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo.** Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 1999. 63 p. (Trabalho de graduação).

_____. *et al.* Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I - Aspectos silviculturais. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 155-166, 2000.

REIS, A. M. M. **Distribuição da variabilidade genética em aroeira (*Myracrodruon urundeuva* - Anacardiaceae) por marcadores moleculares RAPD e polimorfismo de sequência de cpDNA.** 1999. 105 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

SAMPAIO, P. T. B.; VENTURIERI, G. A. Variação genética entre e dentro de progênies de quatro espécies de leguminosas: *Copaifera multijuga*, *Hymenaea courbaril*, *Apuleia leiocarpa* e *Hymenolobium* sp. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1990. v. 3, p. 633-635.

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de procedências de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 65-73, 1999.

SEBBENN, A. M. *et al.* Parâmetros genéticos da cabreúva-*Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, 1998.

SEBBENN, A. M. *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, p. 99-113, 2001.

SIQUEIRA, A. C. M. De F.; NOGUEIRA, J. C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cumbaru (*Dipteryx alata*) Vog.-Leguminosae. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 231-43, 1993.

STURION, J. A. *et al.* Variação genética e seleção para características de crescimento em testes de progênies de *Mimosa scabrella* var. *aspiricarpa*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 73-83, 1994.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

VITTI, A. P. *et al.* Estrutura genética em populações de *Cecropia cinerea* e *Esenbeckia leiocarpa* plantadas segundo a sucessão secundária. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992. São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 1209-1212. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 4, Edição especial).

VARIAÇÃO GENÉTICA EM PROGÊNIOS DE GONÇALO-ALVES (*Astronium fraxinifolium*) EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO¹

Cidinei Santos de SOUZA²
Ananda Virgínia de AGUIAR³
Alexandre Marques da SILVA⁴
Mario Luiz Teixeira de MORAES⁵

RESUMO

A variação genética em uma população de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) foi avaliada em dois sistemas de plantios. O primeiro experimento (consorciado) foi instalado em 19 de janeiro de 1995, sob um povoamento de *Pinus kesiya*. Já o segundo, homogêneo, foi instalado em 4 de abril de 1995, na Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS/UNESP, em Selvíria-MS. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos completos casualizados, com 30 progênies, 3 repetições e 5 plantas/parcela no ensaio consorciado, e 28 progênies, 4 repetições e 10 plantas/parcela, com espaçamento de 3,0 x 2,25 m, no ensaio homogêneo. O local de implantação das progênies de gonçalo-alves, no ensaio consorciado, foi em uma área desbastada aleatoriamente de *P. kesiya* com 11 anos de idade, que apresentava uma população e espaçamento inicial de 10 plantas/parcela. Esse desbaste foi realizado aos 10 anos de idade. Os caracteres avaliados foram: altura total das plantas (ALT), diâmetro médio da copa (DMC), forma do fuste (FOR), altura do fuste (ALF), diâmetro do fuste a 30 cm do solo (DA3). As progênies de gonçalo-alves do experimento consorciado apresentam maior variabilidade genética do que as do experimento homogêneo. Já a condição de sistema de plantio homogêneo foi a mais viável para o desenvolvimento da espécie. Assim, avaliações em idades mais avançadas seriam necessárias para verificar o comportamento dessa espécie em relação à expressão da variabilidade genética e seu desenvolvimento nos dois sistemas de plantio. Os caracteres altura total e diâmetro médio da copa foram indicados para se basear na escolha das melhores plantas de gonçalo-alves.

Palavras-chave: variação genética; sistema de plantio; teste de progênies; população natural; conservação genética.

ABSTRACT

The genetic variation of gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) population was evaluated in two planting systems. The first one (consortium) was set up on 19 January, 1995 under a *Pinus kesiya* population. The second one was set up on 4 April, 1995 at the Teaching and Research Farm at the Engineering Faculty - Ilha Solteira Campus/UNESP, located in the municipality of Selvíria, MS. The statistical design used was the complete randomized block with 30 progenies, 3 replications and 5 plants per plot on experiment consortium, and 28 progenies, 4 replications and 10 plants per plot in homogeneous experiment, with spacing of 3.0 x 2.25 meters. The place for setting up gonçalo-alves progenies, on trial consortium, was an area randomly cut off of *Pinus kesiya* with 11 years old, which presented a population of 10 plants/plot and spacing of 2.0 x 2.5 meters. This paring was performed at 10 years old. The traits evaluated were: plants total height (ALT), medium diameter of the top (DMC), stem form (FOR), stem high (ALF) and stem diameter at 30 cm from soil (DA3). Gonçalo-alves progenies of experiment consortium showed larger genetic variability than the homogeneous experiment. However, evaluations would be necessary, at more advanced ages, concerning to the genetic variability and its development in two planting systems. On the other hand, the condition of homogeneous planting system was more viable to the species development. The traits plant total height and medium diameter of top were indicated as basis to choose the best gonçalo-alves plants.

Key words: planting system; genetic variation; progenies test; natural population; genetic conservation.

(1) Trabalho de graduação do primeiro autor apresentado à FEIS-UNESP/Ilha Solteira. Aceito para publicação em dezembro de 2003. (Apoio financeiro CNPq).

(2) Av. Brasil Centro, 56, 15.385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

(3) Universidade Federal de Goiás, Antiga rodovia Goiânia-Nova-Veneza, Campus Samambaia, Departamento de Genética e Melhoramento de Plantas, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 74001-970, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: anandav@bol.com.br

(4) Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15.385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

(5) Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15.385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: teixeira@agr.feis.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

A destruição das florestas nativas pelo homem vem ocorrendo há várias décadas, sem a preocupação com prejuízos futuros. Essa destruição ocorreu, principalmente, pelas necessidades do homem em utilizar a madeira como matéria-prima na construção civil e naval, na marcenaria, na fabricação de ripas, caibros, estacas, mourões, e na sua utilização como fonte de energia. Essa destruição também está relacionada à expansão da fronteira agrícola.

Ribeiro & Silva (1996) citam que o grande desafio para manutenção e recuperação da biodiversidade do bioma cerrado está na seleção de genótipos das espécies “fitossociologicamente” companheiras para diferentes sistemas de plantio. O cultivo associado entre espécies visa conhecer os diferentes comportamentos entre elas, permitindo que se chegue a um modelo de plantio consorciado favorável. Se houver boa rentabilidade e sustentabilidade no uso de espécies nativas, o produtor naturalmente deverá adotá-las. Infelizmente, estudos sobre plantios consorciados com espécies do cerrado ainda são praticamente ausentes.

Kanashiro (1992) afirma que os ensaios comparativos de espécies são o ponto básico e inicial para um programa de silvicultura, tanto de espécies nativas quanto exóticas, sendo uma fase em que se inclui muitas espécies de interesse econômico e/ou ecológico, uma vez que estes ensaios devem informar quanto ao comportamento, crescimento e adaptação das espécies. Quando se desconhece totalmente a ecologia das espécies é muito importante que essas avaliações sejam feitas em diferentes sistemas silviculturais (plantio homogêneo e heterogêneo), para que as espécies não sejam descartadas precocemente de um determinado programa de pesquisa.

A utilização de espécies nativas em reflorestamento possibilita a manutenção de sua variabilidade através da implantação e manejo de povoamentos puros e mistos, conservando espécies potenciais na forma *in situ* e *ex situ*, preservando, dessa forma, seu papel ecológico. Assim, para que tais ensaios sejam implantados de forma correta, é necessária a compreensão de estrutura genética das populações e das interações do ecossistema.

Além disso, deve-se considerar o tamanho efetivo das populações, a distribuição geográfica das espécies, os mecanismos de polinização e dispersão de sementes e o tipo de comunidade em que a espécie ocorre (Hamrick, 1983).

As espécies arbóreas da família Anacardiaceae têm uma grande importância na reconstrução das florestas nativas, pois, são de ampla ocorrência no Brasil, sendo encontradas em vários habitats, e utilizadas de diversas formas como para alimentação, paisagismo, extração de tanino, verniz, madeireiro e medicina. Dentro da família Anacardiaceae, a espécie *Astronium fraxinifolium* Schott tem um grande valor econômico, pois sua madeira é muito utilizada nas construções civil e naval, marcenarias, confecção de dormentes, corrimão, balaústres, mancais, esteios, rodas hidráulicas, portas de fino acabamento e, pelo seu porte médio (8-12 m de altura) e graciosidade de sua copa, é muito utilizada para o paisagismo em geral (Lorenzi, 1992). Sua madeira é muito pesada (densidade 1,09 g/cm³), compacta, rija e de grande durabilidade sob condições naturais (Lorenzi, 1992). *A. fraxinifolium* possui um padrão de distribuição agrupada e um grande poder de auto-regeneração, o que deve permitir a renovação dos indivíduos e perpetuação da espécie (Martins Netto, 1993).

Gurgel Garrido *et al.* (1997) afirmaram que uma maneira de se obter melhor desenvolvimento de algumas espécies é plantá-las em consórcio com outras espécies. Esses mesmos autores, trabalhando com aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), consorciada com *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*, citam que essa interação é benéfica ao desenvolvimento da aroeira em altura, devido ao efeito de sombreamento. Assim, o sub-bosque de *Pinus* passa a ser viável ao plantio de algumas espécies arbóreas.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade genética de uma população natural de gonçalo-alves, para os principais caracteres silviculturais, além de verificar o desenvolvimento desta espécie em plantio homogêneo e consorciado sob um teste de progênes de *Pinus kesiya* Royle ex Gordon, desbastado aleatoriamente com uma intensidade de 50%, após dez anos de campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Para este estudo foram coletadas sementes em uma população de gonçalo-alves (*A. fraxinifolium*) representada por 30 árvores de polinização livre, localizada às margens da rodovia BR 158, num percurso de 7.150 m, no município de Selvíria-MS, em setembro de 1994.

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia da UNESP-Ilha Solteira, situada à margem direita do rio Paraná, no município de Selvíria-MS, localizada nas coordenadas geográficas 20°19'S, 51°26'W e 327 metros de altitude. Ilha Solteira é caracterizada como uma região de inverno não rigoroso e temperaturas amenas, que variam de 17,6°C a 29,2°C, com uma umidade relativa média de 64,8%, evaporação média de 7,3 horas/dia e uma precipitação anual de 1.232,2 mm/ano (Hernandez et al., 1995). A vegetação original encontrada na área em estudo é do tipo cerrado. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1999).

2.2 Métodos

O primeiro teste de progênies foi instalado em 19/01/95, sendo que as plantas de gonçalo-alves foram colocadas no lugar das plantas de *P. kesiya* (espaçamento inicial de 2,0 x 2,5 m), que haviam sido desbastadas aos 10 anos. Esse desbaste foi feito com intensidade de 50%, ou seja,

foram selecionadas as piores árvores da parcela para serem eliminadas, não importando a sua posição na mesma. O segundo experimento foi instalado em 04/04/95 referente ao plantio homogêneo, no espaçamento de 3,00 x 2,25 m. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados, tanto no experimento consorciado (30 tratamentos (progênies), 3 repetições e 5 plantas/parcela) como no homogêneo (28 tratamentos (progênies), 4 repetições e 10 plantas/parcela). Ressalta-se que as parcelas estão na forma linear, em ambos os experimentos.

A coleta dos dados silviculturais teve início em 1999, quando as plantas estavam com quatro anos de idade. Os caracteres silviculturais avaliados foram: altura total para os anos de 1999 (ALT1) e 2000 (ALT2) em metros; diâmetro médio da copa para o ano de 1999 (DMC1) e de 2000 (DMC2) em metros; forma do fuste para o ano de 2000 (FOR2) conforme escala de notas proposta por Aguiar (2001); altura do fuste no ano de 1999 (ALF1) e 2000 (ALF2) em metros; diâmetro do fuste a 30 cm do solo para o ano de 1999 (DA31) e de 2000 (DA32) em centímetros.

2.3 Análise de Variância e Estimativas de Parâmetros Genéticos e Estatísticos

Foram realizadas análises individuais para cada experimento e uma conjunta, envolvendo os dois experimentos, sendo que o efeito de experimento foi considerado fixo e o de progênies aleatório, conforme o esquema da análise de variância contido na TABELA 1.

TABELA 1 – Esquema da análise de variância individual utilizado para caracteres silviculturais na população de gonçalo-alves.

Fonte de Variação	GL	QM	E(QM)	F
Repetições	(r - 1)	Q ₁	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + p\sigma_r^2$	Q ₁ /Q ₃
Progênies	(p - 1)	Q ₂	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$	Q ₂ /Q ₃
Erro	(r - 1)(p - 1)	Q ₃	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2$	—
Dentro	(n - 1)pr	Q ₄	σ_d^2	—

\bar{n} é a média harmônica do número de plantas utilizadas dentro de parcelas; σ_d^2 : estimada fora da análise de variância.

O modelo estatístico adotado nas análises individuais, dentro dos experimentos estudados, foi:

$$Y_{ijk} = m + r_j + p_i + d_{k(ij)} + e_{ij},$$

onde: Y_{ijk} é a observação na árvore k, da progênie i, na repetição j; m é a média geral; r_j é o efeito da repetição j, onde $j = 1, 2, \dots, r$; p_i é o efeito da progênie i, onde $i = 1, 2, \dots, p$; $d_{k(ij)}$ é o desvio referente à árvore k da parcela ij, com $k = 1, 2, \dots, n$, e e_{ij} é o efeito do erro experimental.

As estimativas de parâmetros genéticos e estatísticos para os caracteres quantitativos foram obtidas em nível de média de parcelas, baseando-se em Vencovsky & Barriga (1992).

O modelo estatístico adotado na análise conjunta, envolvendo os experimentos, foi:

$$Y_{ijk_u} = m + r_{j(u)} + s_u + p_i + (ps)_{iu} + d_{u(iju)} + \bar{e}_{ij(u)}$$

onde: Y_{ijk_u} é a observação na árvore k, da progênie i, na repetição j, no experimento u; m é a média geral; $r_{j(k)}$ é o efeito da repetição j, dentro do experimento u, onde $j = 1, 2, \dots, r$; s_u é o efeito do experimento u, onde $u = 1, 2, \dots, s$; p_i é o efeito da progênie i, onde $i = 1, 2, \dots, p$; (ps) é o efeito da interação progênie x experimento; $d_{k(iju)}$ é o desvio referente à árvore k da parcela iju, com $k = 1, 2, \dots, n$, e $\bar{e}_{ij(u)}$ é o efeito do erro experimental médio.

O esquema da análise de variância conjunta encontra-se na TABELA 2.

TABELA 2 – Esquema da análise de variância conjunta para os caracteres silviculturais estudados, em cada ano.

