

VARIABILIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES DE MEIOS-IRMÃOS DE EUCALIPTOS PARA TOLERÂNCIA AO FRIO¹

Cristiano Bueno de Moraes², Edmar Vinícius de Carvalho³, Léo Zimback⁴, Otávio dos Santos Limeira Luz³, Gustavo Bloise Pieroni⁵, Edson Seizo Mori⁶ e Tarcísio Castro Alves de Barros Leal²

RESUMO – O objetivo deste estudo foi estimar os parâmetros genéticos quantitativos das progênies sob o efeito de geada, bem como determinar a interação genótipos x ambientes das progênies de *Eucalyptus dunnii* em dois locais de estudo. Os testes de progênies foram implantados em 2010, utilizando 20 progênies de polinização aberta de *E. dunnii*. Foram avaliados: altura de planta (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP) e volume de madeira em metros cúbicos (VOL). Foram realizadas as análises estatísticas e descritivas, correlação fenotípica/genotípica por local e análise de variância conjunta, sendo estimados os parâmetros genéticos. Foram detectadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre progênies para as características silviculturais, o que sugere a possibilidade de melhoramento pela seleção. Pela análise conjunta, a interação progênies x ambientes (G x E) não apresentou diferença significativa, confirmando que as progênies superiores identificadas nos testes podem ser indicadas para ambos os locais. Os resultados de correlações genéticas e fenotípicas variaram de baixos a altos (0,23 a 1,0) para as características estudadas, sendo as correlações, em sua grande maioria, significativas ($p \leq 0,05$), em que o DAP foi altamente correlacionado com o VOL. A população, por apresentar alta variação genética e controle genético das características, permite a obtenção de ganhos com a seleção entre as progênies.

Palavras-chave: *Eucalyptus dunnii*; Melhoramento florestal; Geada.

GENETIC VARIABILITY OF HALF SIBS EUCALYPTUS PROGENIES FOR COLD TOLERANCE

ABSTRACT – The aim of this study was to estimate quantitative genetic parameters of progenies under frost situations and to determine the interaction of genotype x environments for *Eucalyptus dunnii* progenies in two different sites. The progeny trials were set up in 2010, using 20 open pollination progenies of *E. dunnii*. The following variables were evaluated: plant height (HGT), diameter at breast height (DBH), and wood volume (VOL) in cubic meters. Descriptive and statistical analysis were used as well as phenotypic/genotype correlation by location and joint variance analysis and the genetic parameters were estimated. Significant differences were detected ($p \leq 0,05$) among progenies for silvicultural characters, suggesting the possibilities for selection gain. By the joint analysis, the interaction of progenies x environments (P x E) did not show significant differences, confirming that the superior progenies identified in the tests can be used for both studied locations. The genetic and phenotypic correlations results ranged from low to high (0.23 to 1.0) values for the studied characters, and the great majority of correlations were significant ($p \leq 0,05$) in which the diameter at breast height was highly correlated with volume. Because of high genetic variability and genetic control of the characters, the population allows to obtain gains with selection between in the progenies.

Keywords: *Eucalyptus dunnii*; Forest breeding; Frost.

¹ Recebido em 08.03.2015 aceito para publicação em 29.10.2015.

² Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, Gurupi, TO - Brasil. E-mail: <cbmoraes@uft.edu.br> e <tarcisio@uft.edu.br>.

³ Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi, TO - Brasil. E-mail: <ed.vinicius_carvalho@hotmail.com> e <otaviouft@uft.edu.br>.

⁴ Instituto Florestal do Estado de São Paulo, Floresta Estadual de Botucatu, Botucatu, SP - Brasil. E-mail: <lzimback@terra.com.br>.

⁵ Palmasola, Madeiras e Agricultura, Palma Sola, SC - Brasil. E-mail: <gustavo@palmasola.com.br>.

⁶ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Botucatu, SP - Brasil. E-mail: <esmori@fca.unesp.br>.

1. INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus*, gênero pertencente à família Myrtaceae, é de grande importância para o Brasil, sendo plantado em várias regiões do país para múltiplas finalidades: produção de celulose e carvão, laminação, mourões e madeira serrada (RESENDE et al., 2011).

