

ASPÉCTOS METODOLÓGICOS NO MELHORAMENTO GENÉTICO DE *Leucaena leucocephala*, UMA ESPÉCIE FLORESTAL AUTÓGAMA

Marcos Deon Vilela de Resende (1)

Moacir José Sales Medrado(1)

RESUMO - No presente trabalho foram discutidos aspectos do melhoramento genético de ***Leucaena leucocephala*** do ponto de vista da genética quantitativa. Utilizando modelos genéticos apropriados a espécies autógamas, foram derivadas as covariâncias unidades de seleção - população melhorada referentes à seleção em diferentes gerações de autofecundação e associadas a diferentes estratégias de propagação do material selecionado. Com base na interpretação dessas covariâncias, as principais conclusões obtidas são relatadas. Dentre as estratégias de propagação comparadas, fixando a geração de seleção (exceto F_{∞}), as mais eficientes em termos de ganhos genéticos são, em ordem decrescente: vegetativa; via sementes, fixando os genótipos superiores na geração de seleção; via sementes utilizando linhagens totalmente homozigotas. Para caracteres produtivos de interesse em ***Leucaena leucocephala*** (os quais parecem exibir dominância), a estratégia ideal seria a seleção nas gerações F_1 ou F_2 , com propagação vegetativa do material selecionado. Embora a espécie seja autógama, provavelmente não será compensador a obtenção de novas linhagens totalmente homozigotas, durante o processo seletivo. São discutidos aspectos práticos referentes à coleta de germoplasma, experimentação e utilização do material melhorado, considerando principalmente a peculiaridade do sistema reprodutivo autógamo em ***Leucaena leucocephala***.

PALAVRAS-CHAVE: Espécies florestais - uso múltiplo; genética - espécies autógamas; modelos genéticos.

(1) Pesquisadores do EMBRAPA/CNPFFlorestas. Cx.Postal 319, CEP 83.405-970, Colombo-PR.

ABSTRACT - In this paper, aspects of **Leucaena leucocephala**'s breeding were discussed, from the point of view of quantitative genetics. Units of selection - improved population covariances related to different breeding and propagation strategies were derived, using genetic models adequate to inbreeding species. Based on these covariances, the conclusions are reported. No matter the generation of selection, the more efficient strategies of propagation were: vegetative; by seeds keeping the superior genotypes in generation of selection; by seeds using inbred lines. For traits related to productivity in **Leucaena leucocephala**, vegetative propagation in generations F₁ and F₂ could be the best option. In spite the species are inbreeding, selection of inbred lines probably is not recommended. Practical aspects of germoplasm collection, experimental designs and uses of the improved propagules are discussed.

KEY-WORDS: Forest species - multipurpose; genetic-inbreeding species; genetic models.

1. INTRODUÇÃO

A leucena (**Leucaena leucocephala**) tem sido reconhecida como uma das mais importantes espécies do grupo das leguminosas arbóreas. HEDGE (1985) relata as seguintes características favoráveis da espécie: rápido crescimento; usos múltiplos e facilidade para consórcio com culturas agrícolas; fixadora de nitrogênio e melhoradora do solo; sistema radicular robusto; tolerância à seca e à salinidade; poucos problemas relacionados a pragas e doenças. O autor relata, também, como pontos favoráveis à espécie, o baixo custo operacional de implantação de povoamentos e a obtenção de retornos financeiros altos e rápidos.

Estas características fazem da leucena uma das espécies mais utilizadas e com maior potencial para sistemas agrossilviculturais em áreas tropicais (BARNES et al. 1992). BREWBAKER (1987) relata a utilização da espécie em sistemas agroflorestais, enfatizando o seu uso como madeira para várias finalidades, como melhoradora do solo e na alimentação animal.

Apesar da importância reconhecida e ampla utilização da leucena, seu melhoramento como espécie arbórea encontra-se incipiente no país, quando comparada ao melhoramento de espécies industriais, como as dos gêneros **Pinus** e **Eucalyptus**. A nível mundial, esta mesma situação é relatada por BARNES et al. (1992), que ressaltam a necessidade de melhoramento das espécies não industriais (espécies de uso múltiplo), como uma das premissas para a obtenção da produção sustentada e consequente conservação dos recursos terrestres. Os autores relatam a necessidade de estabelecimento de seguras estratégias de melhoramento para estas espécies, levando em consideração suas peculiaridades.

