

VARIABILIDADE GENÉTICA E INTERAÇÃO GENÓTIPO X LOCAIS EM JEQUITIBÁ-ROSA - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.¹

Alexandre Magno SEBBENN²

Ana Cristina Machado De Franco SIQUEIRA²

Lêda Maria do Amaral GURGEL GARRIDO³

Eliana Maria Rangel de Almeida ANGERAMI²

RESUMO

Três populações naturais de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. foram plantadas em forma de população base em Pederneiras, SP, e Luiz Antonio, SP, no delineamento experimental de blocos de famílias compactas, visando à conservação *ex situ* e à avaliação do material para futuros programas de melhoramento. O ensaio implantado no ano de 1982 foi avaliado para altura e DAP aos 4, 6, 11 e 14 anos de idade. A análise dos dados revelou que o material apresenta boa adaptação aos dois locais pesquisados. A análise da estrutura genética das populações revelou variação genética significativa entre e dentro de populações aos 6, 11 e 14 anos de idade, para ambos os caracteres e locais de ensaio. A análise de variância conjunta para locais revelou interações do tipo populações x locais e progênies x populações, indicando que a seleção para o melhoramento da espécie deva ser praticada a nível de locais. As estimativas dos parâmetros genéticos dos caracteres estudados indicaram que a estratégia de conservação *ex situ* foi eficiente e revelaram o material também como potencial para a seleção. Os ganhos estimados pela seleção entre e dentro de progênies, foram relativamente altos para alguns caracteres e populações, chegando a atingir o patamar de 14%.

Palavras-chave: interação genótipo x locais; variabilidade genética; conservação *ex situ*; jequitibá-rosa - *Cariniana legalis*.

1 INTRODUÇÃO

O jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. distribui-se naturalmente nos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Pernambuco (REITZ, 1981; CORRÊA, 1984). A espécie é monóica

ABSTRACT

Tree populations of *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. were planted in Pederneiras and Luiz Antonio-SP, in a compact family block experimental design, seeking *ex situ* conservation and the material evaluation for improvement programs. The trial, implanted in 1982, was evaluated for tree height and DBH at 4, 6, 11 and 14 years old. The analysis revealed that the material presented a good site adaptation in both places. Population genetic structure analyses displayed significant genetic variation among and within populations with 6, 11 and 14 years old, for both studied traits and sites. The joint analysis for sites presented populations x local and progenies x populations interactions, indicating that the selection for improvement of the species should be done, at site level. The genetic parameters estimatives of studied traits, indicated that the strategy of *ex situ* conservation was efficient and showed that the material is potential for selection. The estimated gains by the selection among and within progenies were relatively high for some traits and populations, reaching fourteen percent.

Key words: genotype x local interaction; genetic variability; *ex situ* genetic conservation; jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* Mart.

com flores hermafroditas. A madeira é leve e usada para tabuados em geral, carpintaria civil, artigos escolares, saltos de sapato, tonéis e mobiliário em geral (MAINIERI, 1970). A espécie está em vias de extinção, apresentando um reduzido número de exemplares em ocorrência natural (SIQUEIRA *et al.*, 1986; ITOMAN *et al.*, 1992).

(1) Aceito para publicação em abril de 2000.

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

(3) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. (Bolsista do CNPq)

A conservação genética está diretamente relacionada com atividades para salvar e prevenir a perda de genes, de complexos gênicos e genótipos e, em outro extremo, prevenir a extinção de toda uma categoria taxonômica (ZOBEL & TALBERT, 1984). Esta atividade baseia-se na continuidade do potencial evolutivo das espécies, uma vez que a diversidade genética é condição essencial para a adaptação às mudanças ambientais. A redução da diversidade genética restringe o potencial de ajustes genéticos a quaisquer mudanças do ambiente, sejam elas naturais, econômicas ou sociais (FRANKELL, 1977).

A concentração de esforços na conservação genética de espécies arbóreas deve ser determinada pela distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações, de modo a preservar o máximo de variabilidade das populações naturais. Inúmeras espécies estão se extinguindo ou perdendo irreversivelmente seus recursos genéticos pela falta de conhecimento de sua biologia, do potencial para diferentes usos e da variabilidade genética existente entre e dentro de populações. A conservação genética de populações de plantas que apresentem pouco interesse na atualidade e cuja estrutura genética é conhecida, deve pautar-se por um procedimento amostral tão amplo quanto possível (KAGEYAMA & DIAS, 1985).

A conservação e o melhoramento de essências florestais nativas é de importância inquestionável, dada a grande devastação das florestas tropicais no Brasil e no planeta, resultando na redução da biodiversidade de espécies florestais e, devido à utilização industrial em larga escala de uma proporção muito pequena dos recursos genéticos florestais, ficando as grandes empresas reflorestadoras restritas a poucas espécies exóticas do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. Assim, é fundamental que os recursos genéticos sejam imediatamente conservados em forma de bancos de germoplasmas, tanto *in situ* como *ex situ*, para fins de utilização futura.

Para a eficiente conservação e o melhoramento de qualquer organismo é fundamental o estudo de sua adaptação a vários ambientes, levando em consideração a interação genótipo x ambiente.

A interação genótipo x ambiente foi definida por SHELBOURNE (1972), como sendo a variação entre genótipos em resposta a diferentes condições ambientais. QUIJADA (1980) define o fenômeno como a falta de uniformidade na resposta de dois ou mais grupos de plantas cultivadas em dois ou mais ambientes, sendo que um grupo pode demonstrar

bom crescimento em um ambiente, mas desenvolver-se mal em outro. BARNES *et al.* (1984) também definiram a interação genótipo x ambiente como a falta de uniformidade das diferenças entre os genótipos em vários ambientes: a sua presença indica que na comparação entre genótipos, um pode ser melhor em um ambiente e medíocre em outro.