Uma das etapas primárias de um programa de melhoramento está relacionada com a pesquisa para o conhecimento da população base principal e sua variabilidade genética.

Há diversos estudos que relatam a existência de variabilidade genética no gênero *Eucalyptus*, em suas espécies e procedências para regiões tropicais, temperadas e subtropicais sob diferentes condições edafoclimáticas (TIBBITS et al., 2006). O Brasil possui a maior coleção *ex-situ* de germoplasma de eucaliptos do mundo e possibilitou aumentos expressivos na produtividade quantitativa e qualitativa das florestas cultivadas (PINTO-JÚNIOR et al., 2013).

Eucalyptus dunnii Maiden é uma espécie muito utilizada na Região Sul do território brasileiro. Sua faixa de ocorrência natural na Austrália é muito restrita, distribuindo-se em áreas descontínuas na região de Coffs Harbour, New South Wales e no Sul de Queensland, entre as latitudes de 28° a 30° 15' S e altitudes de 220 a 860 m. O clima da região é quente e úmido, mas sujeito a frequentes geadas no inverno (20 a 60 vezes ao ano), cujos intervalos de temperaturas médias, máximas e mínimas são de 24 a 29 °C e 2 a 5 °C, respectivamente. As geadas podem ocorrer de 30 a 60 dias, na área de ocorrência natural. A precipitação pluviométrica média anual situa-se em torno de 1.000 a 1.600 mm, sendo relativamente bem distribuída, com o máximo de chuvas no verão, mas nunca inferior a 40 mm em todos os meses do ano (BROOKER; KLEINIG, 2006; FONSECA et al., 2010).

Entre os fatores que limitam a produção de madeira e prejudicam a formação de plantios homogêneos de *Eucalyptus* no Sul do Brasil e em outras regiões do mundo, destaca-se a ocorrência de geadas (HIGA et al., 1994; CARON et al., 2011; ELOY et al., 2013; MORAES et al., 2014). Nessa situação, período de cinco dias de geada pode causar danos severos à espécie, desde a queda das folhas, morte do ponteiro apical ou até a morte dos indivíduos pelo frio intenso (LARCHER, 2000; SELLE; VUADEN, 2007; PITZ FLORIANI et al., 2013).

Para auxiliar o melhorista no trabalho de obtenção e seleção de material genético superior para diversas condições ambientais, as estimativas dos parâmetros genéticos, como os coeficientes de variação genética e de herdabilidade, são de grande utilidade no planejamento dos programas de melhoramento (MORAES et al., 2011; MIRANDA et al., 2013). Portanto, a existência de variabilidade genética para tolerância ao frio em populações de *Eucalyptus dunnii* no Município de Palma Sola, SC, possibilita a seleção de indivíduos superiores quanto a essa característica.

Dessa maneira, o objetivo desta pesquisa foi estimar os parâmetros genéticos quantitativos das progênies sob o efeito de geada e determinar a interação genótipos x ambientes (G x E) para as progênies de *Eucalyptus dunnii* nos locais de estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram implantados dois testes de progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus dunnii* nas Fazendas Pazini (local 1) e Piscina (local 2) de propriedade da empresa Palma Sola, no Município de Palma Sola, SC. O clima do local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos rigorosos.

Os experimentos foram instalados em 2010, na Fazenda Pazini (26° 17' 58" S; 53° 16' 57" O) e na Fazenda Piscina (26° 22' 32" S; 53° 16' 58" O), no delineamento estatístico em blocos casualizados, com 20 progênies, seis plantas por parcela, cinco repetições, no espaçamento de 3 m x 3 m, com bordadura dupla ao entorno dos testes. A temperatura média é de 17,4 °C e a precipitação anual média, de 2.200 mm. Os solos dos locais dos ensaios são do tipo Latossolo Bruno Distrófico, textura argilosa, com cobertura vegetal originária de florestas e campos (EMBRAPA, 1997).

Foram avaliadas, nos testes, as seguintes características silviculturais aos 12, 18 e 36 meses de idade: 1. Altura total das plantas (ALT), em metros; 2. Diâmetro à altura do peito (DAP), em centímetros; e 3. Volume de madeira (VOL), em metros cúbicos.

As análises estatísticas, estimativas dos parâmetros genéticos, análise descritiva e correlação fenotípica/genotípica por local e análise de variância conjunta foram realizadas pelo programa computacional Genes (CRUZ, 2006).