Especificamente no caso de **Leucaena leucocephala**, a grande peculiaridade refere-se ao sistema reprodutivo autógamo. Esta característica tem denotado à espécie

uma variabilidade genética muito restrita (HUGHES, 1989), fato este que acarreta grandes implicações nas estratégias de melhoramento e de utilização dos recursos genéticos para o estabelecimento de plantios. Nesse caso, as estratégias deverão diferir consideravelmente daquelas amplamente estudadas e utilizadas para a maioria das espécies florestais, que são alógamas.

Em função do exposto, e da necessidade da abordagem do melhoramento de espécies florestais autóгамas do ponto de vista da genética quantitativa (BURLEY 1993), o presente trabalho tem como objetivos:

- derivar expressões biométricas para comparações de métodos de seleção e estratégias de melhoramento para espécies florestais autóгамas, empregando modelo genético apropriado; e
- discutir aspectos inerentes ao melhoramento genético e utilização dos recursos genéticos de **Leucaena leucocephala**, incluindo estratégias para coleta de germoplasma, experimentação para comparação de acessos e métodos de melhoramento.

2. METODOLOGIA

2.1. Genética de **Leucaena leucocephala**

O gênero **Leucaena** compreende várias espécies, sendo que **Leucaena leucocephala**, em geral, apresenta maior produção de madeira que as demais (BREWBAKER 1987). Dentro desta espécie geralmente são descritos três tipos, quanto ao hábito de crescimento (BREWBAKER et al. 1972; NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES 1981):

- **tipo havaiano**
Hábito arbustivo, porte baixo, plantas atingindo até 5 metros de altura.
- **tipo salvadoreno**
Hábito arbóreo, porte alto, atingindo facilmente 20 metros de altura. É originário de florestas da América Central e representa o principal tipo para reflorestamento. Também denominada *Leucena* “gigante” ou *Leucena* arbórea. Produz, frequentemente, duas vezes mais biomassa que o tipo havaiano. É reconhecida atualmente como uma subespécie: **Leucaena leucocephala** spp. **glabrata** (BREWBAKER 1987).
- **tipo peruano**
Hábito arbóreo, atingindo até 15 metros de altura. Apresenta tronco pequeno e extensos ramos desde a base do tronco. É altamente produtor de forragem.

Conforme relatado por BREWBAKER (1983), **Leucaena leucocephala** é uma

espécie autógama com taxa de cruzamento abaixo de 2%.

O genoma é alotetraplóide, tendo evoluído a partir da hibridação entre *L. diversifolia* ($2n = 52$) X *L. collinsii* ($2n = 52$) (BREWBAKER et al. 1972), apresentando número diplóide de cromossomos igual a 104.

Em termos citogenéticos e reprodutivos, o comportamento de indivíduos alopoliplóides é muito similar àquele apresentado por indivíduos diplóides. Isto ocorre porque os genomas em plantas alopoliplóides geralmente são muito diferentes, de forma que apenas bivalentes de cromossomos homólogos do mesmo genoma são formados. Assim, em termos de modelos genéticos em genética quantitativa, espécies alopoliplóides podem ser tratados como diplóides (WRICKE & WEBER 1986). O fato acima exposto é válido para *Leucaena leucocephala*, na qual é relatada a formação de 52 cromossomos bivalentes na meiose (GONZALES et al. 1967).

2.2. Modelos genéticos adequados ao estudo de espécies autóguas diplóides

Foram considerados dois modelos genéticos, baseados nos efeitos aditivo e de dominância, ignorando portanto a epistasia. O primeiro modelo, proposto por COCKERHAM (1954), é adequado a situações em que apenas duas linhagens (variedades) são cruzadas, objetivando gerar variabilidade para a seleção. O segundo modelo (COCKERHAM 1983) é mais geral e adequado, também, para situações em que várias linhagens são intercruzadas e a seleção é conduzida na população segregante. Nestes modelos genéticos, a variabilidade genética total (V_G) em uma geração de endogamia equivale:

• **Modelo 1.** (COCKERHAM 1954; HORNER & WEBER 1956; COCKERHAM 1963)

$$V_G = (1 + F) V_A + (1 - F^2) V_D \quad (1)$$

Modelo 2. (COCKERHAM 1983)

$$V_G = (1 + F) V_A + (1 - F) V_D + 4F D_1 + FD_2 + F(1 - F) H \quad (2)$$

onde: F = coeficiente de endogamia da geração de autofecundação considerada, associado ao número de geração de autofecundação a partir dos cruzamentos iniciais.

