

Varição genética entre e dentro de populações de amendoim - *Pterogyne nitens*

Genetic variation among and within populations of the amendoim - *Pterogyne nitens*

Alexandre Magno Sebbenn
Ana Cristina Machado de Franco Siqueira
Paulo Yoshio Kageyama
Omar Jorge di Dio Junior

RESUMO: A distribuição da variação genética entre e dentro de populações de *Pterogyne nitens* Tul. foi estudada através dos caracteres altura e DAP, avaliados dos 5 aos 15 anos de idade, em um teste de progênies implantado no delineamento experimental de blocos de famílias compactas, localizado na Estação Experimental de Pederneiras, SP. O teste F da análise de variância não detectou diferenças significativas entre populações, para os dois caracteres, nas idades estudadas. Entretanto, para progênies dentro de populações, estes valores foram altamente significativos, revelando que a variação genética se encontra distribuída dentro das populações, concordantemente ao comportamento de outras espécies arbóreas tropicais, avaliadas a partir de caracteres quantitativos e isoenzimáticos. A sobrevivência de plantas no ensaio caiu de 89,58% aos 5 anos a 62,22% aos 15 anos, o que juntamente com a análise das médias de crescimento e incrementos médios anuais, mostram que a espécie não se adapta nem se desenvolve bem em plantios puros a pleno sol, sendo ideal no caso a consorciação com espécies pioneiras. O coeficiente de variação genética entre progênies foi, de modo geral, expressivo para os caracteres altura e DAP, em todas as idades avaliadas, favorecendo assim, a estratégia de conservação *ex situ* da espécie. Este resultado combinado com os altos valores obtidos do coeficiente de herdabilidade e do coeficiente de variação fenotípico dentro de progênies, para os caracteres, revelam o material genético como altamente potencial para programas de melhoramento.

PALAVRAS-CHAVE: Variação genética, Parâmetros genéticos, *Pterogyne nitens*, Caracteres quantitativos

ABSTRACT: The genetic variation among and within populations of *Pterogyne nitens* Tul. was studied on the height and the BHD traits, evaluated from 5 to 15 years old. The progeny trial was planted at Experimental Station in Pederneiras - SP in the compact family blocks design. The F test did not revealed significant genetic differences among populations, for both characteristics. However, for progenies within populations, these values were highly significant, showing high genetic variation among families within populations. This is according to the behavior of another tropical arboreal species, evaluated initially from quantitative characters and isozymes analysis. The survival plants were of the 89,58% (5 years) and 62,22% (15 years) and wich combined with the average growth and annual average increments for BHD and height show that the species is

not well adjusted for pure plantation, being ideal in the case the consorciation with pioneer species. The coefficient of genetic variation among progenies, heritability and the coefficient of phenotypic variation within progenies were expressives for characteristics, revealed the genetic material as highly potential for *ex situ* conservation and improvement programs.

KEYWORDS: Genetic variation, Genetic parameters, *Pterogyne nitens*, Quantitative characters

INTRODUÇÃO

O estudo da estrutura genética de populações naturais ou, em outras palavras, da distribuição da variação genética entre e dentro de populações de uma espécie, é de fundamental importância para delimitar as estratégias ótimas para a conservação, manejo e melhoramento de organismos. É também fundamental o conhecimento do seu sistema reprodutivo, visto que determina como os genes são recombinados e mantidos pela espécie para a perpetuação de sua variabilidade genética natural, base do seu contínuo potencial evolutivo.

A variação entre populações dentro de espécies florestais surge da adaptação das espécies às condições edafoclimáticas distintas, podendo-se esperar que populações que ocorrem em diferentes condições ecológicas tenham diferentes características adaptativas. Embora as populações estejam classificadas como pertencentes à mesma espécie, geralmente variam na sua constituição genética, em função de sua adaptação a diferentes *habitats* (Kageyama, 1977). Entretanto, estas diferenças podem ser minimizadas pelo fluxo gênico entre populações. Tendo em vista que até o início deste século, as florestas nativas na maioria das regiões brasileiras eram contínuas, favorecendo a intensa troca gênica entre populações, possivelmente as populações florestais remanescentes, apesar de atualmente reduzidas e fragmentadas, apresentem ainda muitos genes em comum, não sendo portanto, geneticamente tão divergentes. Espera-se que essa divergência entre populações seja tanto maior quanto for a distância entre populações, devido a limitações na dispersão do pólen e sementes.

Concordantemente, estudos da estrutura genética de populações naturais, a partir de marcadores genéticos, têm revelado baixa divergência genética entre populações, mostrando que a maior parte da variabilidade encontra-se dentro das populações. Dentre estes estudos pode-se citar os realizados por Loveless e Hamrick (1987) para *Alseya blackiana*, *Sorocea affinis*, *Psychotria horizontalis*, *Swartzia simples*, *Quaribea asterolepis*, entre outras; Eguiarte et al. (1992) para *Astrocarium mexicanum*; Moraes (1993) para *Miracrodum urundeuva*; Pérez-Nasser et al. (1993) para *Psychotria faxucens*; Alvarez-Buylla e Garay (1994) para *Cecropia paniculata* e Reis (1996) para *Euterpe edulis*.

O conhecimento da distribuição da variação genética entre e dentro de populações é de fundamental importância quando a espécie for manipulada geneticamente, dado que o sucesso de um método de seleção, visando o melhoramento genético ou a amostragem visando a conservação, vai depender da magnitude da variação genética disponível na população e do sistema reprodutivo da espécie. A estimativa de parâmetros genéticos em populações é possível através de testes de progêni- es de indivíduos tomados ao acaso na população a ser estudada (Fonseca, 1982).