3. RESULTADOS

Os valores obtidos para o coeficiente de variação experimental (CVe%) ao longo das idades para as três características avaliadas variaram de 8,07% a 39,99%, mostrando que, com exceção da variável volume de madeira, houve boa precisão experimental (Tabela 1).

As características silviculturais estudadas (ALT, DAP e VOL) apresentaram valores médios bastante semelhantes entre os dois locais, aos 36 meses de idade, de 13,26 m; 13,19 cm; e 0,23 m³, respectivamente, nas condições ambientais da Fazenda Pazini, sendo os valores da Fazenda Piscina de 13,93 m para ALT; 11,53 cm para DAP; e 0,33 m³ para VOL, respectivamente.

Na Tabela 2 constam os valores da análise conjunta, sendo verificada a significância entre as progênies

para todas as características, aos 12, 18 e 36 meses de idade, indicando a existência de variabilidade genética entre e dentro de progênies, com possibilidades de ganhos genéticos a partir da seleção.

Para as idades de 18 meses para a característica DAP e 36 meses para ALT e VOL, houve diferenças estatísticas entre as progênies (QMprog). Já nos ambientes (QMamb) e na interação (QMpxa) não foram observadas diferenças significativas entre as características avaliadas.

As estimativas das correlações genotípicas e fenotípicas para as características avaliadas nas progênies de *E. dunnii* são descritas na Tabela 3, nos dois locais.

Para o local 1 (Pazini), as correlações genotípicas entre as três características avaliadas nas idades de

Tabela 1 – Estimativas das médias, coeficiente de variação experimental (CV_e%), coeficiente de variação genética (CV_g%), relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação do experimento (CV_g/CV_e), variância genética (S_g²) e variância ambiental (S_a²) e herdabilidade média das progênies (h²_{mp}%) em progênies de *Eucalyptus dunnii*, nas condições edafoclimáticas de Palma Sola, SC, em dois locais (Pazini, Local 1 e Piscina, Local 2), aos 12, 18 e 36 meses de idade.

Table 1 – Mean estimates, experimental coefficient of variation (CV_e%), genetic coefficient of variation (CV_g%), relationship between genetic coefficient of variation and the experimental coefficient of variation (CV_g/CV_e), genetic variance (S_g²) and environmental variance (S_a²) and average progenies heritability (h²_{ap}%) in progenies of *Eucalyptus dunnii* in edaphoclimatic conditions of Palma Sola-SC, in two locations (Pazini, location 1, and Piscina, location 2) at ages 12, 18 and 36 months.

Características	Local 1- Pazini						
	Médias	CVe	CV _g (%)	CV _g /CV _e	S _g ²	S _a ²	h ² _{mp} (%)
ALT 12 [#]	4,51	13,36	7,25	0,54	0,107	0,363	59
DAP 12 [#]	4,66	16,05	6,20	0,39	0,083	0,560	42
VOL 12 [#]	0,03	39,99	17,34	0,43	0,004	0,022	48
ALT 18 [#]	6,76	13,26	6,08	0,46	0,169	0,803	51
DAP 18 [#]	7,69	14,38	5,64	0,39	0,188	1,224	43
VOL 18 [#]	0,17	26,03	7,91	0,30	0,018	0,194	31
ALT 36 [#]	13,26	9,04	3,11	0,34	0,170	1,436	37
DAP 36 [#]	13,19	8,07	3,39	0,42	0,200	1,134	46
VOL 36 [#]	0,23	21,36	8,11	0,38	0,453	3,143	41
Características	Local 2 – Piscina						
	Médias	CVe	CV _g (%)	CV _g /CV _e	S _g ²	S _a ²	h ² _{mp}
ALT 12 [#]	5,70	16,00	6,20	0,39	0,125	0,833	43
DAP 12 [#]	5,31	15,42	5,45	0,35	0,084	0,671	38
VOL 12 [#]	0,06	37,89	9,96	0,26	0,004	0,053	26
ALT 18 [#]	7,60	15,55	10,01	0,64	0,579	1,398	67
DAP 18 [#]	8,18	14,74	9,58	0,65	0,615	1,455	68
VOL 18 [#]	0,23	21,02	12,06	0,57	0,082	0,249	62
ALT 36 [#]	13,93	15,75	9,43	0,60	1,727	4,812	64
DAP 36 [#]	11,53	15,49	9,14	0,59	1,109	3,187	63
VOL 36 [#]	0,33	39,81	16,52	0,41	1,389	8,066	46

[#] Idade em meses, altura de planta (ALT) em m, diâmetro à altura do peito (DAP) em cm e volume de madeira (VOL) em m³.

