

PARÂMETROS GENÉTICOS E INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM TESTE DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE ACÁCIA-NEGRA (*Acacia mearnsii*).

Marcos Deon Vilela de Resende*
Antonio Rioyei Higa**
Juliano Berthon Heller***
Pedro Paulo Stein****

RESUMO

No presente trabalho, foram avaliadas cinco procedências e quarenta e seis progênies australianas de acácia-negra (*Acácia mearnsii*) visando a estimação de parâmetros genéticos e estudos de interação genótipo x ambiente, bem como a produção de sementes melhoradas. Os experimentos foram instalados em dois locais, no município de Montenegro-RS, no delineamento de blocos casualizados com cinco repetições e cinco plantas por parcela. Constatou-se a presença de considerável variabilidade genética, fato este que indica boas possibilidades para o melhoramento deste germoplasma, a longo prazo. Verificou-se que a interação genótipo x locais não é problemática para o melhorista, sugerindo que qualquer dos dois ambientes poderá ser utilizado para seleção, conduzindo a resultados satisfatórios em ambos. A seleção entre progênies com base no caráter altura, na média dos ambientes, conduziu a um ganho genético em torno de 30% em volume cilíndrico de madeira por hectare, na média dos ambientes.

PALAVRAS-CHAVE: Acácia-negra - melhoramento genético, acácia-negra genética quantitativa, interação simples e complexa, ganho genético indireto, correlações genéticas.

GENETIC PARAMETERS AND GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN A COMBINED PROVENANCE AND PROGENY TRIAL OF BLACK WATTLE (*Acacia mearnsii*)

ABSTRACT

Genetic parameters and genotype x environment interaction were estimated for black wattle (*Acacia mearnsii*), planted in Montenegro-RS. Forty six families from five provenances, were planted in two sites, in a randomized block design, with five replications and five plants per plot. Genetic variation was detected for height, diameter (DBH) and survival, at three years old, but the genotype x environment was statistically not significant. These informations indicated that there were good

* Eng.-Agrônomo, M. Sc., CREA n° 50602/D, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

** Eng.-Florestal, Ph. D., CREA n° 52583/D, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

*** Acadêmico de Engenharia Florestal - UFPR.

**** Eng.-Agrônomo, B. Sc., CREA n° 46796/D, Pesquisador da TANAC S.A.

possibilities for improving productivity of this germplasm and that the selection could be carried out in any of these two sites. Genetic gain of 30% in volume per ha, can be obtained selecting the best 25% families, based in the average of heigh observed in these two sites.

KEY-WORDS: Black wattle-breeding, black wattle-quantitative genetics, simple and complex interaction, indirect genetic gain, genetic correlations.

1. INTRODUÇÃO

A acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) constitui-se numa importante espécie florestal ao Rio Grande do Sul, cuja área atual plantada é superior a 160 mil ha, e distribuída principalmente em minifúndios (MAESTRI et al., 1987).

A espécie possui ampla utilização, tanto da casca quanto da madeira. Da casca, é extraído o tanino, usado principalmente no curtimento de couro e peles. A madeira, além do uso tradicional como lenha e carvão, é usada como matéria prima de superior qualidade para a fabricação de celulose e papel, além de vários outros usos.

Em função da sua grande importância econômica e social ao Rio Grande do Sul, estudos, visando o aumento da produtividade de madeira, casca e teor de tanino, através do melhoramento genético, têm sido realizados (RESENDE et al., 1991a, 1991b). O presente trabalho teve como objetivo a avaliação de procedências e progênies australianas de acácia-negra, com vistas à avaliação de parâmetros genéticos e à produção de sementes melhoradas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas cinco procedências australianas, representadas por um total de 46 progênies, cuja localização geográfica é apresentada na Tabela 1.

O delineamento experimental empregado foi o "Compact Family Block" (SNYDER, 1966), com cinco repetições, cinco plantas por parcela e espaçamento 3,0m x 2,0m.

Os experimentos foram instalados em duas fazendas distintas (1. Dona Anna e 2. Guararapes), no município de Montenegro-RS.