Fonte de Variação	GL	QM	E(QM)	F
Repetições/Experimentos	(r - 1)	Q ₁	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_c^2 + p\sigma_{r/s}^2$	Q_1/Q_5
Experimentos (S)	(s - 1)	Q ₂	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_c^2 + p\sigma_{r/s}^2 + r\left(\frac{s}{s-1}\right)\sigma_{ps}^2 + rpV_s$	$\frac{Q_2 + Q_5}{Q_1 + Q_4}$
Progênies (P)	(p - 1)	Q ₃	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_c^2 + rs\sigma_p^2$	Q_3/Q_5
P x S	(s - 1)(p - 1)	Q ₄	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_c^2 + r\left(\frac{s}{s-1}\right)\sigma_{ps}^2$	Q_4/Q_5
Erro Médio	s(r - 1)(p - 1)	Q ₅	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_c^2$	—
Dentro Médio	(n - 1)rps	Q ₆	σ_d^2	—

Onde: GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; E(QM) = esperança dos quadrados médios; F = teste F.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população de gonçalo-alves estudada não apresentou diferença significativa entre as progênies, para todos os caracteres estudados, tanto no experimento homogêneo como no consorciado (TABELA 3). Uma das hipóteses para explicar essa ausência de diferença entre as progênies estaria relacionada ao fato dos testes de progênies terem sido analisados na fase de madeira juvenil, para essa espécie, não havendo ainda tempo para a expressão da variação entre as progênies. Outra possível explicação, mas que necessita de estudos mais profundos, como a utilização de marcadores moleculares, estaria ligada ao efeito fundador,

pois, nessa espécie é comum o fato de a partir de poucos indivíduos remanescentes ocorrer uma expansão demográfica na população. Esse fato foi observado às margens da rodovia BR 158 no trecho onde se desenvolveu este estudo.

Na análise conjunta verificou-se diferença significativa entre os experimentos para a maioria dos caracteres estudados, o que evidência a influência do manejo no desenvolvimento das progênies. Já para a interação progênies x experimentos não houve diferença significativa para a maioria dos caracteres avaliados, evidenciando um comportamento semelhante das progênies nos dois experimentos (TABELA 4).

TABELA 3 – Médias e resultados da análise de variância para os caracteres silviculturais da população de gonçalo-alves, em dois experimentos, sendo um homogêneo (HOMO) e outro consorciado (CONS), em Selvíria–MS.

Caracteres	HOMO				CONS			
	Média	CV _{exp} (%)	F	Pr > F	Média	CV _{exp} (%)	F	Pr > F
ALT1 (m)	3,00	17,17	1,25	0,2178	2,20	20,03	1,50	0,0941
ALT2 (m)	3,28	14,51	1,35	0,1526	2,50	20,46	1,21	0,2663
DMC1 (m)	1,18	19,45	1,39	0,1334	0,85	27,60	1,53	0,0827
DMC2 (m)	1,54	19,01	1,31	0,1774	1,06	31,94	1,41	0,1334
ALF1 (m)	1,20	21,62	0,67	0,8759	1,09	27,27	0,60	0,9338
ALF2 (m)	1,40	18,53	0,95	0,5398	1,23	22,25	0,72	0,8283
DA31 (cm)	5,85	15,70	0,93	0,5671	2,32	27,52	1,08	0,3922
DA32 (cm)	6,52	12,60	1,26	0,2137	2,98	23,92	0,80	0,7356
FOR2	3,62	16,75	0,74	0,8058	3,72	18,17	1,71	0,0411

Onde: ALT1 e ALT2 = altura total em 1999 e 2000; DMC1 e DMC2 = diâmetro médio da copa em 1999 e 2000; ALF1 e ALT2 = altura do fuste a 30 cm do solo em 1999 e 2000; DA31 e DA32 = diâmetro do fuste a 30 cm do solo em 1999 e 2000, e FOR2 = forma do fuste.

TABELA 4 – Estimativas dos valores do teste F para efeitos de experimentos (EXP) e da interação progênies x experimentos (PROG x EXP), envolvendo uma população de gonçalo-alves, em dois experimentos, sendo um homogêneo (HOMO) e outro consorciado (CONS), em Selvíria-MS.

FV	Caracteres								
	ALT1	ALT2	DMC1	DMC2	DA31	DA32	ALF1	ALF2	FOR2
EXP	11,42*	13,07**	12,17**	14,28**	135,73**	159,54**	2,54	9,55**	0,52
PROG x EXP	1,75*	1,56	1,38	1,67*	1,26	1,24	0,66	0,75	1,74*

Onde: * e ** = valores do teste F significativos a 5% e 1% de probabilidade; ALT1 e ALT2 = altura total 1999 e 2000; DMC1 e DMC2 = diâmetro médio da copa de 1999 e 2000; ALF1 e ALF2 = altura do fuste 1999 e 2000; DA31 e DA32 = diâmetro do fuste a 30 cm do solo de 1999 e 2000, e FOR2 = forma do fuste.

As médias de todos os caracteres avaliados no experimento homogêneo foram maiores do que as médias do experimento consorciado, com exceção da forma do fuste (TABELA 3). As médias para altura de plantas total, diâmetro médio da copa e diâmetro da planta à altura de 30 cm do solo foram menores quando comparadas com as obtidas por Aguiar *et al.* (2003) para a mesma população de gonçalo-alves, intercalada com uma população de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (jacarandá-caroba). Esses autores encontraram, para gonçalo-alves, estimativas de 3,88 m e 4,71 m para altura total de plantas, aos três e quatro anos após o plantio, respectivamente, e para os outros dois caracteres as estimativas foram de 6,43 cm e 1,94 m, aos três anos de idade. Resultados superiores para altura total também foram obtidos por Fonseca *et al.* (1998), quando trabalharam com três espécies nativas

em teste de progênies, inclusive gonçalo-alves e obtiveram os seguintes resultados para altura total: 3,50 m, 3,21 m e 3,90 m para *A. fraxinifolium*, *M. urundeuva* e *Terminalia argentea* Mart. et Succ., respectivamente aos três anos de idade, no mesmo local em que foi realizado o presente trabalho.

As médias nos dois experimentos para o caráter forma do fuste foram mais baixas que as obtidas por Aguiar *et al.* (2003) quando trabalharam com duas populações de gonçalo-alves consorciada com *J. cuspidifolia*, tanto para a população de gonçalo-alves de Ilha Solteira (4,58) quanto para a população de Selvíria (4,75). Isso reflete o grande número de bifurcações do caule e tortuosidades. Freitas *et al.* (2002) também obtiveram resultados superiores para *M. urundeuva* (5,90), aos quatro anos e seis meses de idade, em diferentes sistemas de plantios.

Os valores dos coeficientes de variação experimental no experimento homogêneo foram menores que no experimento consorciado para os caracteres avaliados. No experimento homogêneo, o CV_{exp} para altura total diminuiu com o passar dos anos, demonstrando uma menor influência do ambiente para esse caráter, não ocorrendo o mesmo para o experimento consorciado (TABELA 3). Moraes *et al.* (1992), trabalhando com duas populações de *M. urundeuva*, sugerem que essa diminuição do coeficiente experimental está em função do efeito de mudas que se manifesta nos primeiros anos. Foi notada uma influência ambiental maior nesse trabalho do que nos dois experimentos de gonçalo-alves consorciado com jacarandá-caroba implantados no mesmo local do presente trabalho, onde se verificou que os coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) para os caracteres silviculturais variaram de 4,84% a 12,69% e 5,66% a 16,37% DBC e ALT1 para a população de gonçalo-alves de Selvíria e Ilha Solteira, respectivamente (Aguiar *et al.*, 2003).

Os valores do coeficiente de variação genética (CV_g) variaram de 0,00% a 6,04% para o experimento homogêneo (HOMO) e no experimento consorciado (CONS), os valores variaram de 0,00% a 11,77% (TABELA 5). Portanto, para maioria dos caracteres os valores foram acima dos valores médios obtidos para espécies nativas que, segundo Kageyama *et al.* (1990), ficam em torno de 3,25%. Verifica-se que o CV_g médio do experimento homogêneo foi de 4,63%, enquanto o do experimento consorciado está em torno de 8,38%. Logo, na condição mais desvantajosa para a espécie (sombreamento proporcionado pelo *Pinus*) a população de gonçalo-alves expressou mais variabilidade genética. Os resultados verificados foram condizentes aos obtidos para a mesma população consorciada com jacarandá-caroba, os quais variaram de 1,08% a 7,92% para diferentes caracteres silviculturais (Aguiar *et al.*, 2003). Por outro lado, são superiores aos encontrados para ipê-roxo (*Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol.) por Ettori *et al.* (1996), que variaram de 0,0 a 4,19%. Já as estimativas de CV_g , citadas por Sampaio & Venturieri (1990), para *Copaifera multijuga* (30,65%), *Hymenaea courbaril* (27,50%), *Apuleia leiocarpa* (16,94%) e *Hymenobolium* sp. (23,50%) foram mais altas do que os valores obtidos para altura total no presente trabalho.

Em geral, as estimativas obtidas para o quociente b (CV_g/CV_{exp}) foram baixas, sugerindo que no experimento homogêneo o caráter mais indicado para a seleção seria o DMC1. Já no experimento consorciado destaca-se a forma, como caráter importante para seleção quando as progênies estão em condição de sombreamento.

Analisando-se os outros coeficientes de variação verifica-se que no experimento consorciado foram obtidas as maiores variações. Assim, a média do coeficiente de variação dentro foi de 50,20% contra 33,83% do experimento a pleno sol. Essa maior variação pode estar ligada ao fato que no experimento sombreado as plantas de uma parcela foram colocadas no lugar das árvores de *P. kesiya*, que foram cortadas dentro da parcela. Tal fato também se repete para os coeficientes de variação em nível de plantas (CV_F) e de médias (CV_{Fm}). Os resultados encontrados para essa espécie são similares às estimativas feitas para outras espécies como *M. urundeuva* (Oliveira *et al.*, 2000), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Sebbenn *et al.*, 1999), *T. heptaphylla* (Ettori *et al.*, 1996), *Dipteryx alata* Vog. (Siqueira *et al.*, 1993). Já estimativas altas do CV_d aumentam o potencial de uma população para a conservação, além de favorecerem, no caso de melhoramento, a seleção de indivíduos superiores dentro de progênies (Sebbenn *et al.*, 1999). As estimativas dos CV_F (26,37% a 95,18%) foram baixas a médias quando comparadas com aquelas obtidas por Freitas *et al.* (2002) e Fonseca (2000), para a aroeira, que variaram de 25,78% a 205,81% e de 20,09% a 103,74%, respectivamente.

A média dos coeficientes de variação do erro entre as parcelas foi praticamente a mesma entre os dois sistemas de plantio. Sebbenn *et al.* (2000), estudando três populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. (jequitibá-rosa) observaram valores médios de CV_e variando de 7% a 15 %, para os caracteres DAP e altura. Tais resultados são semelhantes aos observados para altura na espécie estudada.

Os coeficientes de herdabilidade, em nível de média, no geral, foram baixos, apresentando valores entre 0,00 a 0,28 para o experimento a pleno sol e de 0,00 a 0,48 para experimento sombreado. Para os caracteres DA3 e DMC, as estimativas da \hat{h}_m^2 foram consideradas médias quando comparadas aos resultados de outros autores para diferentes espécies (Aguiar *et al.*, 1999; Oliveira *et al.*, 2000; Silva *et al.*, 2000; Fonseca, 2000). Assim, para esses caracteres, recomenda-se a seleção em nível de média de progênies como um método eficiente, se no futuro o objetivo for aplicar métodos de melhoramento.

TABELA 5 – Estimativas do coeficiente de variação dentro de progênes (CV_d); do erro (CV_e); genética (CV_g); fenotípica em nível de plantas (CV_F); fenotípica em nível de média (CV_{Fm}), do quociente “b”, coeficiente de herdabilidade, no sentido restrito, em nível de plantas (\hat{h}^2); em nível de média (\hat{h}_m^2) e em nível de plantas dentro de progênes (\hat{h}_d^2) para alguns caracteres silviculturais de população de gonçalo-alves, em dois experimentos, sendo um homogêneo (HOMO) e outro consorciado (CONS), em Selvíria–MS.

Exp.	Caracteres	CV_d (%)	CV_g (%)	CV_e (%)	CV_F (%)	CV_{Fm} (%)	b	\hat{h}^2	\hat{h}_m^2	\hat{h}_d^2
HOMO	ALT1 (m)	29,59	4,32	14,13	33,08	9,61	0,25	0,07	0,20	0,06
	ALT2 (m)	24,52	4,29	11,62	27,47	8,43	0,30	0,10	0,26	0,09
	DMC1 (m)	40,93	6,04	14,01	43,68	11,45	0,31	0,08	0,28	0,07
	DMC2 (m)	36,66	5,29	13,89	39,56	10,88	0,28	0,07	0,24	0,06
	ALF1 (m)	44,99	0,00	15,73	47,26	8,87	0,00	nc	nc	nc
	ALF2 (m)	38,63	0,00	12,50	40,55	9,04	0,00	nc	nc	nc
	DA31 (cm)	29,71	0,00	51,31	32,08	7,58	0,00	nc	nc	nc
	DA32 (cm)	24,52	3,20	42,51	26,37	7,07	0,25	0,06	0,21	0,05
	FOR2	34,94	0,00	30,65	36,66	7,22	0,00	nc	nc	nc
CONS	ALT1 (m)	37,23	8,18	10,42	39,52	14,17	0,41	0,13	nc	nc
	ALT2 (m)	32,23	5,38	13,82	35,48	12,98	0,26	0,21	0,24	0,11
	DMC1 (m)	49,03	11,65	15,93	52,85	19,74	0,42	nc	0,37	0,18
	DMC2 (m)	52,08	11,77	20,59	57,22	21,88	0,37	nc	nc	nc
	ALF1 (m)	56,50	0,00	8,38	56,24	12,17	0,00	nc	nc	nc
	ALF2 (m)	52,15	0,00	0,00	50,70	10,92	0,00	nc	nc	nc
	DA31 (cm)	93,38	4,48	33,74	95,18	16,51	0,16	nc	nc	nc
	DA32 (cm)	37,63	0,00	39,27	40,50	12,38	0,00	nc	nc	nc
	FOR2	41,59	8,85	0,00	42,05	13,72	0,49	0,21	0,48	0,16

Onde: ALT1 e ALT2 = altura total 1999 e 2000; DMC1 e DMC2 = diâmetro médio da copa de 1999 e 2000; ALF1 e ALF2 = altura do fuste 1999 e 2000; DA31 e DA32 = diâmetro do fuste a 30 cm do solo de 1999 e 2000; FOR2 = forma do fuste; nc = parâmetros não estimados devido à presença de variâncias negativas.