[#] Age in months. Plant height (HGT) in m, diameter at breast height (DBH) in cm and wood volume (VOL) in m³.

Tabela 2 – Análise conjunta para as características silviculturais, altura de planta (ALT - m), diâmetro à altura do peito (DAP - cm) e volume de madeira em metro cúbico (VOL - m³) para progênies de polinização aberta de *Eucalyptus dunnii* na condição de geada, nas idades de 12, 18 e 36 meses.

Table 2 – Joint analysis for silvicultural characteristics, plant height (HGT - m), diameter at breast height (DBH-cm) and wood volume in cubic meters (VOL-m³) for open-pollinated progenies of *Eucalyptus dunnii* submitted to frost condition at ages 12, 18 and 36 months.

Características	QMprog	QMamb	QMpxa	CV (%)
ALT 12 [#]	1,672**	71,323**	0,682 ^{ns}	15,14
DAP 12 [#]	1,367**	21,255**	0,706 ^{ns}	15,74
VOL 12 [#]	0,074*	2,835**	0,040 ^{ns}	39,59
ALT 18 [#]	4,130**	35,490**	1,809 ^{ns}	14,61
DAP 18 [#]	5,008**	12,004 ^{ns}	1,683 ^{ns}	14,58
VOL 18 [#]	0,624**	23,215**	0,320 ^{ns}	23,15
ALT 36 [#]	10,629**	22,226 ^{ns}	5,109 ^{ns}	13,00
DAP 36 [#]	8,798**	138,360**	2,061 ^{ns}	11,90
VOL 36 [#]	16,291**	68,048 ^{ns}	4,125 ^{ns}	30,68

[#] Idade em meses, progênies = QMprog.; ambiente = QMamb.; progênies x Ambientes = QMpxa; coeficiente de variação experimental (CVe); **: * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

[#] Age in months; Progenies = QMprog.; Environment = QMenv.; Progenies x Environments = QMpxe.; experimental coefficient of variation (CVe%); **: * Significant at 1% and 5% probability, respectively, by F test; ^{ns} non significant.

Tabela 3 – Estimativas das correlações genotípicas (r_g - diagonal acima) e fenotípicas (r_p - diagonal abaixo), em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus dunnii* nas condições edafoclimáticas de Palma Sola, SC, em dois locais (Pazini, Local 1 e Piscina, Local 2), aos 12, 18 e 36 meses de idade.

Table 3 – Estimates of genetic correlations (r_g - above diagonal) and phenotypic correlations (r_p - below diagonal), in open pollinated progenies of *Eucalyptus dunnii* in edaphoclimatic conditions of Palma Sola-SC, in two locations (Pazini, Location 1, and Piscina, Location 2) at ages 12, 18 and 36 months.