Conforme RAMALHO *et al.* (1989), nem sempre a presença de interação implica na adaptabilidade dos materiais genéticos. Outra situação a considerar seria aquela em que uma interação simples seja detectada, quando o efeito ambiental sobre o material genético ocorra de maneira multiplicativa ao invés de aditiva.

Recomenda-se a instalação de testes de procedências ou progênies em mais de um ambiente para avaliar a interação genótipo x ambiente. Nos testes de progênie, a estimativa da variância genética é confundida com o componente da interação progênie x ambiente. Quando estes testes são realizados em um só ambiente, conduzem a uma superestimação do ganho esperado (ZOBEL & TALBERT, 1984).

Conforme VENCOSKY & BARRIGA (1992), a interação genótipo x ambiente é composta de duas partes: uma devida à diferença de variabilidade genética do material entre os ambientes, considerada a parte simples da interação; a outra, considerada complexa, além de ser função das variabilidades genéticas é também função da falta de correlação que pode ser alta ou baixa.

O trabalho em questão avalia o comportamento silvicultural e genético de três populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze., visando à conservação de seus recursos genéticos e ao melhoramento florestal, tendo como objetivos específicos: a) caracterizar a estrutura genética das populações; b) estudar o comportamento dos genótipos em dois ambientes distintos; c) estimar a variabilidade genética das populações; d) verificar a eficiência da estratégia de conservação *ex situ* da espécie, e e) fazer inferências sobre as possíveis estratégias de melhoramento da espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 38 progênies de polinização livre, obtidas de matrizes em ocorrência natural a partir de três procedências distintas: Porto Ferreira (13), Campinas (14) e Piracicaba (14), Estado de São Paulo. A coleta das sementes foi efetuada seguindo as recomendações de SHIMIZU *et al.* (1982).

Os testes de progênies foram instalados em dois locais: Luiz Antonio, SP, e Pederneiras, SP, ambas estações experimentais do Instituto Florestal de São Paulo. Luiz Antonio situa-se a 21°40’ de latitude sul e 47°49’ de longitude oeste, com altitude média de 550 metros, sendo o solo do tipo Latossol Roxo. Pederneiras situa-se a 22°22’ de latitude sul e 48°44’ de longitude oeste, com altitude média de 500 metros, sendo o solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa. Ambas as localidades têm tipo climático Cwa segundo a classificação de Köppen (VEIGA, 1975).

Os testes de progênies e procedências foram instalados segundo o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com procedências constituindo as parcelas e progênies constituindo as sub-parcelas, com seis repetições, numa adaptação do “compact block family” segundo WRIGHT (1976). As sub-parcelas foram lineares, constituídas por 5 plantas, com espaçamento de 3,0 x 2,0 metros, para os dois locais.

Os ensaios foram avaliados aos 4, 6, 11 e 14 anos de idade, para os caracteres altura e DAP

(diâmetro à altura do peito). Através da análise de variância em nível de médias de parcelas, foram estimados os parâmetros genéticos dos dois caracteres, conforme KAGEYAMA (1983) e PATIÑO-VALERA (1986).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Comportamento da Espécie aos Locais de Ensaio

Na TABELA 1, os crescimentos médios em altura e DAP foram diferentes entre as populações para os dois locais, em todas as idades avaliadas. Porém, comparando-se as populações entre locais, as diferenças nos crescimentos em altura e DAP, foram pequenas, sendo Luiz Antonio o local de melhor desempenho. Em ambos os locais a Pop. I apresentou o maior crescimento e a Pop. II o menor para os dois caracteres, sugerindo ausência de interação complexa entre populações e locais. Estes resultados mostram uma boa adaptação da espécie para os dois locais de ensaio.

TABELA 1 - Crescimento (M) e incremento médio anual (IMA) para altura e DAP e coeficiente de variação experimental (CV_{exp}), em três populações de *C. legalis*, na E. E. de Pederneiras e na E. E. de Luiz Antonio, SP, avaliadas aos 4, 6, 11 e 14 anos de idade.

Estação Experimental de Pederneiras, SP ¹								
		Altura (m)				DAP (cm)		
		4	6	11	14	6	11	14
Pop. I	M	3,79	5,36	8,33	10,53	6,44	9,74	11,74
Pop. II		3,66	4,92	7,68	9,87	5,75	8,86	10,73
Pop. III		3,75	5,26	8,29	10,47	5,95	9,30	11,26
Pop. I	IMA	0,87	0,89	0,76	0,75	1,07	0,88	0,84
Pop. II		0,91	0,82	0,70	0,70	0,96	0,80	0,77
Pop. III		0,94	0,88	0,75	0,75	0,96	0,84	0,80
Ensaio	CV _{exp} (%)	10,97	12,98	14,38	12,92	19,91	18,53	17,15
Estação Experimental de Luiz Antonio, SP ²								
		Altura (m)				DAP (cm)		
		4	6	11	14	6	11	14
Pop. I	M	3,80	5,37	8,41	10,64	6,53	9,90	11,97
Pop. II		3,68	4,98	7,75	9,95	5,88	9,04	10,93
Pop. III		3,76	5,28	8,33	10,53	5,96	9,34	11,27
Pop. I	IMA	0,95	0,90	0,76	0,75	0,74	0,90	0,85
Pop. II		0,92	0,83	0,70	0,71	0,98	0,82	0,78
Pop. III		0,94	0,88	0,76	0,75	0,99	0,85	0,80
Ensaio	CV _{exp} (%)	10,85	13,19	15,04	13,27	19,57	18,71	17,53

(1) Pop. I = 13 progênies de Porto Ferreira, SP; Pop. II = 14 progênies de Piracicaba, SP; Pop. III = 14 progênies de Campinas, SP.
(2) Pop. I = 17 progênies de Porto Ferreira, SP; Pop. II = 16 progênies de Piracicaba, SP; Pop. III = 17 progênies de Campinas, SP.