Considerando que a devastação florestal decorrente da exploração extrativa de madeira, para atendimento das necessidades do país, especialmente do Estado de São Paulo, vem ocasionando a extinção de espécies de reconhecido valor comercial, comprometendo assim, seu potencial genético (Kageyama e Dias, 1982; Nogueira et al., 1986; Siqueira et al.,

1993), justifica-se o estudo da estrutura genética das espécies florestais nativas em perigo de extinção.

Dentre as espécies em perigo de extinção tem-se a *Pterogyne nitens* Tul. (Nogueira et al., 1986; FAO, 1996), vulgarmente conhecida por amendoim (SP).

Os objetivos deste trabalho são estudar a distribuição da variação genética entre e dentro de populações de *P. nitens*, avaliar a eficiência da conservação *ex situ* e inferir sobre as possíveis utilizações do material genético em futuros programas de melhoramento, através de parâmetros genéticos obtidos de caracteres quantitativos.

MATERIAL E MÉTODOS

A espécie *Pterogyne nitens* Tul.

A espécie é perenifólia a semicaducifólia, heliófita, pertencente a família Leguminosae - Caesalpinioideae, comumente com 10 a 15 m de altura e 50 cm de DAP, podendo atingir até 35 m de altura e 120 cm de DAP; o tronco é cilíndrico e reto; fuste com até 15 m de comprimento; as flores são geralmente bissexuais, porém, mais comumente masculinas (Carvalho, 1994); o sistema reprodutivo é possivelmente de planta alógama (Nogueira, et al., 1986); a dispersão é anemocórica. Distribui-se naturalmente entre as latitudes 06°S (CE/RN) a 28° (RS), ocorrendo no norte da Argentina, sul da Bolívia, noroeste do Paraguai e nos estados brasileiros de AL, BA, CE, ES, MG, MS, MT, PB, PE, PR, RJ, RN, e SP. No grupo sucessional a espécie é secundária inicial, comportando-se como pioneira em sítios arenosos e degradados; no estágio sucessional apresenta-se na vegetação secundária, em capoeiras. Ocorre em altitudes de 120 a 920 m, em solos de baixa fertilidade natural, desde arenosos até argilosos e em solos calcários. Ainda, a espécie é recomendada para plantios em vias urbanas, arborização de rodovias e reposição de matas ciliares em locais com inundações periódicas de rápida duração (Carvalho, 1994).

Características do ensaio

A conservação genética *ex situ* da espécie foi feita em forma de população base, através de teste de progênies e populações, no delineamento experimental de blocos de famílias compactas, uma adaptação de parcelas subdivididas, pelo fato de o efeito das progênies ser hierárquico em relação ao efeito de populações. Utilizaram-se 36 famílias de polinização livre (tratamentos) procedentes de 4 populações naturais: 10 famílias de Alvorada do Sul (PR), 11 de Bauru (SP), 8 de Ribeirão Preto (SP) e 7 de Teodoro Sampaio (SP). O ensaio foi instalado com 6 repetições, 5 plantas em linha por parcela, no espaçamento de 3 x 2,5 m, rodeado externamente por duas linhas de bordadura. As características geográficas dos locais de coleta encontram-se na Tabela 1.

O teste foi instalado em Pederneiras (SP), no ano de 1981. Esse local apresenta as se-

Tabela 1. Características geográficas dos locais de seleção das populações de *P. nitens*.

(Geographic characteristics of population selection sites of *P. nitens*.)

Município/Estado	Latitude (S)	Longitude (W)
Alvorada do Sul - PR	22°52'	53°14'
Bauru - SP	22°19'	49°05'
Ribeirão Preto - SP	21°11'	47°49'
Teodoro Sampaio - SP	22°30'	52°13'

guintes características: latitude de 22°22' S. e longitude de 40°44' W, altitude de 500 m e precipitação média anual de 1.112 mm. O solo é do tipo latossolo amarelo fase arenosa e o clima é do tipo Cwa, conforme classificação de Köppen (Ventura et al., 1965/1966).

Análise estatística

O ensaio foi mensurado anualmente, até a idade de 15 anos, sendo que Nogueira et al. (1986) apresentam os resultados de crescimento dos 4 primeiros anos e parâmetros genéticos do 4º ano. Por isso, aqui avaliou-se o comportamento genético dos 5 anos em diante. As características avaliadas foram DAP, altura, crescimento médio anual (M), incremento médio anual (IMA) e sobrevivência de plantas no ensaio. Os caracteres DAP e altura foram submetidas à análise de variância ao nível de mé-

dia de sub-parcelas, conforme o modelo estatístico aleatório: $Y_{ijk} = m + t_i + b_j + (tb)_{ij} + t'_{k(i)} + e_{ijk}$, onde: m é a média geral do caracter; t_i é o efeito aleatório da população i ($i = 1, 2, \dots, I$), alocadas nas parcelas; b_j é o efeito aleatório do bloco j ($j = 1, 2, \dots, J$); $(tb)_{ij}$ é o erro experimental ao nível de parcelas; $t'_{k(i)}$ é o efeito aleatório de progênies k ($k = 1, 2, \dots, K$), dentro da população i ($i = 1, 2, \dots, I$), alocadas nas sub-parcelas e, e_{ijk} é o efeito do erro ao nível de sub-parcela. A análise de variância processou-se de acordo com a Tabela 2. A variância fenotípica média dentro das sub-parcelas foi obtida através da média ponderada dos quadrados médios dentro das sub-parcelas, considerando-se a variação do número de plantas nas mesmas. As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas pela decomposição das esperanças dos quadrados médios da análise de variância, conforme Vencovsky (1977) e Kageyama (1980).