Características	Local 1 – Pazini								
	ALT	DAP	VOL	ALT	DAP	VOL	ALT	DAP	VOL
	12 [#]			18 [#]			36 [#]		
ALT 12 [#]	-	0,91**	0,93**	0,87**	0,91**	0,84**	0,23	0,56**	0,48*
DAP 12 [#]	0,99	-	0,98**	0,86**	0,95**	0,93**	0,38	0,62**	0,60
VOL 12 [#]	0,96	0,99	-	0,83**	0,90**	0,90**	0,31	0,57**	0,53*
ALT 18 [#]	0,94	0,96	0,89	-	0,92**	0,87**	0,27	0,43	0,42
DAP 18 [#]	1,00	0,97	0,92	1,00	-	0,94**	0,36	0,65**	0,60**
VOL 18 [#]	1,00	1,00	1,00	0,96	0,98	-	0,54**	0,67**	0,70**
ALT 36 [#]	0,18	0,43	0,28	0,08	0,36	0,75	-	0,57**	0,80**
DAP 36 [#]	0,86	0,86	0,79	0,52	0,91	0,90	0,39	-	0,94**
VOL 36 [#]	0,70	0,83	0,70	0,43	0,82	1,00	0,71	0,92	-
Características	Local 2 – Piscina								
	ALT	DAP	VOL	ALT	DAP	VOL	ALT	DAP	VOL
	12 [#]			18 [#]			36 [#]		
ALT 12 [#]	-	0,92**	0,95**	0,84**	0,84**	0,77**	0,80**	0,78**	0,79**
DAP 12 [#]	0,89	-	0,96**	0,76**	0,83**	0,78**	0,75**	0,79**	0,73**
VOL 12 [#]	1,00	1,00	-	0,74**	0,80**	0,80**	0,72**	0,75**	0,76**
ALT 18 [#]	1,00	0,92	1,00	-	0,94**	0,83**	0,96**	0,91**	0,90**
DAP 18 [#]	0,93	0,91	1,00	0,99	-	0,89**	0,90**	0,95**	0,92**
VOL 18 [#]	0,89	0,89	1,00	0,85	0,90	-	0,79**	0,88**	0,88**
ALT 36 [#]	0,93	0,85	0,96	0,99	0,92	0,80	-	0,91**	0,94**
DAP 36 [#]	0,84	0,84	0,89	0,95	0,96	0,91	0,91	-	0,95**
VOL 36 [#]	0,93	0,78	0,85	1,00	0,99	0,95	1,00	0,99	-

[#] Idade em meses, altura de planta em metro (ALT - m), diâmetro à altura do peito em metro (DAP - m) e volume de madeira em metro cúbico (VOL - m³). **: * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} não significativo.

[#] Age in months. Plant height in meters (HGT - m), diameter at breast height in meters (DBH-m) and wood volume in cubic meters (VOL-m³). **: * Significant at 1% and 5% probability, respectively, by F test; ^{ns} non-significant.

12, 18 e 36 meses mostram que houve significância para todas, à exceção de ALT aos 36 meses x ALT aos 12 meses, ALT aos 36 meses x DAP aos 12 meses, ALT aos 36 meses x VOL aos 12 meses, ALT aos 36 meses x ALT aos 18 meses, ALT aos 36 meses x DAP aos 18 meses, DAP aos 36 meses x ALT aos 18 meses, VOL aos 36 meses x DAP aos 12 meses e VOL aos 36 meses x ALT aos 18 meses (Tabela 3).

No local 2 (Piscina) houve significância a 1% de probabilidade, pelo teste F, para todas as correlações genotípicas entre as três características avaliadas nas idades de 12, 18 e 36 meses. Independentemente dos locais, as correlações fenotípicas não foram significativas para todas as características e idades avaliadas (Tabela 3).

4. DISCUSSÃO

Os resultados da Tabela 1 evidenciaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as diferentes progênies nas idades avaliadas para as características silviculturais, altura total das plantas, diâmetro à altura do peito e volume de madeira, indicando potencial ganho genético com a seleção artificial. Portanto, com a presença de variação genética entre e dentro de progênies, possibilita-se a seleção dos indivíduos mais produtivos.

Os valores encontrados para o coeficiente de variação genética caracterizam a existência de variabilidade genética entre as progênies, para os três caracteres avaliados, e reforçam os indicativos de que grande parte da variação total é de natureza genética (Tabela 1). Segundo Resende (2002), quanto maior o valor do CV_g , maiores as chances de serem obtidos ganhos genéticos na seleção de clones.

Os coeficientes de variação genética, os quais expressam, em porcentagem da média geral, a quantidade de variação genética entre progênies, apresentaram magnitudes para as características; de maneira geral, o CV_g para o diâmetro à altura do peito (DAP, cm) apresentou-se menor na média e a característica VOL foi a que indicou a melhor variação genética entre as progênies (7,91% a 17,34%), mostrando, no entanto, o potencial para a seleção em condições de geadas (Tabela 1).

Segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002), os valores do coeficiente de variação experimental (CVe) oscilaram, dependendo da variável de estudo, e valores abaixo de 10% são baixos, de 10 a 20% são médios e acima

de 30% são altos para experimentos instalados em campo. Apesar de essa classificação não levar em consideração diferentes fatores genéticos e ambientais, comumente em dados provenientes de campo, principalmente em experimento de espécie florestais de eucalipto, é comum a existência de CV_e acima de 30%.