Considerando-se as pequenas diferenças observadas nos crescimentos entre a Pop. I e Pop. III e a grande diferença em relação a Pop. II, em ambos os locais de ensaio, é possível recomendar-se, para reflorestamentos nessas duas regiões, que as sementes sejam coletadas preferencialmente dessas populações (Porto Ferreira e Campinas, SP).

Comparando-se os resultados de altura aos quatro e seis anos (TABELA 1), com os apresentados por CARVALHO (1994), para a mesma espécie, em Jaboticabal, SP, aos 4 anos de idade, plantada no espaçamento 2,0 x 2,0 m em Latossolo Vermelho Escuro, 2,1 m e em Laranjeiras do Sul, PR, aos 6 anos, plantada no espaçamento 3,0 x 3,0 m em Latossolo Roxo distrófico, 2,80 m, observa-se uma clara superioridade no desenvolvimento das três populações de *Cariniana legalis* em Pedemeiras e Luiz Antonio, SP. Entretanto, quando são comparados os crescimentos de altura e DAP aos 14 anos de idade, aqui encontrados, com os apresentados por CARVALHO (1994), para São Simão, SP, aos 14 anos, no espaçamento 2,0 x 2,0 m em Latossolo Roxo distrófico, 13,55 m e 16,1 cm, (altura e DAP, respectivamente), observa-se que as populações estudadas apresentaram um desenvolvimento inferior, chegando a diferenças em torno de 27% para altura e 33% para DAP. Estas diferenças estão em parte, associadas aos diferentes espaçamentos adotados nos ensaios, dado que menores espaçamentos tendem a maiores crescimentos iniciais em altura. Além do mais, São Simão localiza-se próximo a Luiz Antonio e apresenta solos e condições climáticas e geográficas semelhantes. Diferenças tão contrastantes no desenvolvimento da espécie em diferentes condições experimentais, mostram a importância de estudos silviculturais das espécies nativas (espaçamento, adubação, plantios mistos com outras espécies, etc.), visando otimizar a produção de madeira. Do ponto de vista da conservação o importante é que o germoplasma adapte-se aos locais de ensaio, ou seja, que todas os indivíduos tenham condições de se manter vivos, completando seu ciclo de vida normal. Quanto ao melhoramento da espécie, o quadro muda, dado que o aumento na produtividade pode ser atingido em parte pela seleção de genótipos superiores e em parte pelo melhoramento das condições silviculturais, sendo o ideal, a combinação destes dois fatores.

O incremento médio anual (IMA) diminuiu sensivelmente com a maturação das árvores para todas as populações nos dois caracteres. Contudo, considerando a magnitude dos IMA aos 14 anos,

em torno de 0,70 m para altura e 0,8 cm para o DAP, nota-se que a espécie ainda está em pleno desenvolvimento. Os resultados dos crescimentos médios em altura e dos IMA, de modo geral, mostraram a espécie como bem adaptada aos dois locais de ensaio.

A sobrevivência no ensaio de Pedemeiras aos 14 anos foi de 78,12% e de Luiz Antonio de 85,7%, sendo esta pequena diferença entre locais, atribuída, possivelmente, a diferenças nos tratamentos culturais. Segundo VENCovsky & BARRIGA (1992), mortalidades acima de 15% podem resultar em superestimativas das médias das parcelas onde o número de falhas é maior, resultando em erros nas estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos. Contudo, a maioria das parcelas com mortalidade perdeu apenas uma planta.

O coeficiente de variação experimental em todas as idades e caracteres, variou de 10 a 20%, valores que estão dentro dos limites aceitáveis na experimentação florestal, conforme RESENDE *et al.* (1992), mostrando um bom controle ambiental nos ensaios, favorecendo a confiabilidade nas estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos.

3.2 Estrutura Genética e Interação Genótipos x Locais

A estrutura genética ou a distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações para cada local e a interação populações x locais e progênies/população x locais, em *Cariniana legalis*, foram estudadas pela análise de variância, sendo os resultados do teste F apresentados para os quadrados médios na TABELA 2.

Na TABELA 2, os resultados do teste F da análise de variância mostraram diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade entre locais para altura em todas as idades avaliadas e para o DAP na idade de 6 anos. Estas diferenças, possivelmente, estão associadas às diferenças edafoclimáticas entre os locais de experimentação. Entre populações, o teste F detectou diferenças significativas, também a 1% de probabilidade, para altura e DAP, nas idades de 6, 11 e 14 anos. Nestas mesmas idades, detectou-se interação populações x locais significativas a 1%, sendo estas, provavelmente, do tipo simples, como visto pelo comportamento do crescimento médio para ambos os caracteres. Tal interação implica em diferenças no desenvolvimento ou produtividade das populações nos diferentes ambientes, porém o ranquim de produtividade é o mesmo nos dois locais, ou seja, as populações de melhor e pior desempenho em um local também o serão em outro.

TABELA 2 - Quadrados médios e significância do teste F para análise conjunta de altura e DAP em dois locais em *C. legalis*.