A partir de avaliações realizadas aos três anos de idade, para os caracteres altura, diâmetro à altura do peito e sobrevivência, realizaram-se análises de variância individuais e conjuntas, bem como a estimação de parâmetros genéticos e estudos de interação genótipo x ambiente.

A estimação dos parâmetros genéticos e progressos com seleção envolvendo diversas situações foi realizada com base em (RESENDE, 1991), considerando o tamanho finito das famílias e a modalidade "seleção sem sementes remanescentes".

TABELA 1. Procedências e respectivas localizações geográficas, bem como número de progênies (N).

Procedência	Latitude (°S)	Longitude (°E)	Altitude (m)	N
1. Bungendore-NSW	34° 55' - 35° 15'	149° 04' - 149° 06'	700	07
2. Braidwood-NSW	35° 25' - 35° 35'	149° 55'	640-700	05
3. Bega-NSW	36° 30' - 36° 45'	149° 40' - 149° 15'	80-120	13
4. Bodalla-NSW	36° 08'	149° 55' - 150° 05'	75	11
5. Batemans Bay-NSW	36° 20' - 36° 25'	150° 13'	40	10

Para o estudo da interação genótipo x ambiente, além da análise conjunta (considerando o modelo aleatório), procedeu-se o desdobramento do componente de variância da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexa, pelas metodologias de (ROBERTSON, 1959) e de (CRUZ & CASTOLDI, 1991). Adicionalmente, calcularam-se os progressos diretos e indiretos com a seleção entre famílias sobre cada característica, com base nas seguintes expressões:

a) Seleção no local i e progresso no mesmo local ($Gs_{(i)}$).

$$Gs_{(i)} = h^2_i \times ds_i$$

b) Seleção no local i e progresso

no local j ($G_{s_{(j/i)}}$).

$$G_{s_{(j/i)}} = h^2_1 \times ds_{(i)}$$

- c) Seleção na média dos ambientes i e j e progresso no ambiente i ($G_{s_{(i/j)}}$).

$$G_{s_{(i/j)}} = h^2_1 \times ds_{(i)}$$

- d) Seleção no local i e progresso na média dos ambientes i e j ($G_{s_{(i/j)}}$).

$$G_{s_{(i/j)}} = 1/2[G_{s_{(i/i)}} + G_{s_{(j/i)}}]$$

- e) Seleção na média dos ambientes i e j e progresso na média dos ambientes i e j

($G_{s_{(i/j)}}$).

$$G_{s_{(i/j)}} = 1/2[G_{s_{(i/i)}} + G_{s_{(j/j)}}]$$

Onde:

h^2_1 - Herdabilidade ao nível de médias de progênes no local i.

ds_1 - Diferencial de seleção direto, no local i.

$ds_{(i)}$ - Diferencial de seleção indireto para o local j, com base na identificação das melhores no local i.

$$r_g = [(ds_{H(DAP)} \times ds_{DAP(i)}) / (ds_H \times ds_{DAP})]^{1/2}$$

Onde:

ds_H - Diferencial de seleção direto para o caráter altura.

$ds_{H(DAP)}$ - Diferencial de seleção indireto para altura, com base na identificação das melhores progênes para DAP.

Na simulação de progressos indiretos para altura, DAP e sobrevivência, utilizaram-se os diferenciais de seleção indiretos, similarmente aos descritos para os progressos indiretos envolvendo os dois locais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para os caracteres altura, DAP e sobrevivência, nos dois locais, e para as cinco procedências e testemunha, encontram-se na Tabela 2.

Constata-se, pela Tabela 2, em termos de valores médios, a superioridade em crescimento da procedência 5. Verifica-se também, que as procedências 3 e 4 apresentaram-se intermediárias, e 1 e 2 mostraram-se inferiores (Tabela 2). Confirmando este resultado, constatou-se que na seleção das onze progênes superiores para altura, dentre as 46, sete pertenceram à procedência 5, três pertenceram à procedência 3 e uma à 4.