Aguiar *et al.* (2003), trabalhando com a mesma população de gonçalo-alves em consórcio com jacarandá-caroba, obtiveram valores de herdabilidade, em nível de média por parcela (\hat{h}_m^2), em torno de 0,20 a 0,75 para altura de plantas. Fonseca *et al.* (1998), estimando parâmetros genéticos de várias espécies nativas consorciadas, inclusive gonçalo-alves, obtiveram altos valores de coeficiente de herdabilidade ($\hat{h}_m^2 = 0,65, 0,78$ e $0,79$) para aroeira, gonçalo-alves e capitão.

Os coeficientes de herdabilidades, no sentido restrito, em nível de plantas, em nível de média e em nível dentro de progênes, para todos os caracteres no terceiro ano após o plantio,

foram menores que os do quarto ano, nos dois experimentos. Patiño-Valera (1986) atribui esse comportamento das herdabilidades, ao efeito da competição entre plantas, afirmando que quanto maior a competição, o que acontece muito nos primeiros anos após o plantio, menor o coeficiente de herdabilidade. Menciona ainda que esse quadro pode se inverter com a maturidade das árvores. Por outro lado, quando os coeficientes de herdabilidades apresentam uma grande estabilidade entre as idades avaliadas, indicam que a amostragem das progênes foi eficiente para preservar uma boa variação genética e são esperados maiores ganhos pela seleção de plantas (Sebbenn *et al.*, 2000).

4 CONCLUSÕES

As progênies de gonçalo-alves do experimento consorciado apresentaram maior variabilidade genética do que as do experimento homogêneo, podendo-se dizer que as condições em que se encontravam tais progênies foram favoráveis para a espécie expressar o seu potencial genético.

Os caracteres mais favoráveis para a escolha das melhores plantas de gonçalo-alves são altura total e diâmetro médio da copa. O sistema de plantio consorciado foi menos favorável para o desenvolvimento das plantas de gonçalo-alves, do que as condições de plantio homogêneo, porém proporcionou uma melhor forma. Avaliações em idades mais avançadas seriam necessárias para verificar o comportamento dessa espécie em relação à expressão da variabilidade genética e o seu desenvolvimento nos dois sistemas de plantio.

Outros trabalhos deverão ser feitos levando-se em consideração sistemas de plantio de gonçalo-alves com outras espécies, buscando conservar o seu potencial genético, tentando se aproximar ao máximo das condições naturais em que se encontra essa espécie.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica. Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa e aos técnicos do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura da UNESP de Ilha Solteira, pelo apoio na coleta e tabulação dos dados. Ao professor Sérgio Luiz de Carvalho (FEIS/UNESP) e aos dois revisores anônimos pelas valiosas correções e sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. V. *Variação genética em progênies de *Astronium fraxinifolium* Schott e *Jacaranda cuspidifolia* Mart. em consórcio.* 2001. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Ilha Solteira.
- _____. *et al.* Genetic variation in *Astronium fraxinifolium* Schott populations consortium. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 3, n. 2, p. 95-106, 2003.
- AGUIAR, A. V. *et al.* Variação genética em progênies de *Astronium fraxinifolium* Schott e *Jacaranda cuspidifolia* Mart. em consórcio. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 3, p. 620, 1999, supl.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1999. 412 p.
- ETTORI, L. C. *et al.* Variabilidade genética de ipê-roxo-*Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. - para conservação "ex situ". **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 8, p. 61-70, 1996.
- FONSECA, A. J. *et al.* Teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., *Astronium fraxinifolium* e *Terminalia argentea* em consórcio. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 3, p. 254, 1998, supl.
- FONSECA, A. J. **Variação genética em populações naturais de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) - Anacardiaceae - em sistema agroflorestal.** 2000. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Ilha Solteira.
- FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; BUZETTI, S. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes sistemas de plantio. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 133-141, 2002.
- GURGEL GARRIDO, L. M. do A. *et al.* Efeitos do sombreamento no crescimento da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 47-56, 1997.
- HAMRICK, J. L. The distribution of genetic variation within and among plant populations. In: SCHONEWALD-COX, C. M. *et al.* (Ed.). **Genetic and conservation.** Menlo Park: The Benjamin Cummings, 1983. p. 335-348.
- HERNANDEZ, F. B.; LEMOS FILHO, A. F.; BUZETTI, S. **Software Hidrisa e o balanço hídrico de Ilha Solteira.** Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Área Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p.

KAGEYAMA, P. Y.; BIELLA, L. C.; PALERMO JÚNIOR, A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1990. p. 109-18.

KANASHIRO, M. Genética e melhoramento de essências florestais nativas: aspectos conceituais e práticos. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 1, p. 168-178, 1992).

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

MARTINS NETTO, D. A. Aspectos demográficos de quatro espécies florestais na mata de galeria da Reserva Genética do Tamanduá, Distrito Federal. In: CONGRESSO PANAMERICANDO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba, 1993. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1993. p. 325-328.

MORAES, M. L. T. *et al.* Variação genética em duas populações de aroeira (*Astronium urundeuva* Fr. All.- Engl.-Anarcadiaceae). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 1, p. 1241-166, 1992).

OLIVEIRA, S. A. *et al.* Variação genética em progênes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo - I. - Aspectos silviculturais. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 155-166, 2000.

PATINHO-VALERA, F. **Variação genética em progênes de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento**. 1986. 193 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. C. S. Manutenção e recuperação da biodiversidade do bioma cerrado: o uso de plantas nativas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O CERRADO, 6., Brasília, DF, 1996. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA/CPAC, 1996. p. 10-14.

SAMPAIO, P. T. B.; VENTURIERI, G. A. Variação genética entre e dentro de progênes de quatro espécies de leguminosas: *Copaifera multijuga*, *Hymenaea courbaril*, *Apuleia leiocarpa* e *Hymenolobium* sp. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1990. v. 3, p. 633-5.

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.

SEBBENN, A. M. *et al.* Interação genótipo x ambiente *ex situ* de *Peltophorum dubium*, em duas regiões do Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 78-89, 1999.

SILVA, J. M.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T. Parâmetros genéticos em progênes de *Terminalia argentea* Mart et Succ. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 3, p. 756, 2000, supl.

SIQUEIRA, A. C. M. De F.; NOGUEIRA, J. C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cambaru (*Dipteryx alata*) Vog. - Leguminosae. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 231-43, 1993.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

TAMANHO AMOSTRAL PARA CONSERVAÇÃO *EX SITU* DE ESPÉCIES ARBÓREAS COM SISTEMA MISTO DE REPRODUÇÃO*

Alexandre Magno SEBBENN**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o número de plantas por progênie e o número de progênies necessárias para a conservação *ex situ* de populações de espécies arbóreas, com sistema misto de reprodução. O número de progênies foi determinado da relação entre o tamanho efetivo alvo da conservação (N_e) e o tamanho efetivo de variância ($\hat{N}_{e(v)}$) de uma simples progênie de polinização aberta. O $\hat{N}_{e(v)}$ foi estimado do coeficiente médio de coancestria dentro de progênies (θ), calculado de parâmetros do sistema de reprodução a partir de dados de marcadores genéticos, em espécies arbóreas folhosas e coníferas, admitindo-se moderados níveis de endogamia (0,1) e coancestria (0,125) na população alvo da coleta de sementes. Em termos de eficiência amostral, não existem grandes vantagens em conservar mais de 20 plantas por progênie, mesmo em populações com moderados níveis de endogamia (0,1) e coancestria (0,125). Não existem diferenças no tamanho amostral entre folhosas e coníferas. Contudo existem grandes diferenças entre espécies de ambos os grupos. O número de progênies necessárias para reter o tamanho efetivo de 50 variou entre espécies folhosas e coníferas de 16,5 a 34,8 e 16,7 a 31,6, com média de 23,7 e 21,3, respectivamente. Assim, o tamanho amostral de 35 progênies e 20 plantas por progênie é suficiente para atender objetivos de conservação *ex situ*, no curto prazo, de espécies de sistema misto de reprodução, mas com altas taxas de cruzamentos ($t > 0,8$).

Palavras-chave: amostragem; sistema de reprodução; endogamia; coancestria; tamanho efetivo de variância.

1 INTRODUÇÃO

Inúmeras espécies arbóreas ao redor do mundo encontram-se em perigo de extinção, devido à forte e contínua pressão antrópica sobre as florestas naturais. Existem, basicamente, duas estratégias para salvar essas espécies, a conservação *in situ* e a *ex situ*. A *in situ* visa reter e manter parte da variabilidade genética de uma espécie no seu ambiente natural e a *ex situ* fora deste.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the number of trees per family and the number of families necessary for *ex situ* conservation of a simple population of tree species with mixed-mating system. The numbers of families per population were estimated by the relation between effective population size (N_e) target of conservation and the variance effective population size ($\hat{N}_{e(v)}$) of a family. The $\hat{N}_{e(v)}$ was estimated from average of coefficient of coancestry within open-pollinated families, calculated from parameters of mating system by genetic marker data in coniferous and evergreen trees species, assuming moderate levels of inbreeding (0.1) and coancestry (0.125) in population target of seeds collect. The results showed that there was no sampling advantages in conserving more than 20 plants per family, even in populations with moderates levels of inbreeding (0.1) and coancestry (0.125). There was no difference in sample size found for evergreen and coniferous species. However, there are great differences among species in the number of families for conservation. The family number necessary to retain the effective population size at 50 ranged in evergreen and coniferous from 16.5 to 34.8 and 16.7 to 31.6, with average at 23.7 and 21.3, respectively. Thus, the conservation of 20 trees per family and 35 families per population is enough to *ex situ* conservation, in short time view, from species with mixed mating system, but high outcrossing rate ($t > 0.8$).

Key words: sampling; mating system; inbreeding; coancestry; variance effective population size.

A *in situ* é a forma ideal para conservação, visto que pode preservar não somente o potencial evolutivo de uma amostra da espécie alvo, mas também a população inteira, bem como de outros organismos com os quais ela interage, convive ou depende, como por exemplo, insetos ou animais polinizadores. A conservação *ex situ* deve ser vista como uma forma complementar da conservação *in situ*, devendo ser utilizada quando a conservação *in situ* é insuficiente ou impraticável (Graudal *et al.*, 1997).

(*) Aceito para publicação em dezembro de 2003.

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

Tamanhos amostrais para a conservação *ex situ* de espécies arbóreas de sistema misto de reprodução são o tema deste trabalho. O tempo que a variabilidade genética pode ser conservada *ex situ* está relacionado com o tamanho efetivo retido no banco que, por sua vez, depende das características genéticas, demográficas e reprodutivas da população alvo de conservação, do tamanho amostral retido e dos níveis de endogamia e coancestria existentes dentro das progênies. Pequenas amostras sofrem perdas de variabilidade por deriva genética em poucas gerações reduzindo o tamanho efetivo (Frankel & Soulé, 1981; Eriksson, 1996). A endogamia e a coancestria em progênies de polinização aberta são determinadas pela estrutura genética espacial e pela forma como os gametas são combinados nas populações para formar as gerações subsequentes. Se a população alvo se reproduzir parcialmente por autofecundações e o parentesco interno for maior do que o esperado pela pressuposição de distribuição aleatória de genótipos (populações não geneticamente estruturadas), certos níveis de endogamia podem ser gerados nas progênies, tanto por autofecundação como por cruzamentos aleatórios, reduzindo o tamanho efetivo da amostra coletada.

Autofecundações e cruzamentos entre parentes têm sido detectados em diversas espécies arbóreas (O'Maley *et al.*, 1988; Murawski *et al.*, 1994; Sampson *et al.*, 1995; Mitton *et al.*, 1997; Sebbenn *et al.*, 2001). A taxa de autofecundação depende de mecanismos de auto-incompatibilidade e, em geral, não é superior a 30% em espécies arbóreas. O cruzamento entre parentes, em espécies arbóreas, está associado ao seu hábito perene (longo ciclo de vida), permitindo que suas gerações se sobreponham e à dispersão de sementes próxima à árvore matriz, o que aumenta a probabilidade de filhos se estabelecerem nas vizinhanças da mãe, causando a formação de estrutura genética espacial dentro das populações. Esse fenômeno tem sido detectado em diversas espécies, como em *Acer saccharum* M. (Perry & Knowles, 1991), *Quercus laevis* W. (Berg & Hamrick, 1995), *Rhus trichocarpa* Miq. (Chung *et al.*, 1999), *Eurya japonica* T. (Chung & Epperson, 2000), *Machaerium villosum* V. (Giudice Neto & Kageyama, 2000), *Alnus glutinosa* G. (Gömöry & Paule, 2002) e *Abies balsamiae* (L.) Mill. (Shea & Furnier, 2002).

Estimativas do coeficiente de parentesco (r_{xy}), em populações naturais, têm revelado, algumas vezes, valores altos e próximos ao esperado entre dois indivíduos meios-irmãos (0,25). Por exemplo, Coles & Fowler (1976) estimaram, em populações de *Picea glauca* (M.) Voss, coeficientes de parentesco de 0,30 e 0,23. Schuster & Mitton (1991) estimaram parentesco de 0,19 em população de *Pinus flexilis* J. e Ledig *et al.* (2001) de 0,232 e 0,280 em populações de *Pinus pinaster* G. Portanto, o cruzamento entre esses indivíduos pode gerar endogamia biparental nas progênies, variando de 0,095 a 0,15.

Estudos em coníferas também têm detectado que grande proporção dos cruzamentos ocorre dentro de pequenas vizinhanças. Em *Pinus attenuata* L. (Burczyk *et al.*, 1996) e *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) F. (Burczyk & Prat, 1997) foram observados que aproximadamente 40% dos cruzamentos ocorriam entre vizinhos localizados dentro de áreas de raio de, no máximo, 30 m. Assim, em populações estruturadas, grandes proporções dos cruzamentos podem ocorrer entre vizinhos aparentados e gerar endogamia nas progênies, mesmo que a espécie apresente auto-incompatibilidade, ou seja, dióica. Ainda, estudos com progênies de polinização aberta de espécies arbóreas baseados em modelos que descrevem o parentesco entre plantas dentro de progênies em função do parental materno e paterno, como o modelo de cruzamentos correlacionados (Ritland, 1989), vêm indicando que essas são formadas por misturas de irmãos-completos, meios-irmãos e irmãos de autofecundação (Muona *et al.*, 1991; El-Kassaby & Jaquish, 1996; Mitton *et al.*, 1997; Ledig *et al.*, 1999; Millar *et al.*, 2000; Sebbenn *et al.*, 2000; Butcher & Williams, 2002). Autofecundações e cruzamentos entre parentes geram endogamia nas progênies e combinados com cruzamentos correlacionados aumentam a coancestria acima do esperado em progênies de meios-irmãos. Conseqüentemente, os efeitos desses fatores, tanto isolados como combinados, reduzem o tamanho efetivo de variância e levam à necessidade da coleta de maiores tamanhos amostrais para a conservação *ex situ* do que seriam requeridos, caso os cruzamentos fossem perfeitamente aleatórios.