	Altura				DAP		
	4	6	11	14	6	11	14
Locais (L)	402,2609**	259,6756**	675,0792**	832,5203**	161,5675**	16,2265	5,0864
Populações (P)	0,1435	2,9148**	8,5820**	9,6384**	16,5464**	38,3199**	40,4612**
L x P	0,3035	3,1131**	9,0602**	8,8363**	5,1703**	20,9024**	16,3244**
Prog./Pop. I (P1)*	0,1617	0,6215**	2,0377**	2,7473**	1,5388**	4,0699**	5,4117**
Prog./Pop. II (P2)	0,2196	0,6851**	1,9025**	4,2114**	1,9612**	4,6258**	4,3989**
Prog./Pop. III (P2)	0,0830	0,5681**	2,0637**	3,0808**	3,7918**	12,3568**	16,1338**
L x P1	0,1754	0,8684**	1,5543**	3,1029**	2,7295**	7,8069**	10,1506**
L x P2	0,2018	0,5699**	1,4508**	2,1627**	1,0172**	2,1193**	3,5779**
L x P3	0,1326	0,4527**	1,3845**	2,4958**	1,0785**	3,9878**	3,7601**

(*) Pop. I = 13 progênies de Porto Ferreira, SP; Pop. II = 14 progênies de Piracicaba, SP; Pop. III = 14 progênies de Campinas, SP.

(**) Significativo a 1% de probabilidade.

As progênies dentro de populações revelaram variabilidade genética e interação progênies x locais significativas ao nível de 1%, nas idades de 6, 11 e 14 anos, em ambos os caracteres. Os altos níveis de variabilidade genética detectados entre e dentro de populações, para ambos os locais, são altamente relevantes para a conservação da espécie. Primeiro, este resultado mostra a eficiência da estratégia multipopulacional de conservação *ex situ*, dado que o banco de germoplasma preserva populações geneticamente diferentes, combinada com alta variabilidade dentro de populações. Neste contexto, a grande maioria dos estudos feitos com populações de espécies arbóreas tropicais, utilizando-se de marcadores genéticos (RFLP, RAPD, SSR) e, principalmente, bioquímicos (isoenzimas), têm revelado existir grande variação dentro de populações e baixa entre populações, podendo-se citar os clássicos trabalhos de HAMRICK *et al.* (1979), HAMRICK (1989), HAMRICK & LOVELESS (1989) e HAMRICK & GODT (1990). Da mesma forma, estudos de espécies nativas brasileiras, baseados em caracteres quantitativos, não têm revelado variação genética entre populações, apenas entre progênies dentro de populações, pode-se citar os trabalhos de HIGA *et al.* (1992), SIQUEIRA *et al.* (1993), MORAES (1995),

ETTORI *et al.* (1995) e ETTORI *et al.* (1996). Segundo, estes altos níveis de variabilidade genética detectados, principalmente, dentro de populações, estão associados ao fato de que este material não foi submetido a nenhum tipo de seleção, o que é altamente favorável à conservação, dado que uma boa parte da variação gênica da espécie será preservada na forma *ex situ* e, ao melhoramento, devido à alta disponibilidade de variação para a seleção de caracteres de interesse.

Quanto à presença de interação populações x locais, do ponto de vista da conservação, a presença de interações do tipo simples entre populações x locais indica uma maior eficiência adaptativa das populações a um dos ambientes, no caso a Luiz Antonio. Contudo, a presença de interações entre progênies/populações x locais, indica que a conservação de alguns genótipos será mais eficiente em um local (genótipos de melhor adaptação a este local), enquanto outros podem ser melhor conservados em outro, sendo que alguns podem ser igualmente conservados em ambos os locais. Já do ponto de vista de melhoramento, a presença de interação progênies x locais, deve ser abordada com mais cautela, exigindo um estudo mais profundo do tipo de interação e de estabilidade fenotípica.

3.3 Variabilidade Intrapopulacional

A análise da variabilidade genética dentro das populações de *Cariniana legalis* é apresentada na TABELA 3 para o ensaio instalado na Estação Experimental de Pederneiras, e na TABELA 4 para o ensaio instalado na Estação Experimental de Luiz Antonio. O comportamento genético da espécie, em cada local, foi avaliado pelos parâmetros genéticos mais comumente usados.

Na TABELA 3, observa-se para Pederneiras, que os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito (h^2_i) oscilaram para altura entre populações. Aos 14 anos de idade a Pop. III apresentou o maior valor, 24%, porém aos 11 anos a Pop. I apresentou uma maior expressão genética na sua

variação fenotípica, 19%, do que as outras populações. Para o ensaio de Luiz Antonio (TABELA 4) a Pop. II apresentou sempre os maiores valores h^2_i para altura. Para o DAP, a Pop. III, em ambos os locais, apresentou os maiores valores de h^2_i .

Estes resultados indicam que a Pop. III, que apresentou maior expressão genética na sua variação fenotípica para altura e DAP em Pederneiras e DAP para Luiz Antonio, é a população que teve maior eficiência na conservação. Para o melhoramento, sugere que esta é a população onde são esperados maiores ganhos na seleção. Já para altura aos 14 anos, em Luiz Antonio, os resultados indicaram que a Pop. II foi a mais eficiente para a conservação e, possivelmente, aquela que apresente os maiores ganhos pela seleção.

TABELA 3 - Coeficientes de herdabilidade no sentido restrito (h^2_i), entre médias de progênes (h^2_m), coeficiente de variação genética (CV_g), ambiental (CV_e), fenotípico dentro de parcelas (CV_d), potencial de seleção no ensaio (CV_g/CV_{exp}) e relação entre variância fenotípica dentro de parcelas e genética ($\hat{\sigma}^2_d / \hat{\sigma}^2_g$), para altura e DAP em três populações de *C. legalis*, na E. E. de Pederneiras, SP.