Na Tabela 3, são apresentados os valores e significâncias dos quadrados médios referentes às análises de variância individuais.

Constatou-se a presença de variabilidade genética entre progênes para todas as características, nos dois locais, conforme significância do teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Ao nível de procedências, não se verificou presença de variabilidade genética apenas para sobrevivência no local 2. Os coeficientes de variação experimental apresentaram magnitudes dentro dos limites aceitáveis na experimentação florestal (Tabela 3).

TABELA 2. Valores médios para as procedências e testemunha, para os caracteres altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP) e sobrevivência (%S)*.

PROC	LOCAL 1			LOCAL 2			MÉDIA DOS LOCAIS		
	H(m)	DAP(cm)	%s	H(m)	DAP(cm)	%S	H(m)	DAP(cm)	%S
1	6.83±0.42	5.44±0.37	83.43±6.91	7.51±0.36	6.24±0.37	85.33±7.37	7.17±0.28	5.84±0.26	84.38±5.05
2	6.80±0.45	5.57±0.36	94.40±3.56	7.14±0.54	5.69±0.53	91.20±4.98	6.97±0.35	5.63±0.31	92.80±3.02
3	7.72±0.39	6.38±0.37	84.00±6.46	7.91±0.51	6.38±0.45	93.67±3.67	7.82±0.32	6.38±0.29	88.84±3.58
4	7.86±0.32	6.04±0.39	86.91±6.85	7.95±0.51	6.39±0.56	91.64±5.73	7.91±0.29	6.22±0.33	89.28±4.45
5	8.24±0.36	6.49±0.39	94.00±3.38	8.56±0.44	6.95±0.56	92.80±4.03	8.40±0.28	6.76±0.31	93.40±2.62
TEST		7.92	84.00	8.41	6.81	90.00	8.68±0.30	7.37±0.34	87.00±4.39

* Identificação dos locais e procedências no material e métodos.

Na Tabela 4, são apresentados parâmetros genéticos para três características avaliadas, nos dois locais, obtidos a partir dos resultados da Tabela 3.

Constata-se, pelas magnitudes dos coeficientes de herdabilidade, que a seleção entre e dentro de progênes deverá ser mais vantajosa do que a seleção a nível de indivíduo.

Quanto à variabilidade genética expressa, constatou-se, pelas magnitudes dos coeficientes de variação genética, que a mesma foi bastante superior àquela verificada por (RESENDE et al., 1991b), para a população local (testemunha) do Rio Grande do Sul. Isto revela que o material recentemente introduzido é mais promissor

para a seleção que a população local.

Na Tabela 5, são apresentados os valores e significâncias dos quadrados médios da análise de variância conjunta para os 2 locais.

Constata-se, pela Tabela 5, a não significância do quadrado médio da interação para os três caracteres. Isto indica que a seleção em qualquer dos locais deverá conduzir a ganhos satisfatórios em ambos.

Visando o detalhamento do componente de variância da interação progênies x locais, efetuou-se o seu desdobramento em partes simples e complexa (Tabela 6).

Verificam-se altas correlações genéticas dos materiais nos ambientes, para todos os caracteres, o que indica que um único programa de melhoramento poderá atender satisfatoriamente toda a região abrangida pelos 2 locais.

Pode-se observar, pelo desdobramento, que a metodologia de Robertson não forneceu resultados muito coerentes. Isto porque, apesar da alta correlação genética observada, o mesmo conduziu a uma alta porcentagem de interação complexa, a qual advém da falta de correlação genética do material nos ambientes.

TABELA 3. Valores e significâncias dos quadrados médios, para as análises de variâncias individuais, para os caracteres altura (H), diâmetro à altura do peito (DAP) e sobrevivência (%S).