Os objetivos deste trabalho foram determinar o número de plantas por progênie e o número de progênies de polinização aberta, necessárias para a conservação *ex situ* de uma população de espécies arbóreas com sistema misto de reprodução, espécies que se reproduzem por combinações de autofecundação e cruzamentos (aleatórios e biparentais). Para tanto, foram utilizados resultados de estudos do sistema de reprodução em espécies arbóreas baseados em dados de marcadores genéticos codominantes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O tamanho amostral para a conservação *ex situ* de populações foi determinado a partir da estimativa da coancestria média entre plantas dentro de progênies e da relação entre o tamanho efetivo alvo da conservação e o tamanho efetivo de variância média de uma progênie de polinização aberta.

2.1 Tamanho Efetivo Alvo ou de Referência

O tamanho efetivo de 50 tem sido sugerido como suficiente para manter o coeficiente de endogamia à uma taxa de 1% por geração, até 10 gerações, em locos com dois alelos de espécies diplóides, com gerações discretas (Frankel & Soulé, 1981). Esse tamanho conserva muito dos genes de uma população e pode ser suficiente para evitar os danos da depressão por endogamia no curto prazo, mas não é suficiente para manter por longo tempo grande proporção da variação genética. Para esse propósito, Franklin (1980) sugeriu o tamanho efetivo de 500. Neste trabalho, como objetivo, foi adotada a conservação no curto prazo ($N_e = 50$), visto que a conservação no longo prazo deve ser planejada primariamente *in situ*. Entretanto, devido à sobreposição de gerações nas espécies arbóreas, o que pode reduzir o tamanho efetivo de variância, pela geração de endogamia biparental, também foram considerados outros tamanhos efetivos como alvo da conservação, 100 e 150.

2.2 Tamanho Efetivo de Variância

O tamanho efetivo de variância ($N_{e(v)}$) mede, em termos de deriva genética, a representatividade genética de uma amostra de estruturas de progênies retirada de uma população ancestral ideal. A população ideal consiste de uma população base de tamanho infinito, subdividida em infinitas subpopulações de cruzamentos aleatórios, cada uma com número (N) constante de indivíduos reprodutivos por geração. Em cada subpopulação, os indivíduos produzem um infinito número de gametas masculinos e femininos dentro de um grande conjunto do qual apenas $2N$ gametas são amostrados e unidos para produzir os N zigotos da geração seguinte. Todos indivíduos sobrevivem do nascimento à fase adulta. Ambas as amostras dos gametas e sua união (incluindo autofecundação) são aleatórias, sendo que todos os indivíduos têm iguais chances de produzirem progênies e a distribuição do número de progênies é multinomial. Mudanças sistemáticas nas freqüências alélicas (seleção) são excluídas nessa população idealizada, as gerações não se sobrepõem e apenas locos autossomais são considerados (Caballero, 1994).

O tamanho efetivo de variância de uma simples progênie foi calculado com base em Cockerham (1969), da variância da freqüência de um alelo p ($\hat{\sigma}_p^2$), em populações de tamanho n , coancestria θ e endogamia \hat{F} :

$$\hat{\sigma}_p^2 = \left[\hat{\theta} \left(\frac{n-1}{n} \right) + \frac{1+\hat{F}}{2n} \right] \hat{p}(1-\hat{p}).$$

Como a estimativa da variância amostral da freqüência de um alelo p ($\hat{\sigma}_p^2$), em uma população idealizada é,

$$\hat{\sigma}_p^2 = \frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{2\hat{N}}$$

e, como na população de referência $N = N_e$, pode-se escrever $\hat{\sigma}_p^2$ em função de N_e ,

$$\hat{\sigma}_p^2 = \frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{2\hat{N}_{e(v)}}.$$

Assim,

$$\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{2\hat{N}_{e(v)}} = \left[\hat{\theta} \left(\frac{n-1}{n} \right) + \frac{1+\hat{F}}{2n} \right] \hat{p}(1-\hat{p})$$

e,

$$\hat{N}_{e(v)} = \frac{0,5}{\hat{\theta} \left(\frac{n-1}{n} \right) + \frac{1+\hat{F}}{2n}} \quad [1].$$

Sendo \hat{F} o coeficiente de endogamia na progênie que, em indivíduos diplóides, é igual à coancestria dos parentais cruzados ($\hat{\theta}_p$), logo, $\hat{F} = \hat{\theta}_p$.

Amostrando o mesmo número de plantas por progênie (n) e admitindo que a coancestria média e a endogamia dentro das progênies é a mesma, o tamanho efetivo de variância da população pode ser obtido simplesmente multiplicando do número de progênies amostradas (m) pela expressão 1,

$$\hat{N}_{e(v)} = \frac{0,5m}{\hat{\theta} \left(\frac{n-1}{n} \right) + \frac{1+\hat{F}}{2n}} \quad [2].$$

Um estimador de $\hat{N}_{e(v)}$ que considera variações no tamanho das progênies é descrito por Vencovsky (1997).

2.3 Número de Progênies para a Conservação *Ex Situ*

Isolando m , na expressão 2, o número de progênies ou o número de árvores necessárias para a coleta de sementes, para a conservação *ex situ*, pode ser calculado para qualquer tamanho efetivo de referência por,

$$\hat{m} = N_{e(v)} \left[2\hat{\theta} \left(\frac{n-1}{n} \right) + \frac{1+\hat{F}}{n} \right] \quad [3].$$

2.4 Coancestria Dentro de Progênies de Polinização Aberta

O coeficiente de coancestria (θ) difere do coeficiente de parentesco (r_{XY}). O coeficiente de coancestria entre dois indivíduos é a probabilidade de que dois alelos homólogos, retirados aleatoriamente de dois indivíduos, X e Y , são idênticos por descendência, isto é, são cópias de um mesmo alelo de um antecessor recente. O coeficiente de parentesco (r_{XY}), do indivíduo X para o indivíduo Y , é a proporção de alelos em Y que são idênticos por descendência aos alelos presentes em X ; equivalentemente, essa é a probabilidade de que um alelo aleatório amostrado em Y é idêntico por descendência a um alelo presente em X . Em espécies diplóides não endogâmicas, $r_{XY} = r_{YX}$ e, assim, um alelo aleatório de Y tem duas chances de ser idêntico a um alelo em X : este pode ser idêntico a um alelo homólogo de X , ou ao outro. Se X não é endogâmico, essas duas probabilidades são independentes e mutuamente exclusivas e como cada homólogo tem a probabilidade θ de ser idêntico por descendência, o parentesco é duas vezes essa probabilidade, $r_{XY} = 2\theta$ (Lynch & Walsh, 1998). Essa definição de coancestria inclui o caso em que os dois indivíduos são idênticos, quando se obtém a autocoancestria. A coancestria é equivalente a endogamia que poderia ocorrer nas progênies após os cruzamentos de todos os pares de indivíduos considerados, incluindo os indivíduos consigo mesmo. A autocoancestria é igual ao coeficiente de endogamia após a autofecundação (Lindgren *et al.*, 1996).

Em progênies apresentando sistema misto de reprodução o coeficiente de parentesco (\hat{r}_{xy}), entre plantas dentro de progênies, pode ser calculado conforme Ritland (1989), por,

$$\hat{r}_{xy} = 0,25(1 + \hat{F}_p)[4\hat{s} + (\hat{t}^2 + \hat{s}\hat{t}\hat{r}_s)(1 + \hat{r}_p)]$$

sendo, \hat{F}_p o coeficiente de endogamia da geração parental, \hat{s} é taxa de autofecundação ($1 - \hat{t}_m$), \hat{t}_m é taxa de cruzamento multiloco, \hat{r}_p é a correlação de paternidade, e \hat{r}_s é a correlação de autofecundação.

A correlação \hat{r}_p mede a proporção de progênies de cruzamentos que são irmãos-completos. A correlação \hat{r}_s mede a probabilidade de amostrar-se dois indivíduos em uma progênie e ambos serem de cruzamento ou de autofecundação (Ritland, 1989). Em termos práticos, \hat{r}_s mede a variação na taxa de cruzamento individual da população considerada (Sun & Ritland, 1998). Como em espécies diplóides, o coeficiente de parentesco (r_{xy}) é o dobro do coeficiente de coancestria (θ), tem-se que, $\hat{\theta} = \hat{r}_{xy} / 2$.

2.5 Dados

Para estimar o coeficiente de coancestria entre plantas dentro de progênies de polinização aberta, foram compilados resultados de 28 trabalhos com marcadores genéticos codominantes (isoenzimas e microssatélites), relatando parâmetros do sistema de reprodução, em espécies arbóreas (TABELA 1). Em 27 trabalhos os parâmetros foram estimados dos modelos de cruzamentos mistos (Ritland & Jain, 1981) e cruzamentos correlacionados (Ritland, 1989). Foram selecionados trabalhos que estimaram simultaneamente a taxa de cruzamento multiloco (\hat{t}_m) e a correlação de paternidade (\hat{r}_p). Quando a correlação de autofecundação (\hat{r}_s) também era apresentada, a mesma foi utilizada nas estimativas. Quando o trabalho reportava resultados de mais de uma população ou evento reprodutivo ou, ainda, a espécie foi objeto de mais de um estudo, foi calculada a média aritmética dos parâmetros. Também foram calculadas a média aritmética e o erro padrão das estimativas de \hat{t}_m , \hat{r}_s e \hat{r}_p , agrupando-se as espécies em: folhosas, coníferas e arbóreas (folhosas + coníferas). O argumento para o agrupamento é a diferença no processo de polinização, vento para a maioria das coníferas, e insetos e animais para a maioria das folhosas, o que pode ter efeitos distintos sobre a coancestria dentro das progênies.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tamanho Efetivo em Progênies de Meios-Irmãos

Em espécies arbóreas, sementes para a conservação *ex situ* são geralmente coletadas de polinização aberta, pressupondo que em populações naturais não existam parentesco e endogamia, que os cruzamentos sejam aleatórios e que cada semente de uma simples progênie receba pólen de um pai diferente, sendo, portanto, de meios-irmãos o parentesco entre plantas dentro de progênies. Se essas pressuposições forem realmente verdadeiras, a probabilidade de dois alelos homólogos, amostrados aleatoriamente em dois indivíduos de uma mesma progênie, serem idênticos por descendência é 0,125 (coancestria de meios-irmãos). A identidade por descendência dos alelos é a probabilidade de ambos os indivíduos, na progênie, terem recebido a mesma cópia de um alelo de origem materna. Se infinitas sementes forem coletadas de cada árvore, o tamanho efetivo de variância de uma simples progênies será igual a 4 ($N_{e(v)} = 0,5/\theta$), considerando que na expressão 1, os termos $(n-1)/n$ e $(1+F_p)/2n$ aproximam-se da unidade e de zero, respectivamente, quando $n \rightarrow \infty$. Neste caso, $N_{e(v)}$, confunde-se com a definição de “número status” (N_s - Lindgren *et al.*, 1996) para uma simples progênie e o número de progênies de tamanho infinito de uma população ideal necessários para reter, por exemplo, o tamanho efetivo de 50, é 13 ($50/4 = 12,5$). Entretanto, se o número de plantas conservadas por progênies for pequeno, o tamanho efetivo de variância de cada progênie não será mais 4 (FIGURA 1) e o número de progênies necessárias para a conservação será maior do que 13. Por exemplo, em uma progênie de cinco plantas, o tamanho efetivo de variância é 2,5, ou 37,5% menor do que o esperado em progênies de tamanho infinito, e são necessárias sementes de 20 árvores para reter o tamanho efetivo de 50 ($50/2,5$). A causa é, que quando são usados pequenos tamanhos amostrais, ocorre variação nas frequências alélicas da amostra em relação à população de referência. Assim, amostrando poucas plantas por progênie, maior número de progênies deverá ser conservado.

TABELA 1 – Estimativas do coeficiente médio de coancestria (θ) dentro de progênie e número de progênes (\hat{m}), necessárias para reter o tamanho efetivo de 50, quando 20 plantas são amostradas em cada progênie.

Espécies folhosas	P	<i>l</i>	\hat{I}_m	\hat{I}_p	\hat{I}_s	θ^*	θ^{**}	\hat{m}^{**}	Referências
<i>Acacia melanoxylon</i>	2	12	0,870	0,177	---	0,176	0,194	21,2	Muona <i>et al.</i> (1991)
<i>Carintiana legalis</i>	3	14	0,956	0,277	0,090	0,172	0,189	20,8	Sebbenn <i>et al.</i> (2000)
<i>Caryocar brasiliense</i>	4	10 ^M	1,000	0,156	0,110	0,145	0,159	16,5	Collevatti <i>et al.</i> (2001)
<i>Cecropia pachystachya</i>	2	7	1,000	0,336	---	0,167	0,184	18,9	Ribas (2003)
<i>Cedrela fissilis</i>	1	11	0,882	0,125	0,149	0,171	0,188	19,2	Kageyama <i>et al.</i> (2003)
<i>Chorisia speciosa</i>	1	6	0,816	0,875	0,160	0,275	0,302	31,5	Souza <i>et al.</i> (2003)
<i>Cryptocarya moschata</i>	1	7	0,862	0,369	0,059	0,199	0,219	23,6	Moraes (1997)
<i>Dryobalanops aromatica</i>	4	5	0,725	0,325	---	0,225	0,247	24,9	Lee (2000)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	4	5	0,878	0,356	0,199	0,202	0,222	23,9	Rocha & Aguilar (2001)
<i>Eschweilera ovata</i>	2	10	0,992	0,500	0,103	0,189	0,208	21,1	Gusson (2003)
<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	2	8	0,961	0,868	0,102	0,255	0,281	29,5	Seoane <i>et al.</i> (2001)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4	12	0,953	0,172	---	0,157	0,172	19,2	Butcher & Willians (2002)
<i>Eucalyptus marginata</i>	4	4	0,810	0,363	0,750	0,244	0,269	28,3	Millar <i>et al.</i> (2000)
<i>Eucalyptus rameliana</i>	1	6	0,890	0,260	---	0,180	0,198	21,6	Sampson (1998)
<i>Euterpe edulis</i>	4	6 ^M	0,888	0,831	0,413	0,306	0,337	34,8	Gaiotto (2001); Seoane <i>et al.</i> (2003)
<i>Genipa americana</i>	1	4	0,984	0,785	0,108	0,243	0,267	28,2	Sebbenn <i>et al.</i> (1998)
<i>Hymenaea courbaril</i>	1	4	0,991	0,146	0,006	0,145	0,160	18,0	Santos (2002)
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	2	6	0,925	0,544	0,105	0,213	0,234	25,1	Moraes <i>et al.</i> (2003)
<i>Parapiptadenia rigida</i>	2	4	0,973	0,358	0,191	0,186	0,204	22,2	Ribas (1999)
<i>Paquira quinata</i>	2	7	0,846	0,605	---	0,221	0,243	24,5	Fuchs <i>et al.</i> (2003)
<i>Prosopis juliflora</i>	3	12	0,974	0,131	0,122	0,149	0,164	18,4	Oliveira (1999)
<i>Tabebuia cassinioides</i>	2	12	0,839	0,421	0,061	0,209	0,230	24,7	Sebbenn <i>et al.</i> (2001)
<i>Teobroma grandiflorum</i>	1	10 ^M	1,000	0,930	---	0,241	0,265	28,0	Alves <i>et al.</i> (2003)
<i>Trema micrantha</i>	2	13	0,892	0,604	0,220	0,218	0,240	24,2	Ribas (2003)