		Altura				DAP		
		4	6	11	14	6	11	14
Pop. I*		0,00	0,09	0,19	0,15	0,09	0,08	0,05
Pop. II	h^2_i	0,07	0,06	0,10	0,17	0,00	0,01	0,02
Pop. III		0,00	0,05	0,14	0,24	0,18	0,20	0,18
Pop. I		0,00	0,26	0,44	0,38	0,30	0,27	0,17
Pop. II	h^2_m	0,22	0,19	0,25	0,35	0,00	0,04	0,08
Pop. III		0,00	0,20	0,36	0,51	0,45	0,51	0,50
Pop. I		0,00	0,08	0,19	0,15	0,08	0,07	0,04
Pop. II	h^2_d	0,06	0,05	0,11	0,19	0,00	0,01	0,02
Pop. III		0,00	0,05	0,14	0,24	0,16	0,18	0,15
Pop. I		0,00	3,48	5,56	4,53	4,86	4,64	3,35
Pop. II	CV_g (%)	2,62	3,04	4,40	5,27	0,00	1,91	2,61
Pop. III		0,00	2,64	4,44	5,35	7,35	7,69	6,98
Pop. I		8,08	10,22	10,93	10,17	10,94	12,17	12,30
Pop. II	CV_e (%)	7,41	9,77	13,85	13,90	14,16	14,59	14,16
Pop. III		7,09	8,17	10,28	9,04	12,80	10,50	8,51
Pop. I		16,88	21,14	22,16	20,30	29,55	29,37	28,12
Pop. II	CV_d (%)	18,10	22,43	27,22	21,09	31,69	31,57	30,74
Pop. III		17,36	20,94	20,85	19,15	31,64	31,62	30,90
Pop. I		0,00	0,34	0,51	0,44	0,44	0,38	0,27
Pop. II	CV_g/CV_{exp}	0,35	0,31	0,32	0,38	0,00	0,32	0,18
Pop. III		0,00	0,32	0,43	0,59	0,57	0,73	0,82

(*) Pop. I = 13 progênes de Porto Ferreira, SP; Pop. II = 14 progênes de Piracicaba, SP; Pop. III = 14 progênes de Campinas, SP.

TABELA 4 - Coeficiente de herdabilidade no sentido restrito (h^2_i), entre médias de progênies (h^2_m), coeficiente de variação genética (CV_g), ambiental (CV_e), fenotípico dentro de parcelas (CV_d), potencial de seleção no ensaio (CV_g/CV_{exp}) e relação entre variância fenotípica dentro de parcelas e genética ($\hat{\sigma}^2_d / \hat{\sigma}^2_g$), para altura e DAP em três populações de *C. legalis*, na E. E. de Luiz Antonio, SP.

		Altura				DAP		
		4	6	11	14	6	11	14
Pop. I*		0,00	0,01	0,15	0,13	0,07	0,07	0,08
Pop. II	h^2_i	0,06	0,12	0,19	0,25	0,08	0,09	0,10
Pop. III		0,00	0,02	0,11	0,17	0,16	0,19	0,17
Pop. I		0,00	0,04	0,37	0,33	0,25	0,25	0,25
Pop. II	h^2_m	0,20	0,32	0,38	0,45	0,24	0,25	0,28
Pop. III		0,00	0,07	0,29	0,40	0,43	0,48	0,47
Pop. I		0,00	0,01	0,15	0,12	0,06	0,07	0,07
Pop. II	h^2_d	0,06	0,11	0,20	0,29	0,08	0,08	0,09
Pop. III		0,00	0,02	0,10	0,17	0,15	0,17	0,15
Pop. I		0,00	1,19	4,71	3,90	4,02	4,23	4,10
Pop. II	CV_g (%)	2,39	4,22	5,82	6,42	4,94	5,06	5,34
Pop. III		0,00	1,54	3,77	4,48	6,95	7,32	6,72
Pop. I		7,88	10,53	10,86	9,83	9,38	10,82	10,58
Pop. II	CV_e (%)	7,25	10,03	13,81	13,79	14,23	14,38	13,93
Pop. III		6,76	8,54	10,39	9,73	12,38	11,21	9,62
Pop. I		16,47	20,72	21,26	19,31	29,35	28,66	27,33
Pop. II	CV_d (%)	17,47	21,76	22,43	20,53	30,73	30,81	30,03
Pop. III		17,53	20,88	20,34	18,74	31,48	31,08	30,45
Pop. I		0,00	0,11	0,43	0,40	0,43	0,39	0,39
Pop. II	CV_g/CV_{exp}	0,33	0,42	0,42	0,47	0,35	0,35	0,38
Pop. III		0,00	0,18	0,36	0,46	0,56	0,65	0,70

(*) Pop. I = 13 progênies de Porto Ferreira, SP; Pop. II = 14 progênies de Piracicaba, SP; Pop. III = 14 progênies de Campinas, SP.

O coeficiente de herdabilidade dentro de progênies (h^2_d) mostrou um comportamento idêntico e valores muito similares a h^2_i , em ambos os locais, valendo portanto, as mesmas considerações feitas para esta herdabilidade, ressaltando-se apenas, que no caso a eficiência na conservação e os ganhos na seleção referem-se ao componente dentro da progênies. É importante ressaltar, que no geral estas herdabilidades (h^2_i e h^2_d) não foram altas, sendo que seus valores oscilaram entre zero e 29% para altura, e zero e 20% para o DAP.

O coeficiente de herdabilidade a nível de média de progênies (h^2_m), apresentou valores sempre superiores aos outros dois coeficientes de herdabilidade, para ambos os locais.