Tabela 2. Quadro da análise de variância com as fontes de variação (FV), os graus de liberdade (GL), esperanças dos quadrados médios [E(QM)] e quadrados médios testadores de F.

(Analysis of the variance with source of variation (FV), freedom degree (GL), mean square expectation [E(QM)] and mean square of the F test.)

FV	GL	QM	E(QM)	F
Blocos	J-1	Q1	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2 + K\sigma_{eA}^2 + IK\sigma_b^2$	Q1/Q3
Populações	I-1	Q2	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2 + K\sigma_{eA}^2 + JK\sigma_p^2$	(Q2+10)/(Q3+Q5) *
Erro A	(I-1)(J-1)	Q3	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2 + K\sigma_{eA}^2$	
Parcelas	IJ-1	Q4		
Progênies/Populações	$\Sigma(K_i-1)$	Q5	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2 + J\sigma_{p/p}^2$	Q5/Q10
Prog./Pop1	(K_1-1)	Q6	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2 + J\sigma_{p1}^2$	Q6/Q10
Prog./Pop2	(K_2-1)	Q7	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2 + J\sigma_{p2}^2$	Q7/Q10
Prog./Pop3	(K_3-1)	Q8	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2 + J\sigma_{p3}^2$	Q8/Q10
Prog./Pop4	(K_4-1)	Q9	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2 + J\sigma_{p4}^2$	Q9/Q10
Erro B	$\Sigma(K_i-1)(J-1)$	Q10	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_{eB}^2$	
Erro dentro	$J\Sigma K_i(n-1)$	Q11	σ_d^2	
Total	$J\Sigma K_i-1$	Q12		

Onde : J = número de blocos; I = número de populações; K_i = número de progênies por população; K = média ponderada do número de progênies por população, e; \bar{n} = média harmônica do número de plantas por parcela; * Os graus de liberdade para o teste F foram dados pelas estimativas de Satterthwaite, segundo Barbin (1998).

Os parâmetros estimados foram o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito em nível de plantas (\hat{h}^2), variação genética entre progênieis (CV_g), variação ambiental (CV_e), variação fenotípica dentro de parcelas (CV_p) e a relação

entre CV_g/CV_{exp} . Ressalta-se que a relação CV_g/CV_{exp} foi estimada somente ao nível de ensaio, já que a amostragem do número de famílias por populações era pequena, restringindo os ganhos na seleção.

RESULTADOS

O coeficiente de variação experimental (CV_{exp}), para todas as idades avaliadas, foi médio para altura e alto para o DAP (Tabelas 3 e 4), variando para o primeiro carácter de 18,50 a 23,39%, e para a segunda de 25,33 a 32,52%. A sobrevivência de plantas no ensaio foi baixa (Tabela 3), oscilando de 89,58% aos 5 anos, a 62,22% aos 15 anos. O crescimento médio em altura (Tabela 3) e DAP (Tabela 4) foi lento para as progênieis dentro das populações. As maiores médias para ambos caracteres foram obti-

das para as populações de Ribeirão Preto, SP, e Teodoro Sampaio, SP. Logicamente, o incremento médio anual (IMA) segue o mesmo comportamento para ambas, porém, diminuindo suavemente com a maturidade das plantas para altura e mantendo-se mais ou menos constante para o DAP. O teste F da análise de variância para altura de plantas (Tabela 3) e DAP (Tabela 4) não revelou diferenças significativas entre populações. Para altura de progênieis no ensaio (Tabela 3), o teste F revelou diferenças genéti-

Tabela 3. Médias de altura (M), incremento médio anual (IMA), resultados do teste F, coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) e sobrevivência em *P. nitens*.

(Height average (M), annual average increment (IMA), F test, coefficients of experimental variance (CV_{exp}) and survival rate in *P. nitens*.)

		Idades											
		n	5 anos	6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
Ensaio		35	2,28	2,69	2,99	3,40	3,91	3,90	4,12	4,55	4,51	4,57	5,39
Alv. do Sul		10	2,24	2,49	2,72	3,27	3,84	3,87	3,95	4,31	4,34	4,43	5,15
Bauru	M	11	2,37	2,82	2,99	3,45	3,92	3,96	4,02	4,60	4,41	4,37	5,25
Ribeirão Preto		8	2,05	2,59	3,14	3,46	3,95	3,86	4,38	4,67	4,67	4,97	5,98
Teo. Sampaio		7	2,46	2,86	3,18	3,41	3,97	3,89	4,17	4,66	4,72	4,56	5,36
Ensaio		35	0,46	0,45	0,43	0,42	0,43	0,39	0,37	0,38	0,35	0,33	0,36
Alv. do Sul		10	0,45	0,41	0,40	0,41	0,43	0,37	0,36	0,36	0,33	0,32	0,34
Bauru	IMA	11	0,47	0,47	0,43	0,43	0,43	0,39	0,36	0,38	0,34	0,31	0,35
Ribeirão Preto		8	0,41	0,43	0,45	0,43	0,44	0,35	0,40	0,39	0,36	0,36	0,40
Teo. Sampaio		7	0,49	0,48	0,45	0,43	0,44	0,40	0,38	0,39	0,36	0,33	0,36
Entre Pop.		4	1,29	1,03	1,01	0,34	0,20	0,28	0,50	0,58	0,55	0,51	0,92
Ensaio		35	2,39**	2,36**	3,04**	2,80**	3,62**	3,01**	2,58**	2,37**	2,30**	2,22**	2,63**
Alv. do Sul	F	10	1,62	1,81	2,57*	3,53**	3,55**	2,77**	2,48*	2,53*	2,10*	2,43*	1,98*
Bauru		11	1,73	1,39	2,57*	2,51	3,07**	2,31*	2,13*	2,17*	1,66	1,61	2,33*
Ribeirão Preto		8	1,90	2,65*	2,60*	2,76*	4,41**	4,81**	3,86**	2,75**	2,82**	2,34**	3,26**
Teo. Sampaio		7	2,64*	2,50*	2,62*	1,96	3,58**	2,38*	1,46	1,49	2,59*	1,90	1,92
Ensaio	CV_{exp}	35	18,97	19,27	19,00	20,60	18,50	19,77	23,39	21,25	20,84	23,23	21,76
Sobrevivência (%)		35	89,58	88,33	87,36	84,44	80,00	76,53	66,94	63,75	62,22	62,22	62,22