continua

continuação – TABELA I

Espécies folhosas	P	l	\hat{f}_m	\hat{f}_p	\hat{f}_s	θ^*	θ^{**}	\hat{m}^{**}	Referências
<i>Abies amabilis</i>	4	9	0,808	0,133	---	0,188	0,207	21,1	El-Kassaby <i>et al.</i> (2003)
<i>Larix occidentalis</i>	2	7	0,871	0,047	---	0,164	0,180	19,9	El-Kassaby & Jaquish (1996)
<i>Picea mariana</i>	2	8	0,994	0,162	---	0,147	0,161	16,7	Perry & Bousquet (2001)
<i>Pinus martinezii</i>	2	5	0,558	0,389	---	0,275	0,303	31,6	Ledig <i>et al.</i> (2000)
<i>Pinus pineana</i>	2	23	0,870	0,187	---	0,177	0,195	21,3	Ledig <i>et al.</i> (2001)
<i>Pinus washoensis</i>	3	4 ^M	0,863	0,070	---	0,168	0,185	20,4	Mitton <i>et al.</i> (1997)
<i>Tsuga heterophylla</i>	4	11	0,928	0,035	---	0,147	0,162	16,8	El-Kassaby <i>et al.</i> (2003)

p = número de populações.
l = número de locos.
 \hat{f}_m = taxa de cruzamento multiloco.
 \hat{f}_p = correlação de paternidade.
 \hat{f}_s = correlação de autofecundação.

(*) Estimado assumindo ausência de endogamia e coancestria ($F_p = \theta_p = 0$).
(**) Estimado assumindo moderados níveis de endogamia e coancestria ($F_p = 0,1$; $\theta_p = 0,125$).
M = Locos de microsatélites.

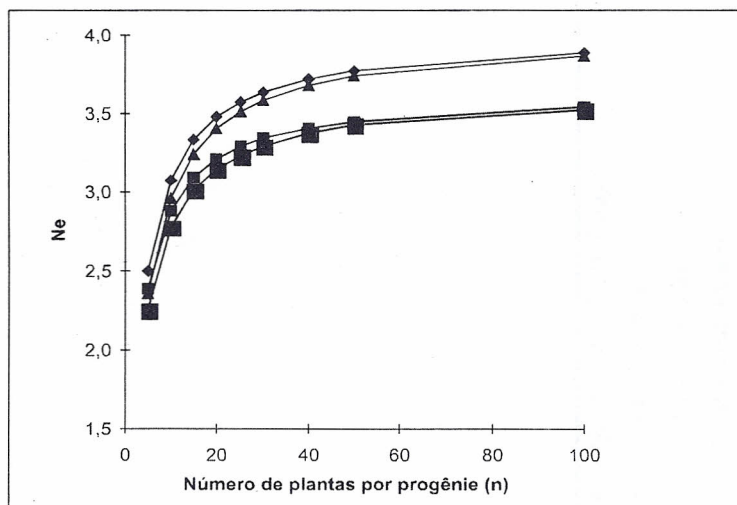


FIGURA 1 – Tamanho efetivo de variância ($N_{e(v)}$) de uma simples progênie de meios-irmãos em função do número de plantas amostradas por progênie (n) e dos coeficientes de endogamia (F_p) e coancestria (θ_p). (-◆- $F_p = \theta_p = 0$; -▲- $F_p = 0,1$, $\theta_p = 0$; -■- $F_p = 0$, $\theta_p = 0,125$; -■- $F_p = 0,1$, $\theta_p = 0,125$).

3.2 Endogamia e Coancestria na População de Referência

Outra fonte de variação no tamanho efetivo de variância de uma simples progênie de meios-irmãos é o coeficiente de endogamia (F_p) e coancestria (θ_p) da população de referência ou população a ser amostrada (FIGURA 2). Mesmo com a conservação de infinitas plantas por progênie, se os coeficientes F_p e θ_p forem maiores do que zero, o tamanho efetivo de variância será menor do que 4. O efeito da endogamia é mais pronunciado do que o da coancestria na geração parental. Em populações sem endogamia e com coancestria de meios-irmãos (0,125), o tamanho efetivo tende ao valor estimado em populações sem endogamia e coancestria, quando n aumenta. Em populações com endogamia, o tamanho efetivo de variância não atinge o valor 4, pois, quando $n \rightarrow \infty$, a parte $(1 + F)/2n$ da expressão 1, aproxima-se de zero e o tamanho efetivo torna-se função somente da coancestria dentro de progênie (θ). Como θ depende da endogamia da geração parental $[0,125(1 + F_p)]$; para cruzamentos aleatórios ou meios-irmãos], quanto maior F_p , menor o limite máximo do tamanho efetivo.

Com 10%, 50% e 100% de endogamia na população de referência os valores máximos do tamanho efetivo de uma simples progênie de tamanho infinito são 3,6, 2,7 e 2, respectivamente (FIGURA 2).

O número de progênie (m) de meios-irmãos necessário para reter o tamanho efetivo de 50, em populações com dois diferentes níveis de endogamia, F_p (0 e 0,1) e coancestria, θ_p (0 e 0,125) na população de referência é apresentado na FIGURA 3, em função do número de plantas amostradas por progênie (n). Esses níveis de endogamia foram considerados, dado que em populações naturais de espécies arbóreas, dificilmente a endogamia supera o patamar de 10% (Yanchuk, 2001) devido aos efeitos da depressão endogâmica, comum a essas espécies, que tendem a eliminar indivíduos endogâmicos entre a fase de plântula e a fase adulta. Já, a coancestria de 0,125 foi considerada, visto que corresponde à endogamia que poderia ser gerada nas progênie pelo cruzamento entre indivíduos meios-irmãos. Assim, uma taxa de endogamia de 0,125 nas progênie significa que a coancestria entre os parentais é de 0,125 (meios-irmãos) e, portanto, que o coeficiente de parentesco é de 0,25 ($r_{xy} = 2\theta$).

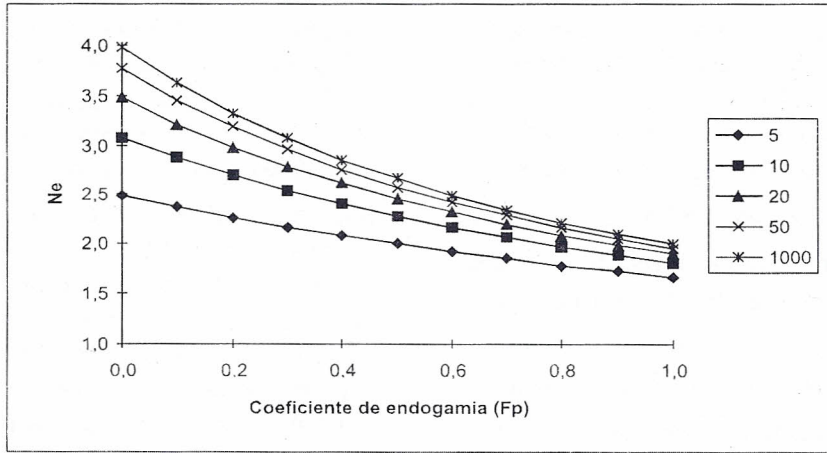


FIGURA 2 – Tamanho efetivo de variância ($N_{e(v)}$) de uma simples progênie de meios-irmãos em função do número de plantas amostradas por progênie (n) e do coeficiente de endogamia na geração parental (F_p).

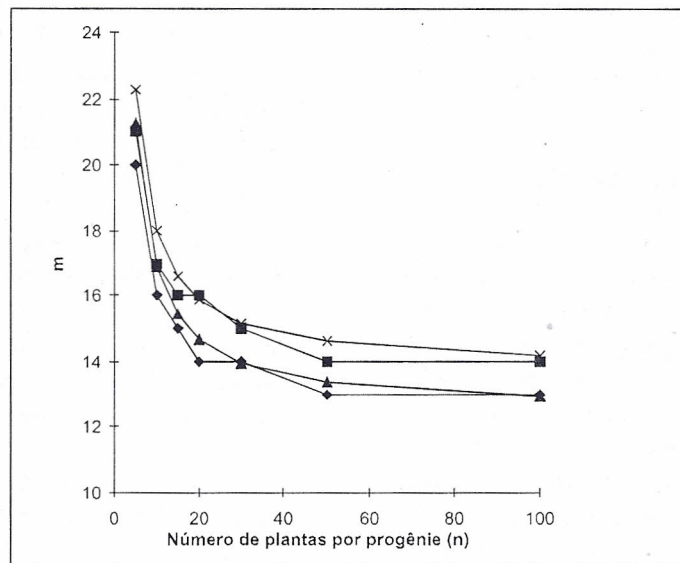


FIGURA 3 – Número de progênies (m) de meios-irmãos necessárias para reter o tamanho efetivo de 50, em populações com dois níveis de endogamia ($F_p = 0; F_p = 0,1$) e coancestria ($\theta_p = 0; \theta_p = 0,125$), em função do número de plantas amostradas por progênie (n). (-◇- $F_p = \theta_p = 0$; -▲- $F_p = 0,1, \theta_p = 0$; -■- $F_p = 0, \theta_p = 0,125$; -* - $F_p = 0,1, \theta_p = 0,125$).

Os resultados observados na FIGURA 3 demonstram que, quanto maior é o número de plantas amostradas por progênies (n), menor a taxa de endogamia (F_p) e o coeficiente de coancestria (θ_p) na população de referência, menor será o número de progênies

necessárias para reter o tamanho efetivo de 50. Também observa-se que o aumento dos coeficientes F_p e θ_p tem menor efeito na determinação do tamanho amostral, termos de número de progênies (m), do que o aumento no tamanho amostral de cada progênie (n).

Para reter o tamanho efetivo de 50, amostrando 5 plantas por progênie, será necessário conservar 20 progênies da população alvo (50/2,5), se não houver endogamia e coancestria na população de referência ($F_p = \theta_p = 0$), 21 progênies se houver 10% de endogamia ($F_p = 0,1$) ou não houver endogamia mas a coancestria entre os parentais for de meios-irmãos ($F_p = 0$; $\theta_p = 0,125$) e 22 se a população tiver 10% de endogamia e coancestria de meios-irmãos ($F_p = 0,1$; $\theta_p = 0,125$). Se o tamanho amostral de cada progênie for aumentado para 50, a conservação de 15 progênies, já seria suficiente para reter o tamanho efetivo de 50, em população com até 10% de endogamia e coancestria referente a meios-irmãos. Observa-se, ainda, que com a amostragem de mais de 20 plantas por progênies, pouca eficiência é obtida em termos de redução do número de progênies necessárias para reter o tamanho efetivo alvo (50). O número de 20 plantas por progênies também tem sido recomendado como adequado para a avaliação do efeito de uma progênie em programas de melhoramento (10 a 20; Cotterill & James, 1984).

3.3 Desvios de Cruzamentos Aleatórios

O quadro mais favorável à coleta de sementes para a conservação *ex situ* ocorre quando as progênies de polinização aberta são meios-irmãos e não existe endogamia e coancestria na geração parental, visto que a coancestria entre plantas dentro de progênie atinge o valor mínimo possível (0,125) em amostras de estrutura de progênies. Entretanto, é pouco provável que progênies de polinização aberta amostradas de populações naturais sejam meios-irmãos (Namkoong, 1966; Squillace, 1974; Surles *et al.*, 1990). Autofecundações, cruzamentos dentro de pequenas vizinhanças, pequenas populações, cruzamentos biparentais e endogâmicos são esperados por aumentarem a coancestria em progênies de polinização livre acima do esperado em progênies de meios-irmãos. Desvios de cruzamentos aleatórios podem ser observados em todas as espécies listadas na TABELA 1 e para a média das espécies (TABELA 2), ou em termos de autofecundação ou em termos de cruzamentos biparentais. A taxa de cruzamento multiloco (t_m) variou de 0,558 em *Pinus martinezii* T.F. Pat. (Ledig *et al.*, 2000) a 1,0 em *Caryocar brasiliense* Camb. (Collevatti *et al.*, 2001)

e *Teobroma grandiflorum* (W. ex S.) S. (Alves *et al.*, 2003), com média de $0,913 \pm 0,015$ para folhosas, $0,842 \pm 0,052$ para coníferas e $0,897 \pm 0,017$ para arbóreas (folhosas + coníferas). A correlação de paternidade (r_p) variou de 0,035 em *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg. (El-Kassaby *et al.*, 2003) a 0,930 em *T. grandiflorum* (Alves *et al.*, 2003), com média de $0,438 \pm 0,053$ para folhosas, $0,146 \pm 0,046$ para coníferas e $0,372 \pm 0,048$ para arbóreas. As causas desses desvios são diversas. Em espécies monóicas e hermafroditas podem ocorrer autofecundações. Extensiva propagação vegetativa e limitada dispersão de pólen e sementes podem causar estruturação genética espacial e a formação de grupos de famílias dentro das populações (Hamrick & Loveless, 1986; Surles *et al.*, 1990), e, conseqüentemente, permitir o cruzamento entre parentes. O número de árvores potencialmente polinizadoras ou o tamanho da população pode ser pequeno e os cruzamentos correlacionados podem ser inevitáveis (Surles *et al.*, 1990). Em algumas espécies, como, por exemplo, *Acacia melanoxylon* R. Br., a polinização pode ocorrer por poliandria (unidades compostas por muitos grãos de pólen), fazendo com que grande número de sementes de mesmos frutos tenham o mesmo parental paterno (Muona *et al.*, 1991). Ainda, estudos do sistema de reprodução têm revelado que cruzamentos biparentais são comuns, tanto em coníferas (El-Kassaby & Jaquish, 1996; Mitton *et al.*, 1997; Ledig *et al.*, 2001; Perry & Bousquet, 2001) como em folhosas arbóreas (Muona *et al.*, 1991; Sampson, 1998; Sebbenn *et al.*, 2000). Conseqüentemente, em espécies bissexuais (monóicas e hermafroditas) podem ser gerados até quatro diferentes tipos de coancestria nas progênies: i) entre dois irmãos de autofecundação (0,5); ii) entre um irmão de autofecundação e um cruzamento (0,25); iii) entre dois meios-irmãos (0,125), e iv) entre dois irmãos completos (0,25) (Squillace, 1974; Ritland, 1989). Por outro lado, em espécies unissexuais (dióicas) podem ser gerados dois tipos de coancestrias: i) entre dois meios-irmãos, e ii) entre dois irmãos completos. Na média das progênies, os desvios aumentam a coancestria entre plantas dentro de progênies, pelo aumento da proporção de alelos idênticos por descendência, visto que a correlação de parentesco não é mais dada somente em função do parental materno, mas também em função do paterno. Dessa forma, pode-se esperar que o tamanho amostral requerido para a conservação *ex situ* seja maior do que o esperado por cruzamentos aleatórios.