F.V.	LOCAL 1 (Fazenda D. Anna)			LOCAL 2 (Fazenda Guararapes)		
	H	DAP	%S	H	DAP	%S
Bloco	5.47820**	1.04993	84.34783	18.94609	9.02800	116.36364
Proced.	15.39447**	8.83678*	1164.78600 ¹	10.19992 ¹	7.13999 ¹	377.45455 ^{ns}
Proc x Bloco	0.78530	0.56727	349.52343	1.24020	0.98444	219.12121
Prog/Proc	1.69326**	2.39447**	391.68576**	2.13202**	3.41753**	331.40326**
Resíduo	0.69559	0.82613	200.91606	0.79161	1.29395	194.02953
Média	7.49	5.98	88.55	7.81	6.33	90.93
C.V.%	11.14	15.20	16.00	11.39	17.97	15.32

1, **, * e ns - Significativos aos níveis de 10, 1 e 5% e não significativo, respectivamente.

Por outro lado, a metodologia de Cruz & Castoldi forneceu resultados mais adequados. Mesmo assim, houve preponderância da parte complexa sobre a simples, o que poderia representar problema para o melhorista, pois evidencia a falta de correlação entre médias de progênies de um ambiente para outro. No entanto, é importante ressaltar que as interações apresentaram pequenas magnitudes em relação à variação genética e mostraram-se não significativas. Assim, pode-se considerá-las não problemáticas para o melhorista.

Na Tabela 7, são apresentadas algumas simulações envolvendo progressos com seleção em cada ambiente e na média dos ambientes.

Pela Tabela 7, observou-se que as situações que proporcionaram menores progressos genéticos foram aquelas referentes à seleção indireta (seleção em um ambiente e progresso em outro). Evidentemente, o que interessa ao melhorista é obter o maior progresso genético médio sobre os dois ambientes. Nesse caso, Embrapa Florestas. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 24/25, p.55-65, Jan./Dez. 1992.

observa-se que é mais vantajoso realizar a seleção de progênies com base na média dos dois locais, conforme verificado pelos progressos 12/12 para todos os caracteres.

A seleção na média dos ambientes conduz, logicamente, a bons progressos em cada um dos locais, conforme explicitado pelos valores dos progressos 1/12 e 2/12 para todos os caracteres (Tabela 7).

TABELA 4. Estimativa dos parâmetros herdabilidade no sentido restrito ao nível de médias de progênies/procedências ($h^2_{\bar{x}}$), ao nível de indivíduo/procedência (h^2_i) e dentro de progênies (h^2_d) e coeficiente de variação genética (CV_g), para os caracteres altura (H), DAP e sobrevivência (%S).

Parâmetro	LOCAL 1 (Fazenda D. Anna)			LOCAL 2 (Fazenda Guararapes)		
	H	DAP	%S	H	DAP	%S
$h^2_{\bar{x}}$	0.6670±0.08	0.7415±0.06	0.5513±0.11	0.7118±0.07	0.7034±0.07	0.4692±0.13
h^2_d	0.2247	0.2519	-	0.3044	0.3408	-
h^2_i	0.2722	0.3127	-	0.3443	0.3661	-
$CV_g(\%)$	5.96	9.37	6.98	6.63	10.30	5.76

Definido que a seleção entre progênies será baseada na média dos locais, resta saber em que caráter a mesma deverá ser praticada.

Os resultados diretos e indiretos da seleção baseada em altura e diâmetro, na média dos ambientes, são apresentados na Tabela 8.

Observa-se que, de maneira geral, a seleção em DAP conduz a altos progressos em altura e vice-versa. Isto é reflexo da alta correlação genética (0.89) observada entre esses dois caracteres.

TABELA 5. Valores e significâncias dos quadrados médios para a análise conjunta de variância, para os caracteres altura (H), DAP e sobrevivência (%S).

F.V.	QM		
	H	DAP	%S
Ambiente (A)	7.863	7.6387	1244.25
Progênie (P)	4.903*	5.6008**	516.08**
(P x A)	0.943 ^{ns}	1.218 ^{ns}	247.343 ^{ns}
Resíduo Médio	0.767	1.0289	205.447
Média	7.65	6.16	89.74
C.V.%	11.45	16.47	15.97

Constata-se, também, que a seleção em quaisquer dos caracteres de crescimento conduz a um pequeno ganho percentual na sobrevivência, na média dos ambientes (Tabela 8).