Comparando a magnitude dos três coeficientes de herdabilidade entre os dois locais, observa-se para altura, que em Pederneiras estes valores tenderam a ser maiores do que em Luiz Antonio. Para o DAP, a Pop. III apresentou maiores valores em Pederneiras. É interessante atentar para o fato de que em Luiz Antônio as três herdabilidades para o DAP apresentaram uma grande estabilidade entre as idades avaliados. Tais resultados indicam maior eficiência na conservação das progênies, ou seja, a amostragem das progênies foi eficiente para preservar uma boa variação genética e são esperados maiores ganhos pela seleção entre famílias do que pela seleção de plantas dentro de progênies.

Ainda, a h^2_m revelou a tendência em aumentar com a idade das plantas, indicando que um número maior de genes estão se expressando com o seu desenvolvimento. No entanto, atenta-se para o fato de que de acordo com outros trabalhos similares, observaram-se que as herdabilidades em espécies arbóreas tropicais, tendem a ser baixas no início do desenvolvimento, aumentarem até uma determinada fase de desenvolvimento das plantas, vindo posteriormente a decrescerem, chegando em alguns casos a tornarem-se nulas.

O coeficiente de variação genética (CV_g) apresentou seus maiores valores nas populações e idades em que as herdabilidades foram maiores, em ambos os locais. Estes coeficientes variaram de zero a 6,42% para altura e zero a 7,69% para o DAP. ETTORI *et al.* (1996), estudando populações de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol., em Bauru e Assis, SP, encontraram CV_g para altura e DAP, variando entre zero e 9,37%. SIQUEIRA *et al.* (1993), estudando populações de *Dipteryx alata* Vog. em três ensaios em Pederneiras, SP, encontraram CV_g variando de zero a 14,39%. Os valores aqui encontrados foram inferiores, mas de modo geral estes valores podem ser considerados como bons. Assim, concordantemente aos coeficientes de herdabilidade, pode-se supor uma boa eficiência na conservação das populações em ambos os locais.

O coeficiente de variação ambiental (CV_d) pode ser considerado como médio para os dois caracteres nos dois locais, ficando na faixa dos 7 a 15%, mostrando que na variação fenotípica existia um forte componente ambiental, sendo este maior nas populações que apresentaram menores herdabilidades e coeficiente de variação genética. O coeficiente de variação fenotípica dentro de parcelas (CV_d), apresentou valores altos para os caracteres em quase todas as idades e populações, nos dois locais. Para altura estes valores ficaram na faixa de 15 a 20% e para DAP em torno de 30%. Estes altos níveis de variação são relevantes tanto para a conservação como para o melhoramento das populações, visto que, $\frac{3}{4}$ da variância genética aditiva, que é a variância responsável pela transmissão dos caracteres paternos para os filhos, encontraram-se dentro de progênes, portanto, tem-se um nível alto de variabilidade genética conservado dentro das famílias e um alto potencial genético para a seleção dentro de famílias.

A relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental (CV_g/CV_{exp}), que indica segundo VENCOSKY (1992) o potencial do material para a seleção, foi sempre maior nas idades, populações e locais, em que se observou as maiores herdabilidades. Estes valores ficaram em média dentro da faixa de 0,30 a 0,60 para altura e 0,30 a 0,80 para o DAP, mostrando estas características como potenciais para a seleção.

3.4 Melhoramento e Ganhos na Seleção

A estimativa dos ganhos genéticos esperados pela seleção em torno de 30% das progênes de cada população e de 17% dentro de progênes, para cada população de *C. legalis* é apresentada na TABELA 5. Essas estimativas fornecem os ganhos esperados para cada caractere, pelo desbaste dentro de cada população nos ensaios, transformando o teste de progênes/procedências em um pomar de sementes por mudas.

Os ganhos esperados na seleção (TABELA 5), mostraram-se maiores para a seleção dentro de progênes, relativamente a entre progênes, para ambas as características, locais e idades. Este resultado já era esperado, dada a superioridade no CV_d em relação ao CV_g . Comparando a magnitude dos ganhos entre populações são claras as diferenças entre populações. Em Pederneiras, para altura aos 14 anos, a Pop. I apresentou um G% de 7,90% e a Pop. III de 11,37%, e para o DAP a Pop. II apresentou um G% de apenas 1,90% enquanto a Pop. III de 13,01%, indicando no caso, a Pop. III como a melhor para a seleção de ambos os caracteres. Em Luiz Antonio para altura aos 14 anos, a Pop. I apresentou um G% de 6,22% e a Pop. II de 14,24%, e para o DAP a Pop. I apresentou um G% de 5,23% e a Pop. III de 12,80%, indicando a Pop. II como a melhor para a seleção da característica altura e a Pop. III para o DAP. Em resumo, as estimativas mostram que para otimizar os ganhos dentro das populações, é necessário que a seleção seja praticada a nível de locais. Tal comportamento é o produto da interação dos genótipos x ambientes, como já havia sido mostrado pela análise conjunta dos ambientes.

TABELA 5 - Ganhos esperados na seleção entre progênies (G_e), dentro de progênies (G_d), total entre e dentro (G) e total em percentual em relação a média ($G\%$), para altura e DAP em três populações de *C. legalis*, na E. E. de Pederneiras e na E. E. de Luiz Antonio, SP.