TABELA 2 – Estimativas média entre espécies (\pm erro padrão) do coeficiente de coancestria (θ) dentro de progênie e número de progênies (\hat{m}), necessárias para reter o tamanho efetivo de 50, quando 20 plantas são amostradas em cada progênie.

Média	Esp.	\hat{t}_m	\hat{r}_p	\hat{r}_s	$\hat{\theta}^*$	$\hat{\theta}^{**}$	\hat{m}^{**}
Folhosas	24	0,913 \pm 0,015	0,438 \pm 0,053	0,173 \pm 0,035	0,204 \pm 0,009	0,224 \pm 0,010	23,7 \pm 0,9
Coníferas	7	0,842 \pm 0,052	0,146 \pm 0,046	---	0,181 \pm 0,017	0,199 \pm 0,018	21,3 \pm 1,8
Arbóreas	31	0,897 \pm 0,017	0,372 \pm 0,048	0,173 \pm 0,031	0,198 \pm 0,008	0,218 \pm 0,009	23,1 \pm 0,8

Esp. = Número de espécies.

\hat{t}_m = taxa de cruzamento multiloco.

\hat{r}_p = correlação de paternidade.

\hat{r}_s = correlação de autofecundação.

(*) Estimado assumindo ausência de endogamia e coancestria ($F_p = \theta_p = 0$).

(**) Estimado assumindo moderados níveis de endogamia e coancestria ($F_p = 0,1$; $\theta_p = 0,125$).

3.4 Coancestria e Tamanho Amostral em Progênies de Polinização Aberta

O coeficiente de coancestria (θ) estimado para as espécies foi superior ao esperado pelas pressuposições de cruzamentos aleatórios ou, superior ao esperado em progênies de meios-irmãos, 0,125 (TABELAS 1 e 2). Admitindo ausência de endogamia e coancestria ($F_p = \theta_p = 0$) na população alvo da amostra, o coeficiente θ variou nas folhosas de 0,145 (*Caryocar brasiliense* e *Hymenaea coubaril*) a 0,306 (*Euterpe edulis*), com média de 0,204 \pm 0,009. Nas coníferas o coeficiente de coancestria variou de 0,147 (*Picea mariana* e *Tsuga heterophylla*) a 0,275 (*Pinus martinezii*), com média de 0,181 \pm 0,017. Para a média das espécies arbóreas (folhosas + coníferas) o coeficiente médio de coancestria foi de 0,198 \pm 0,008. A coancestria média nas espécies folhosas, coníferas e arbóreas, em termos relativos ao esperado em progênies de meios-irmãos, é 39%, 31% e 37% superior, respectivamente. Estes valores estão mais próximos do esperado em progênies de irmãos-completos (0,25) do que de meios-irmãos (0,125), como é algumas vezes assumido em genética quantitativa, no estudo da herança de caracteres quantitativos, em progênies de polinização aberta.

Isto reforça que assumir progênies de polinização aberta como meios-irmãos resulta em superestimativas na variância genética aditiva, herdabilidades e ganhos na seleção (Namkoong, 1966; Squillace, 1974; Surles *et al.*, 1990; Muona *et al.*, 1991; Sebbenn *et al.*, 2002).

Em termos de conservação, a alta coancestria observada na média das espécies implica que a amostragem de progênies de polinização aberta, assumindo progênies de meios-irmãos, gera subestimativa no tamanho amostral e, portanto, maiores amostras devem ser retidas. O número de progênies necessárias para conservar um determinado tamanho efetivo alvo depende: i) do número de plantas conservadas em cada progênie; ii) do coeficiente de coancestria e endogamia da população que será amostrada, e iii) da taxa de cruzamento, correlação de paternidade e variação na taxa de cruzamentos entre plantas, do evento reprodutivo que deu origem as progênies a serem conservadas. Admitindo razoáveis níveis de endogamia ($F_p = 0,1$) e coancestria referente a meios-irmãos ($\theta_p = 0,125$) na população de referência (população de coleta das sementes), que serão conservadas pelo menos 20 plantas por progênie (n) e que a meta da conservação é reter o tamanho efetivo de 50, nas coníferas seria necessário reter de 17 (*P. mariana* e *T. heterophylla*) a 32 (*P. martinezii*) progênies, com média de 22 progênies (TABELA 2).

Contudo, o número de espécies coníferas utilizadas para determinar estes tamanhos amostrais é pequeno e não representa a diversidade de espécies que compõe a classe. Seis das sete coníferas apresentaram taxa de cruzamento alta ($> 0,8$) e baixa correlação de paternidade ($< 0,2$) e uma, *P. martinezii* R. (Ledig *et al.*, 2000), apresentou uma das mais baixas taxas de cruzamento observada em coníferas, juntamente com *Thuja occidentalis* L., 0,510 (Perry & Knowles, 1991) e *Pinus merkusii*, 0,467 (Changtragoon & Finkeldey, 1995). *P. martinezii* também apresentou maior correlação de paternidade indicando que 38,9% das progênes de cruzamento são irmãos-completos (Ledig *et al.*, 2000).

Nas espécies folhosas, assumindo 10% de endogamia ($F_p = 0,1$) e coancestria de meios-irmãos ($\theta_p = 0,125$) na população alvo da coleta das sementes, os resultados indicam que, reterendo 20 plantas por progênie, seriam necessárias conservar de 17 (*Caryocar brasiliense* Camb.) a 35 progênes (*Euterpe edulis* Mart.), com média de 24 progênes (TABELA 2), para reter o tamanho efetivo de 50.

Para reter maiores tamanhos efetivo são necessários outros tamanhos amostrais. A FIGURA 4 apresenta os tamanhos amostrais necessários para reter o tamanho efetivo de 50, 100 e 150, para os exemplos listados na TABELA 1, assumindo que 20 plantas serão conservadas por progênie e moderados níveis de endogamia ($F_p = 0,1$) e coancestria ($\theta_p = 0,125$) na população alvo da coleta de sementes. Observa-se que a conservação de 35, 70 e 100 progênes, é suficiente para cobrir toda a variação detectada nos tamanhos amostrais requeridos para reter os tamanhos efetivos de 50, 100 e 150, respectivamente, tanto em espécies folhosas como em coníferas.

Finalmente, o tamanho amostral de 35 progênes é superior ao número de 25 progênes recomendado internacionalmente para fins de conservação genética (Graudal *et al.*, 1997) e poderia, em 23% dos exemplos, ser mais eficiente do que este, em termos de amostragem para a conservação genética, cobrindo toda a variação no tamanho amostral observado entre as espécies utilizadas como exemplo.

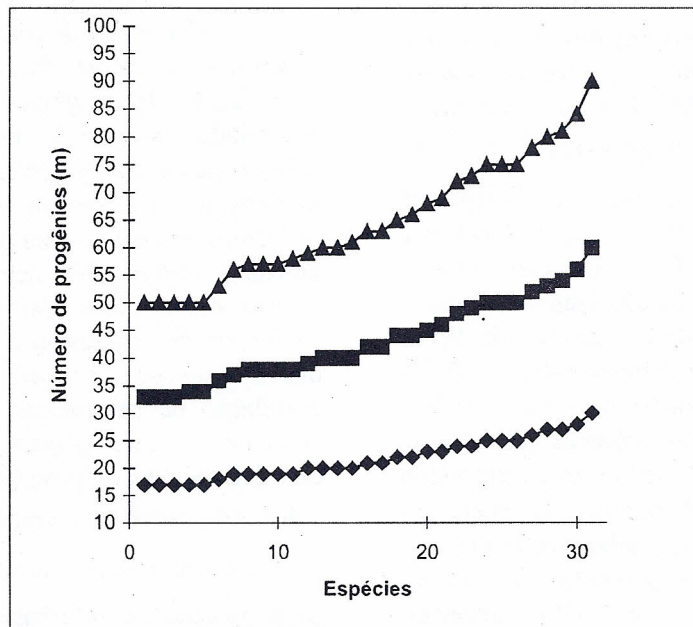


FIGURA 4 – Plote do número de progênes (m) necessárias para reter o tamanho efetivo de 50 (-▼-), 100 (-■-) e 150 (-▲-) de populações naturais com 10% de endogamia ($F_p = 0,1$) e coancestria referente a meios-irmãos ($\theta_p = 0,125$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. *et al.* Mating system in natural populations of *Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Shumm. **Molecular Genetics and Biology**, Ribeirão Preto, v. 26, n. 3, p. 373-379, 2003.
- BERG, E. E.; HAMRICK, J. L. Fine-scale genetic structure of a turkey oak forest. **Evolution**, Lawrence, v. 49, n. 1, p. 110-120, 1995.
- BURCKYC, J.; ADAMS, W. T.; SHIMIZU, J. Y. Mating patterns and pollen dispersal in a natural knobcone pine (*Pinus attenuata* Lemmon.) stand. **Heredity**, Lund, v. 77, p. 251-260, 1996.
- _____; PRAT, D. Male reproductive success in *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco: the effects of spatial structure and flowering characteristics. **Heredity**, Lund, v. 79, p. 638-647, 1997.
- BURROWS, G. E. Seed production in woodland and isolated trees of *Eucalyptus melliodora* (yellow box, Myrtaceae) in the South Western Slopes of New South Wales. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 48, p. 681-685, 2000.
- BUTCHER, P. A.; WILLIAMS, E. R. Variation in outcrossing rates and grown in *Eucalyptus camaldulensis* from the Petford Region, Queensland; evidence of outbreeding depression. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 51, p. 65-72, 2002.
- CABALLERO, A. Developments in the prediction of effective population size. **Heredity**, Lund, v. 73, p. 657-679, 1994.
- CHANGTRAGOON, S.; FINKELDEY, R. Patterns of genetic variation and characterization of the mating system of *Pinus merkusii* in Thailand. **Forest Genetics**, Svolen, v. 2, n. 2, p. 87-97, 1995.
- CHUNG, M. G.; CHUNG, J. M.; EPPERSON, B. K. Spatial structure of allozyme polymorphisms within populations of *Rhus trichocarpa* (Anacardiaceae). **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 48, n. 5, p. 223-227, 1999.
- _____; EPPERSON, B. K. Spatial structure of allozyme polymorphisms in a populations of *Eurya japonica* (Theaceae). **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 49, n. 1, p. 1-4, 2000.
- COCKERHAM, C. C. Variance of gene frequencies. **Evolution**, Lawrence, v. 23, p. 72-84, 1969.
- COLES, J. F.; FOWLER, D. P. Inbreeding in neighboring trees in two White Spruce populations. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 25, n. 1, p. 29-34, 1976.
- COLLEVATTI, R. G.; GRATTAPAGLIA, D.; HAY, J. D. High resolution microsatellite based analysis of the mating system allows the detection of significant biparental inbreeding in *Caryocar brasiliensis*, an endangered tropical tree species. **Heredity**, Lund, v. 86, p. 60-67, 2001.
- COTTERILL, P. P.; JAMES, J. W. Number of offspring and plot sizes required for progeny testing. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 33, n. 6, p. 203-209, 1984.
- EL-KASSABY, Y. A.; JAQUISH, B. Population density and mating pattern in Wester Larch. **Journal of Heredity**, Cary, v. 87, p. 438-443, 1996.
- _____; DUNSWORTH, B. G.; KRAKOWSKI, J. Genetic evaluation of alternative silvicultural systems in coastal montane forests: western hemlock and amabilis fir. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 107, p. 598-610, 2003.
- ERIKSSON, G. A policy suggestion for conservation of Noble Hardwoods genetic resources in Sweden. In: TUTOCK, J. *et al.* (Comp.). **Noble Hardwoods Network**: report of the first meeting, 24-27 March 1996, Escherode, Germany. Rome: International Plant Resources Institute, 1996. p. 147-154.
- FRANKEL, O. H.; SOULÉ, M. S. **Conservation and evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 327 p.
- FRANKLIN, I. A. Evolutionary change in small populations. In: SOULÉ, M. E.; WILCOX, B. A. **Conservation biology**: an evolutionary-ecological perspective. Sunderland: Sinauer Associates, 1980. p. 135-150.
- FUCHS, E. J.; LOBO, J. A.; QUESADA, M. Effects of forest fragmentation in flowering phenology in the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira quinata*. **Conservation biology**, San Francisco, v. 17, p. 149-157, 2003.
- GAIOTTO, F. A. **Inferência sobre herança quantitativa e estrutura genética em populações naturais de *Euterpe edulis* Mart. utilizando marcadores microsatélites**. 2001. 122 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- GIUDICE NETO, J. D.; KAGEYAMA, P. Y. Estrutura genética espacial em populações naturais de *Machaerium villosum* Vog. (Leguminosae) na região de Moji-Guaçu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 207-215, 2000.
- GÖMÖRY, D.; PAULE, L. Spatial and microgeographical genetic differentiation of black alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.) populations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 160, p. 4-9, 2002.
- GRAUDAL, L. *et al.* **Planning national programmes for conservation of forest genetic resources**. Humlebaek: Danish International Development Agency - DANIDA, Forest Seed Center, 1997. 58 p. (Technical Note, 48).
- GUSSON, E. **Uso e diversidade genética em populações naturais de biriba (*Eschweilera ovata* [Cambress.] Miers): subsídios ao manejo e conservação da espécie**. 2003. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- HAMRICK, J. L.; LOVELESS, M. D. The influence of seed dispersal mechanisms on the genetic structure of plant populations. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T. H. (Ed.). **Frugivores and seed dispersal**. Athens: Junk Publishers, 1986. cap. 17, p. 124-145.
- KAGEYAMA, P. Y. *et al.* Diversidade genética em espécies arbóreas modelo da floresta tropicais atlântica por diferentes marcadores genéticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 93-107, 2003.
- KHASA, P. D.; CHELIAK, W. M.; BOUSQUET, J. Genetic variation in 26 populations of *Racosperma auriculiformes* and *Racosperma mangium* using allozymes. **Canadian Journal Forest Resources**, Edmonton, v. 24, p. 1123-1132, 1994.
- LEE, S. L. Mating system parameters of *Dryobalanops aromatica* Gaertn. f. (Dipterocarpaceae) in three different forest types and a seed orchard. **Heredity**, Lund, v. 85, p. 338-345, 2000.
- LEDIG, F. T. *et al.* Evidence for an extreme bottleneck in a rare Mexican piñon genetic diversity, disequilibrium and the mating system in *Pinus maximartinezii*. **Evolution**, Lawrence, v. 53, n. 1, p. 91-99, 1999.
- LEDIG, F. T. *et al.* The mating system and genetic diversity in Martínez spruce, an extremely rare endemic of Mexico's Sierra Madre Oriental: an example of facultative selfing and survival in interglacial refugia. **Canadian Journal Forest Research**, Edmonton, v. 30, p. 1156-1164, 2000.
- LEDIG, F. T. *et al.* Genetic diversity and the mating system of a rare Mexican piñon, *Pinus pinceana*, and a comparison with *Pinus maximartinezii* (Pinaceae). **American Journal of Botany**, Oklahoma, v. 88, n. 11, p. 1977-1987, 2001.
- LINDGREN, D.; GEA, L.; JEFFERSON, P. Loss of genetic diversity by status number. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 45, p. 52-59, 1996.
- LYNCH, M.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. 1st ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998.
- MILLAR, M. A. *et al.* Mating system studies in jarrah, *Eucalyptus marginata* (Myrtaceae). **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 48, p. 475-479, 2000.
- 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.; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Correlated mating in two natural populations of a dioecious species, *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Forest Genetics**, Svolen, 2003. (submetido).
- MORAES, P. L. R. **Estrutura genética de populações de *Cryptocarya moschata* Nees & Martius ex Nees (Lauraceae)**. 190 f. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro.
- MUONA, O.; MORAN, G. F.; BELL, J. C. Hierarchical patterns of correlated mating in *Acacia melanoxylon*. **Genetics**, Baltimore, v. 127, p. 619-626, 1991.
- MURAWSKI, D. A.; DAYANANDAN, B.; BAWA, K. S. Outcrossing rates of two endemic *Shorea* species from Sri Lankan tropical rain forest. **Biotropica**, Lawrence, v. 26, n. 1, p. 23-29, 1994.