Quanto ao ganho em volume de madeira por hectare, na média dos ambientes, observa-se que a seleção, com base em altura (30,77%), oferece uma ligeira vantagem sobre a seleção em DAP (28, 78%). Dessa forma, o caráter altura deve ser preferido para a seleção.

TABELA 6. Desdobramento da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexa, pelas metodologias de Robertson e Cruz & Castoldi bem como correlação genética do material nos ambientes, para os caracteres altura (H), DAP e sobrevivência (%S).

		Simple	Complexa	Complexa (%)	r_g
H	Robertson	0.00004	0.1884	99.98	0.92
	Cruz & Castoldi	0.0815	0.1070	56.77	
DAP	Robertson	0.0036	0.2401	98.56	0.93
	Cruz & Castoldi	0.1008	0.1428	58.62	
%S	Robertson	0.5570	48.9100	98.87	0.80
	Cruz & Castoldi	10.1749	39.2924	79.43	

$r_g = \sigma_g^2 / [\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 - 0,5(\sigma_{g1} - \sigma_{g2})^2]$, onde σ_{g1}^2 , σ_{g2}^2 e σ_g^2 são variâncias genéticas no local 1, local 2 e da análise conjunta, respectivamente, σ_{ge}^2 é a variância da interação progênie x ambientes (YAMADA, 1962).

Adicionalmente, deverá ser praticada a seleção dentro de progênies em cada um dos locais, quando ganhos adicionais deverão ser capitalizados. Por exemplo, a seleção dentro de progênies no local 1, com base em altura, na proporção de 1:5, deverá conduzir a um progresso de 4,97% em altura sobre a média geral e, também, a progresso indireto em DAP.

A seleção praticada da forma como sugerida (onze progênies e cinco plantas por progênies), conforme cálculo de tamanho efetivo populacional (RESENDE & VENCOVSKY, 1990), mantém variabilidade suficiente para o melhoramento a longo prazo, atendendo ao limite mínimo de tamanho efetivo sugerido por (RAWLINGS, 1970) e (PEREIRA & VENCOVSKY, 1988).

Todavia, é importante ressaltar que essa seleção precoce (aos três anos), deverá ser confirmada utilizando-se dados de idades mais avançadas, próximas à idade de rotação.

TABELA 7. Progressos genéticos (Gs) pela seleção entre médias de progênies nos três caracteres, considerando-se várias situações:

1/2: Seleção no local 2 e progresso no local 1.

1/12: Seleção na média dos locais 1 e 2 e progresso no local 1.

12/1: Seleção no local 1 e progresso na média dos locais 1 e 2.

12/12: Seleção na média dos locais 1 e 2 e progresso na média dos locais 1 e 2.

G _s *	H	DAP	%S
1/1	0.59 (7.71%)**	0.74 (12.01%)	5.31 (5.92%)
2/2	0.74 (9.67%)	0.77 (12.01%)	3.96 (4.41%)
1/12	0.48 (6.28%)	0.59 (09.58%)	4.52 (5.04%)
2/12	0.74 (9.67%)	0.70 (11.36%)	2.94 (3.28%)
1/2	0.41 (5.36%)	0.41 (06.66%)	1.51 (1.68%)
2/1	0.39 (5.10%)	0.36 (05.84%)	0.73 (0.81%)
12/1	0.49 (6.41%)	0.56 (09.09%)	3.02 (3.37%)
12/2	0.58 (7.58%)	0.59 (09.58%)	2.73 (3.04%)
12/12	0.61 (7.97%)	0.65 (10.55%)	3.72 (4.15%)

* Seleção das 11 progênies superiores.

** Valores entre parênteses - Ganhos em porcentagem da média geral, considerando os dois locais.

TABELA 8. Progressos genéticos diretos (no mesmo caráter) e indiretos (em outros caracteres), pela seleção entre progênie, na média dos ambientes.