Para a variável VOL, embora tenha apresentado o CVe alto, é comum este ser elevado para essa variável, podendo se mostrar alto devido a fatores, como a fase juvenil, na qual a variação pode ser maior, dependendo da heterogeneidade do material em análise. Segundo Rosado et al. (2012), para o VOL espera-se que o CVe seja mais elevado, já que essa variável é obtida indiretamente, com o acúmulo dos erros experimentais das variáveis utilizadas no cálculo.

De acordo com Vencovsky (1987), a relação CV_g/CV_e é um dos indicativos da possibilidade de ganho com a seleção: a obtenção de razão maior que 1,0 indica condição favorável à seleção, pois a variação genética supera a ambiental.

A herdabilidade é um dos mais importantes parâmetros genéticos, pois quantifica a fração da variação fenotípica de natureza herdável passível de ser explorada na seleção.

Os valores de herdabilidade média de progênies (h^2_{mp}) na Tabela 1 para o experimento da localidade 1 (Fazenda Pazini), considerando as características altura de planta nas idades de 12, 18 e 36 meses (ALT: 59; 51 e 37), diâmetro à altura do peito (DAP: 42; 43 e 46) e volume de madeira (VOL: 48; 31 e 41), revelaram magnitude de moderada a alta, conforme Silva et al. (2009) e Lima et al. (2011), para o controle genético das características. Pode-se, dessa forma, predizer condições favoráveis para a seleção quanto às três características silviculturais avaliadas, em coerência com valores encontrados por esses autores. No local 2 (Fazenda Piscina), os valores para herdabilidade apresentaram-se mais elevados a partir dos 18 e 36 meses em relação ao local 1. Assim, há grande potencial para seleção dentro do experimento, com boas perspectivas para a seleção de progênies de alta produtividade em condições de geada. A herdabilidade é relativa aos efeitos genotípicos e livre da interação com a relação CV_g/CV_e , por apresentar valores abaixo de 1,0.

Martins et al. (2001), em seus estudos envolvendo progênies de meios-irmãos de polinização aberta de

E. grandis, encontraram valores de herdabilidade média de progênies para ALT e DAP iguais a 0,68 e 0,69, respectivamente, sendo superiores aos encontrados neste estudo. Zanata et al. (2010), estudando *Eucalyptus pellita*, obtiveram valores para h^2_{mp} de 0,85% para ALT e 0,90% para DAP, sendo também superiores aos obtidos neste trabalho, na região isenta de geadas.

Em relação aos valores obtidos, verifica-se na Tabela 2 a significância da interação genótipos x ambientes envolvendo os dois locais onde foram instalados os testes em regiões de geadas severas, conforme a análise conjunta. Assim, os efeitos da interação genótipos x ambientes (G x E) não foram significativos para as idades e características silviculturais avaliadas, indicando que as melhores progênies, em cada local, e os respectivos indivíduos superiores poderão ser utilizados em ambos os ambientes (Tabela 2).

Mori et al. (1986), estudando a espécie *Eucalyptus saligna* em três localidades distintas, obtiveram reduções nos progressos genéticos esperados para as características estudadas (ALT, DAP e VOL), quando os efeitos da interação não foram levados em conta na seleção. Quando consideram o valor do progresso genético esperado igual a 100%, ocorreram reduções de 56,3%, 49,9% e 54,2%, respectivamente, para DAP, ALT e VOL pelos efeitos da interação.

Para os valores de correlações genéticas e fenotípicas (Tabela 3) obtidos para as características altura de planta (ALT, em m), diâmetro à altura do peito (DAP, em cm) e volume de madeira (VOL, em m³) dos experimentos implantados nas localidades 1 e 2 no Município de Palma Sola, SC, verificou-se a potencialidade da utilização de seleção precoce para essas características estudadas.

Considerando a característica DAP em correlação com ALT e VOL, as correlações genéticas e fenotípicas entre elas, nas diferentes idades, foram altas nas condições ambientais dos experimentos. Esse resultado era esperado, tendo em vista que muitos estudos dessa associação genética em espécies florestais têm mostrado altos valores de correlação genética entre essas características (ZIMBACK et al., 2011).