- NAMKOONG, G. Inbreed effects on estimation of genetic additive variance. **Forest Science**, Washington, v. 12, p. 8-13, 1966.
- OLIVEIRA, V. R. **Diversidade genética em populações de algaroba [(*Prosopis juliflora*) (S.W.) D.C.] na região semi-árida do Nordeste brasileiro**. 1999. 127 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- O'MALLEY, D. M. *et al.* Genetic of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). 2. Mating system. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, p. 929-932, 1988.
- PERRY, D. J.; BOUSQUET, J. Genetic diversity and mating system of post-fire and porst-harvest black spruce: an investigation using codominant sequence-tagged-site (STS) markers. **Canadian Journal Forestry Research**, Edmonton, v. 31, p. 32-40, 2001.
- _____.; KNOWLES, P. Spatial genetic structure within three Sugar Maple (*Acer saccharum* Marsh.) stands. **Heredity**, Lund, v. 66, p. 137-142, 1991.
- RIBAS, L. A. **Variabilidade isoenzimática e sistema de cruzamento de *Parapiptadenia rigida* em um pomar de sementes**. 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- _____. **Diversidade genética e sistema de cruzamentos em populações naturais de duas espécies de pioneiras arbóreas**. 2003. 103 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. **Evolution**, Lawrence, v. 43, n. 4, p. 848-859, 1989.
- _____.; JAIN, S. A model for the estimation of outcrossing rate and gene frequencies using independent loci. **Heredity**, Lund, v. 47, p. 35-52, 1981.
- ROCHA, O. J. R.; AGUILAR, G. Variation in the breeding behavior of the dry forest tree *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) in Costa Rica. **American Journal of Botany**, Oklahoma, v. 89, n. 9, p. 1600-1606, 2001.
- SAMPSON, J. F. Multiple paternity in *Eucalyptus rameliana* (Myrtaceae). **Heredity**, Lund, v. 81, p. 349-355, 1998.
- _____.; HOPPER, S. D.; JAMES, S. H. The mating system and genetic diversity of the Australian Arid Zone Mallae, *Eucalyptus rameliana*. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 43, p. 461-474, 1995.
- SANTOS, J. D. **Estudo ecológico e genético numa paisagem fragmentada visando sua conectividade, no Pontal do Paranapanema-SP**. 2002. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Variabilidade genética, sistema reprodutivo e estrutura genética espacial em *Genipa americana* L. através de marcadores isoenzimáticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 53, p. 15-30, 1998.
- SEBBENN, A. M. *et al.* Taxa de cruzamento em populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.: implicações para a conservação e o melhoramento genético. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 58, p. 25-40, 2000.
- SEBBENN, A. M. *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. 93-113, 2001.
- SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; ZANATTO, A. C. S. Estimativas de ganhos genéticos na seleção em populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze, incorporando informações do sistema misto de reprodução. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 65-77, 2002.
- SEOANE, C. E. C.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema reprodutivo em populações de *Esenbeckia leiocarpa*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 19-26, 2001.
- SHEA, K.; FURNIER, G. R. Genetic variation and population structure in central and isolated populations of Balsam Fir, *Abies balsamiae* (Pinaceae). **American Journal of Botany**, Oklahoma, v. 89, n. 5, p. 783-791, 2002.

SCHUSTER, W. S. F.; MITTON, J. B. Relatedness within cluster of a bird-dispersed pine and the potential for kin interactions. **Heredity**, Lund, v. 67, p. 42-48, 1991.

SOUZA, L. M. I.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema de reprodução em *Chorisia speciosa*. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2003.

SQUILLACE, A. E. Average genetic correlations among offspring from open-pollinated forest trees. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 23, p. 149-156, 1974.

SUN, M.; RITLAND, K. Mating system of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*), a successful colonizer in North America. **Heredity**, Lund, v. 80, p. 225-232, 1998.

SURLES, S. E. *et al.* Genetic relatedness in open-pollinated families of two leguminous tree species, *Robinia pseudoacacia* L. and *Gleditsia triacanthos* L. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 80, p. 49-56, 1990.

VENCOVSKY, R. Biometrical approaches for molecular marker estimation of effective population size. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1997. p. 233-234.

YANCHUK, A. D. A quantitative framework for breeding and conservation of forest tree genetic resources in British Columbia. **Canadian Journal of Forestry Research**, Edmonton, v. 31, p. 566-576, 2001.

A FAUNA NO CONTEXTO EDUCACIONAL:
O CASO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO NO PARQUE ESTADUAL ALBERTO LÖFGREN*

Hugo da Fonseca Alves PEREIRA**
Marilda Rapp de ESTON***

RESUMO

O Parque Alberto Löfgren é um Parque Estadual situado na cidade de São Paulo, que recebe por volta de 8000 a 12000 visitantes por fins-de-semana. Neste Parque, um visitante soltou, às escondidas, um jacaré-de-papo-amarelo, *Caiman latirostris*, num dos lagos. O animal cresceu e sua presença no Parque se tornou problemática. O jacaré teve que ser capturado, utilizando-se uma metodologia adaptada às condições do local e conduzido, após tratamento, para um Parque Ecológico.

Palavras-chave: *Caiman latirostris*; jacaré; Parque Estadual Alberto Löfgren; educação ambiental.

ABSTRACT

The Alberto Löfgren Park is a State Park located at the city of São Paulo. It receives about 8000 to 12000 visitors each weekend. In this Park a visitor released furtively, in one of the lakes, a broad-snouted caiman, *Caiman latirostris*. The animal grew up and as its presence in the Park became problematic the crocodile had to be captured. A methodology adapted to the local conditions was used and, after treatment, the animal was transported to an Ecological Park.

Key words: *Caiman latirostris*; crocodile; Alberto Löfgren State Park; environmental education.

1 INTRODUÇÃO

Os Parques Estaduais são áreas geográficas delimitadas, dotadas de atributos naturais excepcionais e se destinam a fins científicos, culturais, educativos e recreativos (São Paulo, 1986).

O Parque Alberto Löfgren é um Parque Estadual, com 174 ha, localizado na Zona Norte da cidade de São Paulo. Este Parque pertence à Divisão de Reservas e Parques Estaduais do Instituto Florestal, que é o órgão responsável pela administração de cerca de 3% da superfície do Estado de São Paulo, através de suas Unidades de Conservação (Sales & Eston, 2000).

O Parque Estadual da Capital, como também é conhecido, difere de outros Parques Estaduais administrados pelo Instituto Florestal, por ter uma identidade urbana e um grande público usuário, resultado de um processo de expansão da cidade de São Paulo em direção às encostas da Serra da Cantareira (Castro & Tamaio, 1999).

Apresenta uma área de uso público de aproximadamente 35 ha, recebendo por volta de 8000 a 12000 visitantes por fim-de-semana. Estes são de diferentes níveis de escolaridade e educação. Alguns chegam até a abandonar, às escondidas da vigilância do Parque, diferentes espécies de animais como cães, gatos e tartarugas. Foi esse o caso do filhote do jacaré-de-papo-amarelo, *Caiman latirostris*.

Trata-se de uma espécie ameaçada de extinção, cuja distribuição geográfica compreende a região Sudeste da América do Sul, incluindo a Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai (Brazaitis, 1973; Groombridge, 1982). Seu habitat abrange rios não encachoeirados e regiões pantanosas, desde o leste de Pernambuco até o Rio Grande do Sul (Santos, 1981). Nas baixadas litorâneas já é muito raro (Marques *et al.*, 1998).

(*) Aceito para publicação em dezembro de 2003.

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

(***) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: marildaeston@iflorest.sp.gov.br

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de uso público do Parque Estadual Alberto Löfgren é constituída por lagos, espaços para piqueniques, playground, pista de cooper e outros locais de lazer. Há também o Museu Florestal Octavio Vecchi, conhecido internacionalmente por abrigar o maior acervo de madeiras da América Latina e o Palácio de Verão do Governador do Estado de São Paulo, como construções de destaque.

A FIGURA 1 mostra a área de uso público do Parque Estadual Alberto Löfgren.

Em relação à fiscalização do Parque, esta é feita por aproximadamente vinte vigias, no total de três turnos.

A vegetação desta Unidade de Conservação é constituída tanto de espécie nativas, como exóticas.

Quanto à fauna de vertebrados do Parque, esta apresenta uma série de espécies de aves, alguns mamíferos, anfíbios e répteis.

Entre os répteis havia um jacaré (*Caiman latirostris*) num dos lagos do Parque Estadual. Este animal selvagem, ameaçado de extinção, foi solto por um dos visitantes no Parque quando ainda era filhote, às escondidas do Setor de Vigilância.

Realizaram-se observações comportamentais deste jacaré. Com o passar do tempo o animal cresceu, tornando-se de grande porte, sendo então necessário retirá-lo, pois os visitantes do Parque corriam perigo com a presença do animal solto.

Primeiramente foi acionado o Corpo de Bombeiros, que com o auxílio de um bote e rede tentou, durante o dia, capturar o animal, sem sucesso.

A segunda metodologia utilizada foi a tentativa de captura noturna, com o auxílio de um bote, uma lanterna e um laço (Day *et al.*, 1987).

Após a captura, o animal foi enviado ao Departamento de Parques e de Áreas Verdes - DEPAVE, da Prefeitura do Município de São Paulo, onde foi sexado, medido e tratado. Posteriormente foi encaminhado ao Parque Ecológico da Cidade de Leme, no interior do Estado de São Paulo, para acasalamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O animal solto dentro do Parque Estadual Alberto Löfgren era um jacaré-de-papo-amarelo, *Caiman latirostris*, (pertencente ao Filo Chordata, Classe Reptilia, Ordem Crocodilia,

Família Alligatoridae) e está, atualmente, na lista das espécies da fauna silvestre ameaçada de extinção no Estado de São Paulo, na categoria vulnerável (São Paulo, 1998).

No Estado de São Paulo as populações remanescentes do *Caiman latirostris* são pequenas e com poucos adultos reprodutivos (Guix *et al.*, 2002).

O jacaré-de-papo-amarelo talvez seja, entre os crocodilianos brasileiros, o que apresenta a situação mais complexa para a sua conservação. Suas populações se encontram fragmentadas, reduzidas ou mesmo extintas em uma grande parte de sua área de distribuição geográfica original, devido, basicamente, à destruição sistemática de seus habitats (Brazaitis *et al.*, 1990; Verdade & Lavorenti, 1990).

O depauperamento de grande parte da herpetofauna deve ser creditado à intensa alteração ambiental, poluição dos corpos d'água, retificação de leitos e drenagem ou aterro de várzeas (Marques *et al.*, 1998).

A caça, além da destruição de habitats, pode também ter contribuído para o declínio do *Caiman latirostris* (Marques *et al.*, 1998).

Até o começo da década de 60, o comércio de peles de animais silvestres foi permitido no Brasil. A partir de 1967, com a Lei 5197/67 o comércio de produtos da vida silvestre tornou-se ilegal. No entanto, este tipo de comércio não diminuiu, e o Brasil permaneceu o maior exportador de peles de crocodilianos do mundo (Magnusson & Mourão, 1997).

Segundo Brazaitis (1989) o jacaré-do-pantanal é extremamente caçado por coureiros profissionais, chegando à ordem de 250 mil a um milhão de animais por ano.

Apesar da Lei 5197/67 de 03/01/67 (Brasil, 1986), que proíbe sua caça, e da legislação vigente de proteção à fauna, tanto a fiscalização deficitária como o comércio ilegal de animais silvestres possibilitam à população a aquisição de animais da nossa fauna, muitas vezes inclusive ameaçados de extinção.

No caso estudado, o jacaré (*Caiman latirostris*) foi mantido em cativeiro até, provavelmente, não mais interessar ou se tornar uma ameaça. O proprietário utilizou uma forma comum existente de se livrar de um animal, introduzindo-o em qualquer lugar, sem critério. O mesmo é comum acontecer com cachorros, gatos e tartarugas, que são abandonados nos fins-de-semana nos parques.