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4. Médias de DAP (M), incremento médio anual (IMA), resultados do teste F e coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) em *P. nitens*.

(DBF average (M), annual average increment (IMA), F test and coefficient of experimental variance (CV_{exp}) in *P. nitens*.)

		n	Idades									
			6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
Ensaio		35	2,91	2,99	4,43	4,73	4,87	5,24	5,68	5,79	6,64	6,71
Alvorada do Sul		10	2,69	2,85	4,03	4,50	4,67	5,42	5,39	5,72	6,42	5,58
Bauru	M	11	3,06	2,92	4,45	4,65	4,66	4,65	5,74	5,42	6,54	6,63
Ribeirão Preto		8	2,79	3,12	4,84	5,13	5,44	5,57	5,97	6,19	7,29	7,88
Teodoro Sampaio		7	3,08	3,14	4,46	4,69	4,92	5,63	5,65	6,01	6,36	7,10
Ensaio		35	0,48	0,42	0,55	0,53	0,49	0,48	0,38	0,39	0,44	0,45
Alvorada do Sul		10	0,45	0,41	0,50	0,50	0,47	0,49	0,36	0,38	0,43	0,37
Bauru	IMA	11	0,51	0,42	0,56	0,52	0,47	0,42	0,38	0,36	0,44	0,44
Ribeirão Preto		8	0,46	0,46	0,61	0,57	0,54	0,51	0,40	0,41	0,49	0,53
Teodoro Sampaio		7	0,51	0,45	0,56	0,52	0,49	0,51	0,38	0,40	0,42	0,47
Entre Pop.		4	0,66	0,51	1,33	0,86	0,97	1,33	0,80	0,51	1,00	1,79
Ensaio		35	2,15**	1,86**	1,65*	1,78*	1,65*	1,80*	2,05**	2,09**	1,84*	2,66**
Alvorada do Sul	F	10	1,62	2,01*	1,49	1,45	1,58	1,61	2,93**	2,43*	1,63	1,49
Bauru		11	1,40	1,62	1,27	1,53	1,57	1,18	1,42	1,34	1,67	2,17*
Ribeirão Preto		8	2,98**	1,98	1,64	2,51*	1,52	1,95	1,90	2,78*	1,57	1,60
Teodoro Sampaio		7	2,28*	1,35	1,32	1,19	1,24	1,44	1,23	1,23	1,88	1,56
Ensaio	CV_{exp}	35	27,13	28,61	26,19	27,77	32,52	31,01	25,33	28,23	28,55	27,38

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

cas significativas ao nível de 1% de probabilidade para todas as idades avaliadas, com valores oscilando entre 2,22 (14 anos) a 3,62 (9 anos). Para DAP (Tabela 4) o teste F apresentou diferenças significativas ao nível de 1% para os 6, 7, 12, 13 e 15 anos e a 5% para os 8, 9, 10, 11 e 14 anos de idade. Estes valores foram inferiores aos obtidos para altura, variando entre 1,65 (10 anos) a 2,66 (15 anos). Como pode ser observado nas Tabelas 3 e 4, a magnitude destes valores por carácter não oscilou muito entre as idades avaliadas. Para altura, estas diferenças significativas, entre progênies no ensaio, advêm em maior parte da alta e significativa variação genética detectada nas progênies da população de Ribeirão Preto, SP, seguida pela população de Alvorada do Sul, PR.

O coeficiente de herdabilidade no sentido restrito (\hat{h}^2), obtido para altura (Tabela 5), no ensaio foi alto, variando de 0,38 (5 anos) a 0,62 (9 anos), mantendo-se na maioria dos casos

dentro da faixa de 40% a 50%. Nas progênies dentro de população os maiores valores de herdabilidade para altura, em geral, foram obtidos para a população de Ribeirão Preto, variando de 0,26 (5 anos) a 0,98 (11 anos). A herdabilidade para o DAP (Tabela 6) apresentou valores inferiores aos encontrados para altura de plantas em todas as idades avaliadas. Ao nível de ensaio, variaram entre 0,21 (8 anos) a 0,36 (15 anos). Ao nível de progênies, dentro de populações, em média, os maiores valores de herdabilidade para DAP também foram obtidos para a população de Ribeirão Preto. O coeficiente de variação genética (CV_g) para os dois caracteres (Tabela 5 e 6), no ensaio, foi sempre alto, mantendo-se dentro da faixa de 10 a 20%. O coeficiente de variação ambiental (CV_e) para altura (Tabela 5) e DAP (Tabela 6), geralmente, apresentou valores médios nas idades avaliadas. O coeficiente de variação fenotípica dentro de parcela (CV_p) apresentou-se muito

alto para ambos os caracteres, porém, mantendo-se mais ou menos constante entre as idades avaliadas. A relação CV_g/CV_{exp} ou potencial de seleção dentro do ensaio, para altura e DAP,

(Tabela 5 e 6, respectivamente) apresentou valores bem expressivos, oscilando para altura de 0,54 (5 anos) a 0,81 (9 anos) e para DAP de 0,40 (8 e 10 anos) a 0,64 (15 anos).