Segundo Sebbenn et al. (2009), estimativas das correlações genéticas e fenotípicas com valores positivos, consideravelmente significativos e altos entre as características diâmetro à altura do peito (DAP cm),

altura de planta (ALT m) e volume de madeira (VOL m³), sugerem a possibilidade de seleção indireta de uma característica pela seleção direta em outra.

Para Pires et al. (2011), esse parâmetro é muito importante em melhoramento florestal, pois significa que, com a correlação genética alta, a alteração em uma característica, via seleção, promove alterações significativas em outras características correlacionadas a ela.

Correlações altas e significativas entre características silviculturais, foram observadas na mesma região, indicando que a seleção precoce gerará ganhos significativos, conforme relatado por Moraes et al. (2014), estudando clones não aparentados de eucaliptos.

Zimback et al. (2011), analisando progênies de polinização aberta de *Eucalyptus grandis* em várias regiões edafoclimáticas distintas, obtiveram correlações genéticas acima de 0,81 de DAP, esperando boa resposta correlacionada na seleção para volume (VOL).

Segundo Vencovsky (1978), as correlações genéticas e fenotípicas entre a variável altura de planta e diâmetro à altura do peito, em espécies florestais, são positivas e de elevada magnitude, demonstrando que a seleção pode ser realizada em apenas uma delas, sem grande prejuízo para a outra característica.

Com isso, para evitar riscos desnecessários com perda de produtividade, uma estratégia a ser utilizada, com base nos resultados apresentados, consiste na utilização da progênie ou progênies com melhor capacidade adaptativa a esses dois locais, possibilitando aumento da produtividade do sítio e diminuição dos riscos com recomendação de material genético inapropriado para essas regiões edafoclimáticas.

5. CONCLUSÕES

Variações genéticas significativas entre as progênies de meios-irmãos de *E. dunnii* para as características silviculturais altura de planta, diâmetro à altura do peito e volume de madeira estimadas pelos parâmetros genéticos quantitativos revelam o potencial da população para melhoramento sob efeito de geada.

Há possibilidade de utilização dos materiais genéticos para as duas localidades do Município de Palma Sola, SC, uma vez que as interações genótipos x ambientes não foram significativas para as características avaliadas.

O DAP foi altamente correlacionado com o VOL, indicando que a seleção poderá ser realizada com base apenas no DAP, reduzindo custos e tempo no Programa de Melhoramento Florestal de *E. dunnii* sob efeito de geadas.

6. AGRADECIMENTOS

À empresa Palmasola, pela condução do experimento e concessão dos resultados para publicação.