FIGURA 1 – Área de Uso Público do Parque Estadual Alberto Löfgren mostrando os lagos onde o jacaré habitava.

O habitat do jacaré-de-papo-amarelo são os banhados, várzeas, rios e lagos (Companhia Energética de São Paulo - CESP, 1997). O Parque Estadual Alberto Löfgren possui um conjunto de lagos, aonde o jacaré introduzido passou a viver.

A vida dos crocodilianos é quase exclusivamente aquática. Na água nadam com destreza, e principalmente à noite caçam para se alimentarem. Sua alimentação é composta por tudo que possam caçar, de peixes e aves à mamíferos e outros répteis, bem como carnes em decomposição e o próprio homem (Santos, 1981).

As observações comportamentais realizadas, visando o monitoramento do animal, revelaram que o jacaré de início permanecia principalmente no lago C (FIGURA 1) do Parque Estadual Alberto Löfgren, em um local onde o público não tinha fácil acesso. No entanto, quando o animal cresceu e começou a ficar mais constantemente no lago B (FIGURA 1), sua presença no Parque passou a ser problemática.

Os jacarés têm o hábito de, durante o dia, deitarem-se nas margens das lagoas ou dos rios e ficarem aquecendo-se ao sol (Santos, 1981). Este jacaré saía das águas do lago B (FIGURA 1) do Parque num horário de intensa visitação pública, e tomava sol nas suas margens. Como não há cercas de proteção isolando a área, o público tentava, perigosamente, se aproximar do animal para tocá-lo.

Várias tentativas de retirada do jacaré-de-papo-amarelo do Parque foram feitas, por se tratar de um animal selvagem, que em caso de perigo, ou quando enraivecido ou atraído pela caça, sabe correr com ligeireza (Santos, 1981), sendo que na água seu corpo é ágil e com a cauda consegue dar violentas chicotadas (Ihering, 2002).

O primeiro procedimento efetuado foi o acionamento do Corpo de Bombeiros, que de dentro de um bote jogou sucessivas vezes, sem sucesso, uma rede sobre o jacaré. Além disso, o animal desaparecia constantemente de vista, provavelmente devido à presença dos visitantes do Parque, que se aglomeravam nas bordas do lago para observar as manobras e dificuldades em resgatar o jacaré. Constatou-se que os bombeiros demonstraram não ter treinamento adequado para a captura desse tipo de animal selvagem, e que a metodologia utilizada não estava adaptada às condições de um parque público, onde toda a movimentação era acompanhada por um grande número de pessoas.

Concluiu-se que a única maneira de resolver a questão seria a de trabalhar à noite, quando o Parque permanece fechado aos visitantes, utilizando-se a técnica de ofuscamento do animal. Dessa forma, numa madrugada conseguiu-se, depois de três tentativas e com o auxílio de um laço, um bote e uma lanterna para ofuscar os olhos do animal, laçar o jacaré, levá-lo até a margem do lago e imobilizá-lo.

Observou-se que o animal se encontrava ferido, devido ao emprego de uma corda de pequeno diâmetro, para um jacaré adulto, que estava na altura das últimas vértebras torácicas. A FIGURA 2 mostra o jacaré e a corda mencionada. Essa corda havia sido provavelmente colocada quando o animal ainda era filhote, por seu antigo dono, que negligentemente não a retirou ao soltá-lo no Parque.

O animal foi encaminhado ao DEPAVE, na Divisão Técnica de Medicina Veterinária e Biologia da Fauna (cadastro DEPAVE-3 nº 16075) para tratamento. O DEPAVE-3 é o órgão da Prefeitura Municipal de São Paulo que responde pelo atendimento médico-veterinário de animais silvestres de vida livre. No local descobriu-se que se tratava de uma fêmea, com aproximadamente 60 kg, 1,74 metros de comprimento e 88 cm de cauda. O animal apresentava uma lesão circular profunda na altura das últimas vértebras torácicas, atingindo o couro e a musculatura. Esta lesão era decorrente da corda antiga que não se rompeu com o crescimento do animal.

Depois da alta procurou-se um local para levar o jacaré, onde houvesse pelo menos um macho da espécie, para assim ser possível a reprodução.

A espécie é relativamente comum em zoológicos do Brasil (Verdade, 1997). A fêmea foi então transferida, com autorização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (Licença nº 001/2001), para o Parque Ecológico Mourão, localizado em Leme - SP, e pertencente à prefeitura local.

O caso do jacaré-de-papo-amarelo retrata bem o que vem a ser a falta de conscientização da população em relação à fauna silvestre, às espécies ameaçadas de extinção e às Unidades de Conservação, que são utilizadas como depósitos de animais, quando estes não interessam mais aos seus donos. Segundo Rocha (1997), em geral, a relação estabelecida entre a população e as Unidades de Conservação caracteriza-se pela falta de consciência quanto à importância das áreas protegidas.

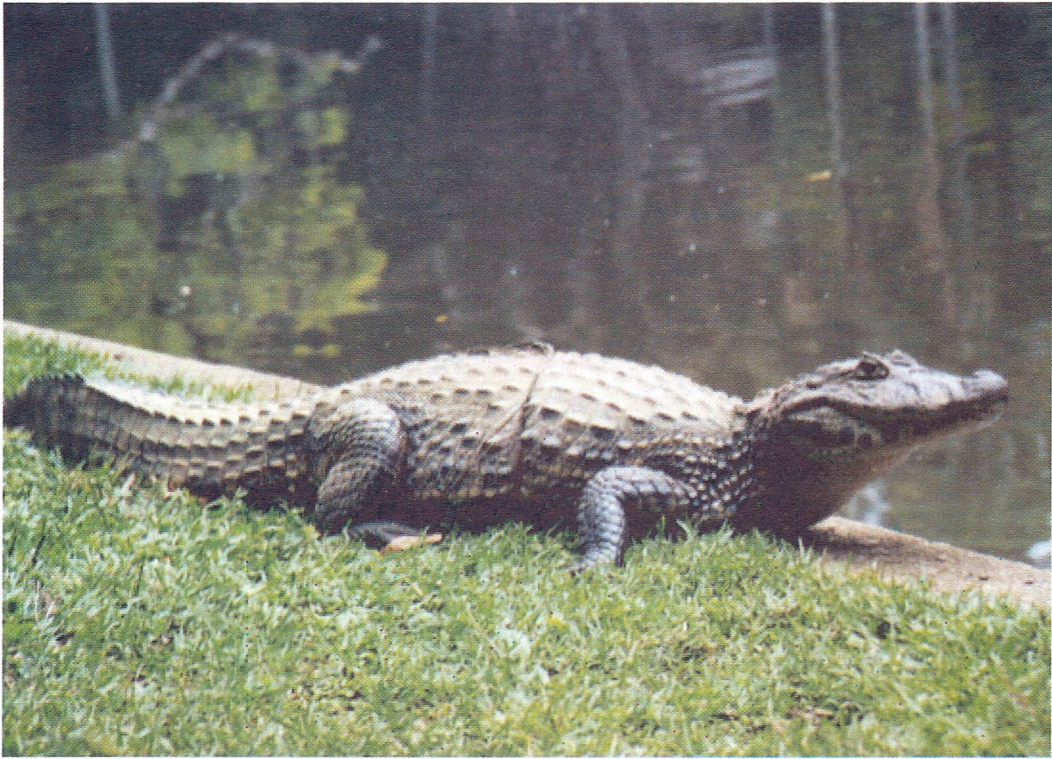


FIGURA 2 – O jacaré-de-papo-amarelo no Parque Estadual Alberto Löfgren.

A escassez de recursos humanos no Setor de Vigilância no Parque Estadual Alberto Löfgren facilitou, também, que tal acontecimento tenha ocorrido, ocasionando um imenso trabalho para resolver os problemas decorrentes da soltura indevida.

Faz-se, portanto, necessário um trabalho generalizado de Educação Ambiental com os visitantes, mostrando a importância das Unidades de Conservação e de nossa fauna. O aprofundamento de processos educativos ambientais apresenta-se com uma condição para construir uma nova racionalidade ambiental, que possibilite melhores relações entre a sociedade e a natureza (Medina, 1997).

4 CONCLUSÕES

- 1 - Existe uma falta de conscientização da população, de uma forma geral, em relação à fauna nativa e às espécies ameaçadas de extinção.

- 2 - As Unidades de Conservação são vistas como depósitos de animais, quando estes não interessam mais aos seus donos.

- 3 - Há escassez de recursos humanos na área de vigilância do Parque Estadual Alberto Löfgren, em relação ao tamanho da área e ao número de visitantes que o Parque recebe.

- 4 - Faz-se necessário um trabalho generalizado de Educação Ambiental, mostrando a importância desta Unidade de Conservação e do fim da soltura de animais estranhos ao local.

5 AGRADECIMENTOS

Ao desenhista Carlos Alberto de Freitas, pela ilustração, e à Assistente Técnica de Pesquisa Científica e Tecnológica Yara Cristina Marcondes, pela revisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Lei nº 5197, de 03 de janeiro de 1967. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. In: FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA - FBCN. **Legislação de conservação da natureza**. 4. ed. rev. e atual. São Paulo: Companhia Energética de São Paulo - CESP, 1986. p. 132-138.
- BRAZAITIS, P. The identification of living crocodilians. **Zoologica**, New York, v. 58, n. 3-4, p. 59-101, 1973.
- _____. The Caiman of Pantanal: past, present, and future. In: INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES - IUCN. **Crocodiles: their ecology, management, and conservation**. Gland, 1989. p. 119-124.
- _____.; YAMASHITA, C.; REBELO, C. A summary report of the CITES (Central South American) Caiman study. Phase I: Brazil. In: INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES - IUCN. **Crocodiles: their ecology, management, and conservation**. Gland, 1990. p. 100-115.
- CASTRO, A. G.; TAMAIIO, I. Caracterização do perfil dos usuários do Parque Estadual Alberto Löfgren - Horto Florestal da Capital. **IF Sér. Reg.**, São Paulo, n. 20, p.1-7, 1999.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP. **A fauna das nossas matas**. São Paulo, 1997. p. 13. (Série Divulgação e Informações, 203).
- DAY, G.; SCHEMNITZ, S.; TABER, R. D. Captura y marcación de animales silvestres. In: TARRÉS, R. R. (Ed.). **Manual de técnicas de gestión de vida silvestre**. Bethesda: The Wildlife Society, 1987. p. 93.
- GROOMBRIDGE, B. **IUCN Amphibia-Reptilia Red Data Book**. Part I: Testudines, Crocodylia, Rhynchocephalia. Cambridge: IUCN Conservation Monitoring Centre, 1982. 426 p.
- GUIX, J. C.; TRINCA, C. T.; PISCIOTTA, K. Population status of the broad-snouted Caiman (*Caiman latirostris*; REPTILIA; CROCODYLIA). In: MATEOS, E. *et al.* (Ed.). **Censuses of vertebrates in Brazilian Atlantic Rainforest area: the Paranapiacaba fragment**. Barcelona: Centro de Recursos de Biodiversidade Animal, 2002. chap. 11, p. 141-147.
- IHERING, R. von. **Dicionário dos animais do Brasil**. Rio de Janeiro: DIFEL, 2002. p. 273-275.
- MAGNUSSON, W. E.; MOURÃO, G. Manejo extensivo de jacarés no Brasil. In: VALLADARES-PADUA, C.; BODMER, R. E. (Org.); CULLEN Jr., L. (Org. Assoc.). **Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil**. Brasília, DF: CNPq; Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 1997. p. 214-221.
- MARQUES, O. A. U.; ABE, A. S.; MARTINS, M. Estudo diagnóstico da diversidade de répteis do Estado de São Paulo. In: JOLY, C. A.; BICUDO, C. E. de M. (Org.); CASTRO, R. M. C. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**, 6: vertebrados. São Paulo: FAPESP, 1998. p. 29-38. (Documento resultante do Workshop "Bases para a Conservação da Biodiversidade do Estado de São Paulo" realizado em Serra Negra - SP, Brasil, de 30 de julho a 2 de agosto de 1997).
- MEDINA, N. M. Breve histórico da educação ambiental. In: PADUA, S. M.; TABANEZ, M. F. (Org.). **Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil**. Nazaré Paulista: Instituto de Pesquisas Ecológicas - IPÊ, 1997. p. 257-269.
- ROCHA, L. M. da. Unidades de Conservação e organizações não governamentais em parceria: programas de Educação Ambiental. In: PADUA, S. M.; TABANEZ, M. F. (Org.). **Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil**. Nazaré Paulista: Instituto de Pesquisas Ecológicas - IPÊ, 1997. p. 237-245.
- SALES, E. R.; ESTON, M. R. de. Atividades de educação e interpretação ambiental no Parque Estadual Alberto Löfgren. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 193-203, 2000.
- SANTOS, E. **Anfíbios e répteis do Brasil (vida e costumes)**. 3. ed. Belo Horizonte: Itatiaia, 1981. 263 p. (Coleção Zoologia Brasileira, 3).
- SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 25341, de 04 de junho de 1986. Aprova o regulamento dos Parques Estaduais Paulistas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 5 jun. 1986, v. 96, n. 104, p. 3-4, Seção I.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 42838, de 04 de fevereiro de 1998. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção e as provavelmente ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo e dá providências correlatadas. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Fauna ameaçada no Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA/CED, 1998. p. 31-36. (Série Documentos Ambientais) (Série PROBIO/SP).

VERDADE, L. M.; LAVORENTI, A. Preliminary notes on the status and conservation of *Caiman latirostris* in the State of São Paulo, Brasil; directions of the captive breeding, reintroduction and management program. In: WORK. MEET. CROC. SPEC. GROUP/SSC/IUCN, 10., 1990. Gland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources - IUCN, 1990. p. 231-237.

VERDADE, L. M. Manejo e conservação do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) no Estado de São Paulo. In: VALLADARES-PADUA, C.; BODMER, R. E. (Org.); CULLEN Jr., L. (Org. Assoc.) **Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil**. Brasília, DF: CNPq; Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 1997. p. 222-232.

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 nº". 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 sequencialmente 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/outras, 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.



INSTITUTO
FLORESTAL

SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO
CUIDANDO DE GENTE

ERRATA

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL – v. 15, n. 2, dez. 2003

Página	Onde se lê:	Leia-se:
Verso da página de rosto	CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO: Paulo Nogueira Neto - Instituto de Biociências - USP Pedro Hernandez - INPE	CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO: Paulo Nogueira-Neto - Instituto de Biociências - USP Pedro Hernandez Filho - INPE