Tabela 5. Coeficiente de herdabilidade (\hat{h}^2), de variação genética (CV_g), de variação ambiental (CV_e), de variação fenotípica dentro de parcelas (CV_d) e relação entre CV_g/CV_{exp} , para altura, em populações de *P. nitens*.

(Coefficient of heritability (\hat{h}^2), coefficient of genetic variation (CV_g), coefficient of environmental variation (CV_e), coefficient of phenotypic variation within plots (CV_d) and ratio between CV_g/CV_{exp} , for height in *P. nitens* population.)

		Idades										
		5 anos	6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
Ensaio		0,38	0,43	0,47	0,49	0,62	0,53	0,49	0,42	0,50	0,57	0,47
Alvorada do Sul		0,21	0,31	0,37	0,74	0,66	0,49	0,62	0,49	0,37	0,62	0,34
Bauru	\hat{h}^2	0,21	0,15	0,37	0,43	0,55	0,39	0,51	0,39	0,29	0,37	0,43
Ribeirão Preto		0,26	0,61	0,38	0,52	0,82	0,90	0,98	0,56	0,77	0,57	0,77
Teodoro Sampaio		0,44	0,47	0,38	0,28	0,61	0,40	0,21	0,20	0,59	0,39	0,35
Ensaio		11,20	11,24	13,56	13,81	14,96	14,03	14,69	12,43	13,36	15,52	13,88
Alvorada do Sul	CV_g (%)	8,32	10,25	13,05	18,35	15,80	13,48	17,54	14,32	11,76	16,75	12,19
Bauru		7,81	6,04	11,90	12,68	13,88	11,62	15,31	11,84	9,89	12,61	13,49
Ribeirão Preto		9,99	14,38	11,43	13,98	17,63	19,48	21,11	14,25	16,60	14,27	16,75
Teodoro Sampaio		11,25	11,10	11,34	10,03	14,66	11,93	9,16	8,18	13,94	12,53	11,91
	CV_e	10,18	12,53	6,56	11,39	8,25	10,67	15,33	13,51	13,49	16,07	13,06
Ensaio (%)	CV_d	32,79	29,99	36,54	35,18	33,98	34,10	36,22	33,63	32,55	34,38	35,66
	CV_g/CV_{exp}	0,54	0,58	0,71	0,67	0,81	0,71	0,63	0,58	0,64	0,64	0,64

Tabela 6. Coeficiente de herdabilidade (\hat{h}^2), de variação genética (CV_g), de variação ambiental (CV_e), de variação fenotípica dentro de parcelas (CV_d) e relação entre CV_g/CV_{exp} , para DAP, em populações de *P. nitens*.

(Coefficient of heritability (\hat{h}^2), coefficient of genetic variation (CV_g), coefficient of environmental variation (CV_e), coefficient of phenotypic variation within plots (CV_d) and ratio between CV_g/CV_{exp} , for DBF in *P. nitens* population.)

		Idades									
		6 anos	7 anos	8 anos	9 anos	10 anos	11 anos	12 anos	13 anos	14 anos	15 anos
Ensaio		0,27	0,25	0,21	0,24	0,24	0,27	0,24	0,28	0,29	0,36
Alvorada do Sul		0,21	0,29	0,21	0,19	0,21	0,21	0,43	0,35	0,22	0,11
Bauru	\hat{h}^2	0,13	0,18	0,11	0,20	0,21	0,06	0,10	0,09	0,23	0,26
Ribeirão Preto		0,55	0,28	0,25	0,67	0,19	0,31	0,21	0,43	0,20	0,14
Teodoro Sampaio		0,30	0,11	0,13	0,07	0,09	0,15	0,11	0,06	0,30	0,13
Ensaio		14,55	13,24	10,60	12,24	13,12	13,88	12,95	14,74	13,06	17,63
Alvorada do Sul		13,49	15,11	11,50	11,48	12,89	11,73	18,51	17,06	11,74	11,52
Bauru	CV_g (%)	9,23	11,56	7,49	11,37	12,90	7,49	8,81	8,85	11,86	14,96
Ribeirão Preto		22,25	13,55	10,53	20,04	10,49	14,23	11,41	17,64	9,85	9,02
Teodoro Sampaio		14,47	8,10	8,09	6,58	9,92	9,57	8,41	6,65	14,01	9,70
	CV_e	8,41	15,57	16,66	16,57	23,40	20,53	5,75	11,46	19,64	12,02
Ensaio (%)	CV_d	52,87	49,19	41,42	45,68	46,28	47,62	50,55	52,87	42,46	54,81
	CV_g/CV_{exp}	0,54	0,46	0,40	0,44	0,40	0,45	0,51	0,52	0,46	0,64

DISCUSSÃO

Comportamento silvicultural

Os valores médios do coeficiente de variação experimental (CV_{exp}), obtidos para altura (Tabela 3), e altos CV_{exp} para DAP (Tabela 4), possivelmente são decorrentes da mortalidade diferencial de plantas dentro das parcelas. Já, os maiores valores do CV_{exp} observados para DAP, relativamente à altura, devem ser decorrentes, além da mortalidade diferencial de plantas por parcela, da intensa ramificação do tronco de *P. nitens*, o que dificulta a precisão na sua mensuração. Cabe atentar que Ettori et al. (1995), consideraram valores do CV_{exp} na faixa de 20 a 30% como médios, entretanto, aqui considerou-se como de baixa precisão experimental.