Estação Experimental de Pederneiras, SP ¹								
		Altura				DAP		
		4	6	11	14	6	11	14
Pop. I	G_e	0,00	0,11	0,37	0,34	0,20	0,27	0,19
	G_d	0,00	0,14	0,54	0,49	0,23	0,33	0,21
	G	0,00	0,25	0,89	0,83	0,44	0,60	0,40
	G (%)	0,00	4,70	10,73	7,90	6,78	6,18	3,42
Pop. II	G_e	0,05	0,08	0,20	0,35	0,00	0,04	0,09
	G_d	0,06	0,09	0,30	0,60	0,00	0,05	0,11
	G	0,12	0,17	0,50	0,96	0,00	0,09	0,20
	G (%)	3,21	3,46	6,47	9,68	0,00	0,99	1,90
Pop. III	G_e	0,00	0,07	0,26	0,46	0,34	0,59	0,64
	G_d	0,00	0,08	0,36	0,73	0,47	0,80	0,82
	G	0,00	0,15	0,62	1,19	0,81	1,39	1,46
	G (%)	0,00	2,90	7,47	11,37	13,60	14,99	13,01
Estação Experimental de Luiz Antonio, SP ²								
		Altura				DAP		
		4	6	11	14	6	11	14
Pop. I	G_e	0,00	0,03	0,28	0,28	0,15	0,24	0,29
	G_d	0,00	0,02	0,41	0,39	0,17	0,29	0,34
	G	0,00	0,03	0,59	0,66	0,32	0,53	0,63
	G (%)	0,00	0,58	5,36	6,22	4,86	5,36	5,23
Pop. II	G_e	0,05	0,14	0,32	0,50	0,17	0,26	0,36
	G_d	0,06	0,19	0,54	0,92	0,22	0,35	0,48
	G	0,10	0,33	0,86	1,42	0,38	0,61	0,84
	G (%)	2,76	6,54	11,14	14,25	6,50	6,76	7,56
Pop. III	G_e	0,00	0,03	0,20	0,35	0,31	0,55	0,60
	G_d	0,00	0,03	0,27	0,52	0,42	0,74	0,77
	G	0,00	0,06	0,47	0,87	0,74	1,29	1,37
	G (%)	0,00	1,01	5,61	8,23	12,37	13,81	12,18

(1) Pop. I = 13 progênies de Porto Ferreira, SP; Pop. II = 14 progênies de Piracicaba, SP; Pop. III = 14 progênies de Campinas, SP.

(2) Pop. I = 17 progênies de Porto Ferreira, SP; Pop. II = 16 progênies de Piracicaba, SP; Pop. III = 17 progênies de Campinas, SP.

Comparando os ganhos apresentados para a espécie em estudo com o apresentado por espécies exóticas do gênero *Pinus*, SEBBENN *et al.* (1994), trabalhando com 23 progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, estimaram os ganhos, aos 5 anos de idade, em 1,95% para altura e 3,78% para DAP, selecionando 34,8% das melhores progênies e 25% das melhores plantas dentro de progênies. SEBBENN *et al.* (1995), trabalhando com 20 progênies de *Pinus tecumumanii*, estimaram os ganhos, aos 7 anos de idade, em 1,30% e 0,45%

para DAP, com a seleção de 40% das melhores progênies e 22% das plantas dentro de progênies. GURGEL GARRIDO *et al.* (1996), trabalhando com 89 progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, estimaram os ganhos, aos 5 de idade, em 9,19% e 18,31% para DAP, com a seleção de 30% das melhores progênies e 10% das plantas dentro de progênies. Comparando-se os ganhos obtidos nestes trabalhos, com intensidade de seleção semelhantes aos aqui utilizados, verifica-se o alto potencial da *C. legalis* para o melhoramento.

Deve ser ressaltado que os ganhos foram estimados a nível de populações, as quais eram representadas por um número limitado de progênies, em torno de 13. Além disso, considerando-se que o principal objetivo deste ensaio é a conservação *ex situ* dos recursos genéticos de *C. legalis*, os ensaios não serão submetidos ao desbaste seletivo. Entretanto, uma estratégia viável para iniciar o programa de melhoramento da espécie seria a propagação vegetativa dos indivíduos selecionados entre e dentro de progênies de cada população, com a posterior formação de um pomar de sementes clonal, combinando as três populações. Esta estratégia daria origem a uma nova população de melhoramento, com uma base genética mais ampla que apresentada pelas populações originais, visto que combinaria características genéticas de várias populações.

4 CONCLUSÕES

Os crescimentos em altura e DAP das populações de *C. legalis* foram muito semelhantes para ambas as localidades, sugerindo uma boa adaptação da espécie aos locais de experimentação.

O teste F da análise da variância revelou variação genética significativa entre e dentro das populações para ambos os locais, indicando a alta eficiência da estratégia de conservação *ex situ* e o alto potencial do material para futuros programas de melhoramento.

Detectou-se a presença de interação populações x ambiente e genótipos x ambiente, sugerindo que a seleção do material deve ser realizada a nível de locais.

A magnitude dos parâmetros genéticos, em especial a herdabilidade a nível de média de progênies, o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação fenotípica dentro de parcelas, concordantemente as estimativas de F, mostraram o material também, como potencial para a conservação e o melhoramento.