Seleção*	Ganho	Local 1	Local 2	Média
H	H	0.48 (06.28%)	0.74 (09.67%)	0.61 (07.97%)
	DAP	0.50 (08.12%)	0.71 (11.53%)	0.61 (09.90%)
	%S	1.10 (01.223%)	2.26 (02.52%)	1.69 (01.88%)
	V**	7.8212 (22.93%)	13.1721 (38.62%)	10.4967 (30.77%)
DAP	H	0.49 (06.41%)	0.57 (07.45%)	0.53 (06.93%)
	DAP	0.59 (09.58%)	0.70 (11.36%)	0.65 (10.55%)
	%S	-0.31 (-0.35%)	1.06 (01.18%)	0.39 (00.44%)
	V**	8.8544 (25.96%)	10.7783 (31.60%)	9.8164 (28.78%)

* Seleção das 11 progênie superiores.

** Volume cilíndrico por hectare.

4. CONCLUSÕES

A procedência Batemans Bay apresentou o melhor desenvolvimento dentre as testadas, porém, não diferiu, em produtividade, da testemunha local.

A variabilidade genética para os três caracteres, do material introduzido, apresentou consideráveis magnitudes, indicando que o mesmo é promissor para a seleção a longo prazo.

Não existe interação genótipo x ambiente significativa envolvendo os dois locais utilizados para a avaliação dos genótipos.

A seleção entre progênie, com base na altura, na média dos ambientes, conduziu à maior estimativa de ganho genético (em torno de 30%) em volume cilíndrico de madeira por hectare, na média dos ambientes.

A seleção entre e dentro de progênie deverá conduzir a um ganho de 15% em volume de madeira, em relação à testemunha local.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. **Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa**, 1991. 13p. (no prelo).

FALCONER, D.S. **Introduction to Quantitative Genetics**. New York, The Ronald Press, 1964, 365p.

MAESTRI, R.; GRAÇA, L.R.; SIMÕES, J.W.; FREITAS, A.S.P. Análise da adubação fosfatada na produção física e econômica da acácia-negra (*Acacia Mearnsii* De Wild). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.14, p.39-53, 1987.

PEREIRA, M.B.; VENCOSKY, R. Limites da seleção recorrente. I. Fatores que afetam o acréscimo das frequências alélicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.23, n.7, p.769-780, 1988.

- RAWLINGS, J.O. Present status of research on long and short-term recurrent selection in finite populations; choice of population size. In: NAMKOONG, G.; STERN, K. **Papers Presented at Meeting of Working Group on Quantitative Genetics...** New Orleans: USDA Forest Service Southern For. Exp. Sta., 1970. p.1-15.
- RESENDE, M.D.V. de. Correções na expressão do progresso genético esperado com seleção em função do tamanho finito das famílias e implicações no melhoramento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.22/23 [1991a]. (no prelo).
- RESENDE, M.D.V. de; VENCOVSKY, R. Condução e utilização de bancos de conservação genética de espécies de *Eucalyptus*. **Silvicultura**, v.42, n.3, p.435-439, 1990.
- RESENDE, M.D.V. de; SOUZA, S.M.de; HIGA, A.R.; STEIN, P.P. Estudos da variação genética e métodos de seleção em teste de progênies de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.22/23, [1991b], (no prelo).
- RESENDE, M.D.V. de; SOUZA, S.M.de; HIGA, A.R.; STEIN, P.P. Estimativas de parâmetros genéticos e seleção em de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "O Desafio das Florestas Neotropicais", 1991, Curitiba. **Anais**. p.374-375.
- ROBERTSON, A. Experimental design in the evaluation of genetic parameters. **Biometrics**, v.15, p.219-226, 1959.
- SYNDER, E.B. Lattice and compact family block designs in forest genetics. St. Paul: **USDA** Forest Service, 1966, p.12-17. (USDA. Forest Service NC Research Paper, 6).
- YAMADA Y. Genotype by environment interactions and genetic correlation of the same traits under different environments. **Japanese Journal of Genetics**, v.37, p.498-509, 1962.