A baixa sobrevivência de plantas no ensaio está associada, possivelmente, a problemas na produção das mudas, a tratos culturais inadequados, a silviculturais, como plantio a pleno sol e a problemas genéticos, como endogamia, decorrente do fato de que o material genético estudado foi originado de populações pequenas e fragmentadas, compostas por poucos indivíduos (devido à raridade), combinado com a inclusão, na amostragem, de algumas árvores isoladas, em beiras de estradas e dentro de pastagens. Tais fatores podem facilmente levar à autofecundação ou a cruzamentos entre indivíduos aparentados, caso a espécie não apresente barreira de autoincompatibilidade (gametofítica ou esporofítica).

A magnitude dos valores do CV_{exp} , combinados com a alta mortalidade de plantas no ensaio, sugere a necessidade de cuidados na interpretação dos parâmetros estimados. Quando a mortalidade de plantas no ensaio supera os 15%, as médias das parcelas com maior número de falhas tendem a ficar superestimadas pela menor competição resultante (Vencovsky e Barriga, 1992). O problema da

mortalidade nas análises estatísticas foi sanado, em parte, pela exclusão dos blocos 1 e 2, os quais apresentaram mortalidade mais elevada.

Os baixos valores expressos pelo crescimento médio anual (M) e incremento médio anual (IMA), para ambos os caracteres, estão associados à inadaptação da espécie a plantios puros. Nogueira et al. (1986) e Carvalho (1994), afirmam que a espécie não se desenvolve bem em plantios puros a pleno sol, sendo recomendada em plantios mistos associada com espécies pioneiras. A análise das médias e IMA, ao nível de progênies, dentro de populações, indicou que a população de Ribeirão Preto apresentou os melhores crescimentos, sugerindo maior adaptação ao ambiente de Pederneiras, SP. Atente-se para o fato de que os resultados apresentados por Nogueira et al. (1986) mostravam a população de Teodoro Sampaio, seguida pela de Bauru, como a de melhor crescimento em altura no 3^o e 4^o ano, comportamento que se repetiu aqui até o 6^o ano, mostrando a coerência nas estimativas.

Varição genética entre e dentro de populações

A análise da distribuição da variação genética entre e dentro das populações, para as características estudadas, revelaram que a maior parte da variação genética se encontra distribuída dentro das populações, concordantemente aos resultados encontrados para outras espécies arbóreas tropicais. A baixa divergência genética entre populações e alta variação dentro de populações foi igualmente observada para espécies arbóreas tropicais alógamas, como *Araucaria angustifolia* (Higa et al., 1992), *Dipteryx alata* (Siqueira et al., 1993)

e *Tabebuia vellosi* T. (Ettori et al., 1995), analisadas por caracteres quantitativos e em vários trabalhos realizados com marcadores isoenzimáticos (Hamrick, 1983; Hamrick et al., 1979; Hamrick e Godt, 1990). Entretanto, Fonseca (1982), estudando caracteres quantitativos em *Mimosa scabrella* B., detectou variação genética entre e dentro de populações para o caracter altura de plantas. É esperado que quanto mais distantes estejam localizadas as populações entre si, maior seja a divergência genética entre elas, devido à limitação na distância de dispersão de pólen e sementes, fazendo com que a seleção, para uma melhor adaptação ao ambiente específico, aumente as diferenças entre populações. As divergências entre populações podem ser incrementadas também pela existência de barreiras naturais, impedindo o fluxo gênico via pólen ou sementes. Como as populações aqui em estudo foram coletadas distantes uma das outras, mais de 100 Km, a hipótese inicial era de que houvesse uma certa divergência entre populações. No entanto, considerando que até o início deste século a maioria das florestas eram contínuas, permitindo que os vetores de dispersão (de pólen e sementes) percorressem longas distâncias, homogeneizando a variabilidade genética das populações, reduzindo os efeitos acentuados de seleção e restringindo a deriva genética e ainda, tendo em vista que o material aqui em estudo é originado dessas florestas, detectou-se baixa divergência genética entre as populações.

A baixa divergência genética entre populações de *P. nitens* sugere que no passado existiu intenso fluxo gênico entre elas, levando as distintas populações a compartilharem genes em comum. Todavia, no futuro, devido ao efeito da fragmentação dessas populações em estudo e a característica de raridade da espécie, (fatores que levam à redução no tamanho efetivo), possivelmente essas venham a sofrer efeitos de seleção e deriva genética que, por sua

vez, poderão aumentar a divergência entre elas e até levar à especiação e/ou à extinção de algumas populações ou ainda, infelizmente, da espécie.

Quanto à variação genética dentro das populações, a de Ribeirão Preto foi a que apresentou, em média, maiores valores para o teste F, para altura e DAP, indicando bons níveis de variação genética a ser explorada em programas de melhoramento.