As estimativas dos ganhos esperados na seleção entre e dentro de progênies para cada população, revelaram valores expressivos, indicando a viabilidade de progresso genético pela seleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, R. D. 1984. Genotype-environment interaction in the genetic improvement of fast-growing plantation trees. In: IUFRO SYMPOSIUM ON SITE AND PRODUCTIVITY OF FAST-GROWING PLANTATIONS, Pretoria-South Africa, 1984. *Proceedings...* Pretoria, South African Forest Research Institute. v. 1. p. 197-214.
- CARVALHO, P. E. R. 1994. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira*. Brasília, EMBRAPA-CNPq. 640p.
- CORRÊA, M. P. 1984. *Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional. 6v.
- ETTORI, L. de C. *et al.* 1995. Conservação *ex situ* dos recursos genéticos de ipê-amarelo (*Tabebuia vellosii* Tol.) através de teste de procedências e progênies. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 7(2):157-168.
- ETTORI, L. de C. *et al.* 1996. Variabilidade genética em populações de ipê-roxo - *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. - para conservação *ex situ*. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 8(1):61-70.
- FRANKELL, O. H. 1977. Philosophy and strategy of genetic conservation in plants. In: THIRD WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, Canberra-Australia, March 21-26, 1977. *Documents...* Canberra. v. 1. p. 6-11.
- GURGEL GARRIDO, L. M. do A. G.; ROMANELLI, R. C. & GARRIDO, M. A. de O. 1996. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barr. et Golf. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 8(1):89-98.
- HAMRICK, J. L.; LINHART, Y. B. & MITTON, J. B. 1979. Relationships between life history characteristic and electrophoretically detectable genetic variation in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Davis, 10:173-200.
- HAMRICK, J. L. 1989. Isozymes and analysis of genetic structure in plant population. In: SOLTIS, D. E. & SOLTIS, P. (eds.) *Isozymes and the analysis of genetic structure in plant populations*. London, Chapman and Hall Ltd. p. 87-105.
- _____. & LOVELESS, M. D. 1989. The genetic structure of tropical tree populations: association with reproductive biology. In: BOCK, J. H. & LINHART, Y. B. (eds.) *The evolutionary ecology of plants*. Boulder, Westview Press. p. 129-146.

- HAMRICK, J. L. & GODT, M. J. W. 1990. Allozyme diversity in plant species. In: BROWN, A. H. D. *et al.* (eds.) *Plant population genetics, breeding and genetic resources*. Massachusetts, Sunderland. p. 43-63.
- HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. & CARVALHO, P. E. R. 1992. Pomar de sementes por mudas: um método para a conservação genética *ex situ* de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo-SP, mar./abr. 29-03, 1992. *Anais... Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 4(único):1217-1224. Pt. 4. (Edição Especial)
- ITOMAN, M. K.; SIQUEIRA, A. C. M. De F. & CAVASSAN, O. 1992. Descrição de quinze espécies arbóreas de mata mesófila do Estado de São Paulo ameaçadas de extinção. *Salusvita*, Bauru, 11(1):1-38.
- KAGEYAMA, P. Y. 1983. *Seleção precoce a diferentes idades em progênies de Eucalyptus grandis* (Hill.) Maiden. Piracicaba, ESALQ/USP. 147p. (Tese de Livre Docência)
- _____. & DIAS, I. S. 1985. *The application of genetic concepts to native forest species in Brazil*. Rome, FAO. 11p. (Forest Genetic Resources Information, 13)
- MAINIERI, C. 1970. *Madeiras brasileiras: características gerais, zonas de maior ocorrência, dados botânicos e usos*. São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. 109p.
- MORAES, M. L. T. 1995. Conservação *ex situ* de populações de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) em Selvíria - MS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS, Campinas-SP, maio 9-11, 1995. *Resumos...* Campinas, IAC / CENARGEM/EMBRAPA. p. 23.
- PATÍÑO-VALERA, F. 1986. *Variação genética em progênies de Eucalyptus saligna* Smith e sua correlação com o espaçamento. Piracicaba, ESALQ/USP. 192p. (Dissertação de Mestrado)
- QUIJADA, R. M. 1980. Interacion genotipo x ambiente. In: FAO/DANIDA. *Mejora genética de arboles forestales*. Merida. p. 231-5.
- RAMALHO, M. A. P. *et al.* 1989. Interação dos genótipos por ambientes. In: *Genética quantitativa aplicada ao melhoramento do feijoeiro*. Lavras, ESAL. p. 122-161.
- REITZ, R. 1981. Lectidáceas. In: REITZ, R. *Flora ilustrada catarinense*. Itajaí. Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina. p. 1-32.
- RESENDE, M. D. V. *et al.* 1992. Parâmetros genéticos e interação x ambiente em teste de procedência e progênies de acácia-negra (*Acacia mearnsii*). *Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, (24/25):55-65.
- SEBBENN, A. M. *et al.* 1995. Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecumumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 7(2):241-252.
- SEBBENN, A. M. *et al.* 1994. Variação genética em progênies de meios-irmãos de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barr. et Golf. na região de Bebedouro, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 6(único):63-73.
- SHELBOURNE, C. 1972. Genotype environment interaction: its study and its implications in forest tree improvement. In: IUFRO GENETIC SABRAO JOINT SYMPOSIA, Tokyo-Japan, 1972. *Proceedings...* p. 1-27.
- SHIMIZU, J. Y. *et al.* 1980. *Procedimentos e recomendações para estudos com progênies de essências florestais*. Colombo, EMBRAPA. (mimeog.)
- SIQUEIRA, A. C. M. De F.; NOGUEIRA, J. C. B. & KAGEYAMA, P. Y. 1993. Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) - Leguminosae. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 5(2):231-243.
- SIQUEIRA, A. C. M. De F. *et al.* 1986. O jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. uma espécie em extinção. *Bol. Téc. IF*, São Paulo, 40A:291-301.
- VEIGA, A. de A. 1975. *Balanços hídricos das dependências da Divisão de Florestas e Estações Experimentais*. São Paulo, Instituto Florestal. 33p. (mimeog.)
- VENKOVSKY, R. & BARRIGA, P. 1992. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Genética. 496p.
- WRIGHT, J. W. 1976. *Introduction to forest genetics*. New York, Academic Press. 463p.
- ZOBEL, B. & TALBERT, J. 1984. *Applied forest tree improvement*. New York, John Wiley. 505p.