7. REFERÊNCIAS

- BROOKER, M.I.H.; KLEINIG, D.A. **Field guide to *Eucalyptus***. South-Eastern Australia. 3. ed. Melbourne: Bloomings Books, 2006. 356p.
- CARON, B.O.; SOUZA, V.Q.; ELOY, E.; BEHLING, A.; SCHMIDT, D.; TREVISAN, R. Resistência inicial de quatro espécies arbóreas em diferentes espaçamentos após ocorrência de geadas. **Ciência Rural**, v.41, n.5, p.817-822, 2011.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 382 p.
- ELOY, E.; CARON, B.O.; TREVISAN, R.; ELLI, E.F.; MONTEIRO, G.C. Ocorrência de geadas nas espécies florestais *Acacia mearnsii* e *Eucalyptus grandis* na região norte do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p.1626, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: 1997.
- FONSECA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; ALFENAS, A.C.; GUIMARÃES, L.M.S.; ASSIS, T.F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prática de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2010.
- HIGA, A.R.; GARCIA, C.H.; SANTOS, E.T. Geadas, prejuízos à atividade florestal. **Silvicultura**, v.15, n. 58, p.40-43, 1994.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 398p.
- LIMA, J.L., SOUZA, J.C.D., RAMALHO, M.A.P., ANDRADE, H.B., SOUSA, L.C.D. Early selection of parents and trees in *Eucalyptus* full-sib progeny tests. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, n.1, p.10-16, 2011.
- MARTINS, I.S.; MARTINS, R.C.C.; CORREIA, H.S. Comparação entre seleção combinada e seleção direta em *Eucalyptus grandis*, sob diferentes intensidades de seleção. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.36-43, 2001.
- MIRANDA, A.C.; MORAES, M.L.T.; TAMBARUSSI, E.V.; FURTADO, E.L.; MORI, E.S.; SILVA, P.H.M.; SEBBENN, A.M. Heritability for resistance to *Puccinia psidii* Winter rust in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden in Southwestern Brazil. **Tree Genetics & Genomes**, v.9, n.2, p.321-329, 2013.
- MORAES, C.B.; FREITAS, T.C.M.; PIERONI, G.B.; ZIMBACK, L.; RESENDE, M.D.V.; MORI, E.S. Estimativas dos parâmetros genéticos para seleção precoce de clones de *Eucalyptus* para região com ocorrência de geadas. **Scientia Forestalis**, v.42, n.12, p.219-227, 2014.
- MORAES, C.B.; FREITAS, T.C.M.; PIERONI, G.B.; ZIMBACK, L.; MORI, E.S. Genetic variability in eucalypt for frost tolerance. In: IUFRO WORKING GROUP 2.08.03 IMPROVEMENT AND OF CULTURE EUCALYPTUS, Porto Seguro: IUFRO, 2011.
- MORI, E.S.; LELLO, L.R.B.; KAGEYAMA, P.Y. Efeitos da interação genótipos x ambientes em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, v.33, n.1, p.19-25, 1986.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- PINTO-JÚNIOR, J.E.P.; SANTOS, P.E.T.; AGUIAR, A.V.; KALIL-FILHO, A.A.; PIRES, I.E.; RESENDE, M.D.V.; SILVA, R.L.; RESENDE JR., M.R.R. **Genética florestal**. Viçosa-MG: Arka, 2011. 318p.
- PITZ FLORIANI, M.M.; STEFFENS, C.A.; CHAVES, D.M.; AMARANTE, C.V.T.; PIKART, T.G.; RIBEIRO, M.S. Relação entre concentrações

foliares de carboidratos solúveis totais e tolerância ao frio em diferentes espécies de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v.23, n.1, p.165-174, 2013.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975p.

RESENDE, M.D.V.; PIRES, I.E.; SILVA, R.L. Melhoramento do Eucalipto. In: LOPES, M.A.; FÁVERO, A.P.; FERREIRA, M.A.J.F.; FALEIRO, F.G.; FOLLE, S.M.; GUIMARÃES, E.P. **Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso**. Planaltina: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Brasília: Embrapa Cerrados, 2011.

ROSADO, A.M.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.964-971, 2012.

SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E. Seleção dentro de progênies de polinização aberta de *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze (Lecythidaceae), visando à produção de sementes para recuperação ambiental. **Revista Instituto Florestal**, v.21, n.1, p.27-37, 2009.

SELLE, G.L.; VUADEN, E. **Comunicação: efeitos da geada sobre plantações de *Eucalyptus***

grandis. **Caderno de Pesquisa; Série Biologia**, v.20, v.1, p.36-45, 2007.

SILVA, A.L.L.; OLIVEIRA, Y.; ALCANTARA, G.B.; SANTOS, M.; QUOIRIN, M. Tolerância ao resfriamento e congelamento de folhas de eucalipto. **Biociências**, v.17, n.1, p.86-90, 2009.

TIBBITS, N.W.; WHITE, T.L.; HODGE, G.; BORRALHO, N.M.G.A. Genetic variation in frost resistance of *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* assessed by artificial freezing in winter. **Australian Journal of Botany**, v.54, n.6, p.521-529, 2006.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.) **Melhoramento do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. p.122-201.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1987. p.137-214.

ZANATA, M.; FREITAS, M.L.M.; SILVA, M.T.; MORAIS, E.; ZANATTO, A.C.S.; SEBBENN, A.S. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção em teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus pellita*, em Batatais/SP. **Revista do Instituto Florestal**, v.22, n.2, p.233-242, 2010.

ZIMBACK, L.; MORI, E.S.; BRIZOLLA, T.F.; CHAVES, R. Correlações entre caracteres silviculturais durante o crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista do Instituto Florestal**, v.23, n.1, p.57-67, 2011.