O comportamento da distribuição da variação genética entre e dentro de populações, indica que a estratégia a ser adotada para a conservação *ex situ* e até *in situ*, da espécie, é através de poucas populações com bons níveis de variabilidade. Dentre as populações aqui estudadas, a população de Ribeirão Preto é a mais adequada para este fim, dado a sua maior variabilidade genética. Entretanto, como dito anteriormente, esta encontra-se fragmentada e constituída por um pequeno número de exemplares, o que pode inviabilizar a estratégia da conservação *in situ*. Da mesma forma, a conservação *ex situ* dessa população incluiu apenas representantes de 8 famílias, restringindo sua eficiência. Este problema pode ser contornado através da conservação *ex situ* multipopulacional, ou seja, na medida do possível, deve-se procurar incluir no ensaio um maior número de famílias e de populações, advindas de outras localidades, a fim de incrementar a eficiência do programa.

Quanto ao ensaio ou conjunto de populações, para ambos os caracteres, observam-se altos níveis de variação genética, pressupondo que a estratégia de conservação *ex situ* para a espécie foi eficiente, com a possibilidade de progressos em futuros programas de melhoramento. Entretanto, reforça-se a idéia da ampliação da base genética pela inclusão de novas famílias destas populações e/ou novas populações, visando a obtenção de maiores ganhos com a seleção.

Parâmetros genéticos

As estimativas de variação genética, genética aditiva, fenotípica, fenotípica dentro de parcelas, herdabilidades e coeficientes de variação, são parâmetros populacionais, porém, suas estimativas para conjuntos de acessos (aqui neste caso populações) servem como indicativos do potencial genético do material para a conservação e melhoramento.

Os altos valores observados para o coeficiente de herdabilidade (para as plantas), para o caracter altura de plantas (Tabela 5) no ensaio (estimativa feita agrupando-se todas as populações) e para cada população, indicam que a expressão fenotípica observada nas plantas é fortemente controlada pelo seus genótipos, e portanto, que o material apresenta potencial para o melhoramento. Observe-se que os valores de herdabilidade aumentaram sensivelmente com a maturidade das árvores, provavelmente devido à liberação de espaço pela mortalidade, permitindo uma maior expressão dos genes. Para o DAP (Tabela 6), a magnitude desse parâmetro no ensaio foi bem inferior ao obtido para altura, contudo, também com valores promissores para o melhoramento. Quanto às progênies dentro de populações, em média, a população de Ribeirão Preto foi a que apresentou maiores herdabilidades, sugerindo maior eficiência na estratégia de conservação *ex situ* da população. Estes altos valores do coeficiente de herdabilidade obtidos no ensaio e nas progênies dentro de populações são decorrentes do fato de que este material genético nunca foi submetido a seleção artificial. Nogueira et al. (1986), estudando o mesmo ensaio, aos 4 anos de idade encontrou para a altura coeficientes de herdabilidade variando de 0,11 (Alvorada do Sul) a 0,40 (Bauru), valores inferiores aos observados neste estudo, aos 15 anos de idade.

O coeficiente de variação genética entre progênies (CV_g) foi muito expressivo para os caracteres estudados no ensaio e populações

em todas as idades avaliadas, revelando eficiência na estratégia de conservação *ex situ*. Estes valores foram muito superiores aos encontrados, para a mesma espécie, aos 4 anos de idade, para altura, ao nível de população, por Nogueira et al., (1986), os quais variaram de 0,80 a 3,73%. Etori et al., (1996), revisando a literatura sobre o comportamento de parâmetros genéticos em essências florestais nativas, encontraram para essas, em todas as populações e idades avaliadas, CV_g inferiores aos encontrados neste estudo.

O coeficiente de variação fenotípico dentro de parcelas (CV_d) apresentou-se bem superior ao CV_g , mostrando um alto potencial genético para a seleção dentro das famílias, visto que $\frac{3}{4}$ da variância genética aditiva se encontra entre plantas dentro de famílias. Este parâmetro é de grande valor em programas de melhoramento, dado que permite um ganho adicional, pela seleção dentro de progênies. Portanto, a magnitude dos valores do CV_d , reforçam a hipótese da eficiência de ganhos em trabalhos de melhoramento com a espécie. Concordantemente, a relação CV_g/CV_{exp} ou potencial de seleção no ensaio, apresentou valores relativamente altos, indicando que a seleção no ensaio poderá ser realmente efetiva para os caracteres avaliados, em especial para a altura.

Finalizando, o problema causado pela alta mortalidade de plantas no ensaio, resultando em uma sobrevivência de apenas 64,22% das plantas aos 15 anos, não afeta o objetivo da conservação da espécie, em si, porém afeta as estratégias de seleção no ensaio, devido à redução no número de plantas por família. Do ponto de vista da conservação, as plantas remanescentes, ainda representam uma fonte original de variação genética, que poderá ser mantida por algum método de propagação vegetativa (enxertia, cultura *in vitro* etc), ou mesmo, sensivelmente ampliada pela

polinização livre ou controlada. Tais práticas, associadas à ampliação da base genética do material, através da inclusão de novas famílias

e/ou populações, permitirá a exploração do material em futuros programas de melhoramento.

CONCLUSÕES

A análise das médias e incrementos médios anuais para os caracteres altura e DAP, dos 5 aos 15 anos de idade, revelaram um crescimento lento e que a espécie não se desenvolve bem a pleno sol, sendo indicado seu plantio em povoamentos mistos (com sombreamento).

A alta mortalidade de plantas no ensaio reduziu a precisão experimental, superestimando a variância dentro das parcelas e assim, a confiabilidade do teste F e dos parâmetros genéticos.

A análise da distribuição da variação genética entre e dentro das populações de *P. nitens* não revelou diferenças genéticas entre populações, somente dentro das populações para os caracteres altura de plantas e DAP, mostrando que a melhor estratégia para a conservação da

espécie é através de poucas populações com alta variação genética dentro.

Os resultados do teste F, combinados aos expressivos valores de herdabilidades e coeficientes de variação genética entre e dentro de progênies, obtidos para o ensaio e populações, confirmam a eficiência da estratégia de conservação *ex situ*, e mostram boas perspectivas para a utilização do material em futuros programas de melhoramento.

Cabe ressaltar, que caso o ensaio seja manejado, pelo estímulo da sua regeneração natural, os resultados aqui encontrados indicam boas perspectivas para a eficiência da estratégia de conservação *ex situ* no tempo evolutivo.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

ALEXANDRE MAGNO SEBBENN é Engenheiro Florestal do Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Caixa Postal 1322 – 01059-970, São Paulo, SP – E-mail: amsebben@carpa.ciagri.usp.br

ANA CRISTINA MACHADO DE FRANCO SIQUEIRA é Pesquisador Científico do Instituto Florestal de São Paulo. Caixa Postal 1322 – São Paulo, SP. - 01059-970

PAULO YOSHIO KAGEYAMA é Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. Avenida Pádua Dias, 11 – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: kageyama@carpa.ciagri.usp.br

OMAR JORGE DI DIO JUNIOR é Engenheiro Agrônomo do Instituto Florestal, locado na Estação Experimental de Jaú - Pouso Alegre de Baixo - Km 6 - Caixa Postal 15 – Jaú, SP - 017210-970

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ-BUYLLA, E.R.; GARAY, A.A. Population genetic structure of *Cecropia obtusifolia*, a tropical pioneer species. **Evolution**, v.48, p.2, p.437-453, 1994.

BARBIN, D. **Componentes de variância: teorias e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 120p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640p.

- EGUIARTE, L.E.; PEREZ-NASSER, N.; PIÑERO, D. Genetic structure, outcrossing rate and heterosis in *Astrocaryum mexicanum* (tropical palm): implications for evolution and conservation. **Heredity**, v.69, p.217-228, 1992.
- ETTORI, L.C.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; NOGUEIRA, J.C.B.; FERREIRA, A.B.; ZANATTO, A.C.S. Conservação *ex situ* dos recusos genéticos de ipê amarelo (*Tabebuia vellosi* Tol.) através de teste de procedências e progênes. **Revista do Instituto Florestal**, v.7, n.2, p.157-168, 1995.
- FAO. **Panel of experts in forest gene resources**. Roma, 1996. 64p.
- FONSECA, S.M. **Variações fenotípicas e genéticas em bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham)**. Piracicaba, 1982. 86p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- HAMRICK, J.L. The distribution of genetic variation within and among natural plant population. In: SCHONE-WALD-COX, C.M.; CHAMBERS, S.H.; MacBYDE, B.; THOMAS, L. **Genetics and conservation**. Menlo Park: Benjamin Cummings, 1983. p.335-348.
- HAMRICK, J.L.; GODT, M.J.W. Allozyme diversity in plant species. In: Brown, A.H.D.; Clegg, M.T.; Kahler, A.L.; Weir, B.S., ed. **Plant population genetics, breeding and genetic resources**. Sunderland: Sinauer, 1990. p.43-63.
- HAMRICK, J.L.; LINHART, Y.B.; MITTON, J.B. Relationships between life history characteristic and electrophoretically detectable genetic variation in plants. **Annual review of ecology and systematics**, v.10, p.173-200, 1979.
- 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. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, parte 4, p.1217-1224, 1992.
- KAGEYAMA, P.Y. **Variação genética em procedências de *Pinus oocarpa* Shiede na região de Agudos, SP**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1977. 83p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- KAGEYAMA, P.Y. **Variação genética em progênes de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden**. Piracicaba, 1980. 125p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- KAGEYAMA, P.Y.; DIAS, I.S. Aplicação da genética em espécies florestais nativas. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, n.2, p.782-791, 1982.
- LOVELESS, M.D.; HAMRICK, J.L. Distribucion de la variacion en espécies de arboles tropicales. **Revista biologia tropicales**, v.35, supl.1, p.165-175, 1987.
- 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**. Piracicaba, 1993. 139p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.
- NOGUEIRA, J.C.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; MORAIS, E.; IWANE, M.S.S. Estudo de progênes e procedências de *Pterogyne nitens* Tul. **Boletim técnico do Instituto Florestal**, v.40A, n.2, p.357-366, 1986.
- PÉREZ-NASSER, N.; EGUIARTE, L.E.; PIÑERO, D. Mating system and genetic structure of the distylous tropical tree *Psychotria faxlucens* (Rubiaceae). **American journal of botany**, v.80, n.1, p.45-52, 1993.
- REIS, M.S. **Distribuição e dinâmica da variabilidade genética em populações naturais de palmitreiro (*Euterpe edulis* M.)**. Piracicaba, 1996. 210p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz . Universidade de São Paulo.
- SIQUEIRA, A.C.M.F.; NOGUEIRA, J.C.B.; KAGEYAMA, P.Y. Conservação de recursos genéticos *ex situ* de cumbaru (*Dipteryx alata*) Vog. - Leguminosae. **Revista do Instituto Florestal**, v.5, n.2, p.231-243, 1993.
- VENCOVSKY, R. **Princípios de genética quantitativa**. Piracicaba: ESALQ/USP. Departamento de Genética, 1977. 97p.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M.A.M. Características edafoclimáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v.4, p.57-139, 1965/1966.