V_A = variância genética aditiva.

V_D = variância genética dominante.

D_1 = covariância entre os efeitos aditivos dos alelos e os efeitos de dominância dos homozigotos.

$D_2 =$ variâncias dos efeitos de dominância dos homozigotos.

$H =$ soma de quadrados da depressão endogâmica de cada loco.

É importante relatar que na situação de cruzamentos entre apenas duas linhagens, em geral considera-se $p = q = 0,5$ (p e q são as frequências dos alelos favoráveis e desfavoráveis na população resultante). Neste caso, $D_1 = D_2 = 0$ e $V_D = H$, de forma que empregando-se a expressão 2, obtém-se a expressão 1. No Brasil, a abordagem quantitativa aplicada ao melhoramento de espécies autógamas foi realizada em detalhes por RAMALHO & VENCOVSKY (1978) considerando o modelo 1 e por SOUZA JÚNIOR (1989) enfatizando o modelo 2.

2.3. Comparação entre processos seletivos

Para comparação entre processos seletivos em espécies autógamas perenes, foram derivadas as covariâncias entre as unidades de seleção e população melhorada para situações práticas diferentes daquelas apresentadas por RAMALHO & VENCOVSKY (1978), SOUZA JÚNIOR (1989) e VENCOVSKY & BARRIGA (1992). As expressões apresentadas por tais autores são adequadas apenas a espécies autógamas anuais que não apresentam possibilidades reais de propagação vegetativa, para uso em plantios comerciais e/ou para fixação de genótipos na geração de seleção.

Na obtenção das variâncias e covariâncias foram empregadas as seguintes expressões, segundo o modelo 2:

a) Variância genética total

$$C_{ggg} = V_G = (1 + F_g) V_A + (1 - F_g) V_D + 4 F_g D_1 + F_g D_2 + F_g (1 - F_g) H$$

b) Variância genética entre progênies

$$C_{tgg} = (1 + F_t) V_A + 2(F_g + F_t) D_1 + \frac{(1 - F_g)^2}{1 - F_t} V_D + [F_t + \frac{(F_g - F_t)^2}{2(1 - F_t)}] D_2 + \frac{F_t(1 - F_g)^2}{(1 - F_t)} H$$

c) Covariância entre a geração de seleção e a população melhorada totalmente endógama: Seleção entre progênies - plantio via sementes ou estacas clonais da geração ∞ .

$$C_{t g_{\infty}} = (1 + F_t) V_A + (F_g + 1 + 2F_t) D_1 + [(F_g + F_t)/2] D_2$$

- d) **Covariância entre a geração de seleção e a imediatamente posterior: Seleção entre progênies - plantio via sementes na geração g'.**

$$C_{tgg'} = (1 + F_t) V_A + (F_g + F_{g'} + 2F_t) D_1 + \frac{(1 - F_g)(1 - F_{g'})}{(1 - F_t)} V_D + [F_t + \frac{(F_g - F_t)(F_{g'} - F_t)}{2(1 - F_t)}] D_2 + \frac{F_t + (1 - F_g)(1 - F_{g'})}{1 - F_t} H$$

- e) **Variância genética dentro de progênies (VGD)**

$$V_{GD} = C_{ggg} - C_{tgg}$$

- f) **Covariância para o ganho com seleção massal na geração g e plantio da geração g'.**

$$C_{ggg'} = (1 + F_g) V_A + (1 - F_{g'}) V_D + (F_{g'} + 3 F_g) D_1 + F_g D_2 + F_g (1 - F_{g'}) H$$

- g) **Covariância para o ganho com seleção massal na geração g e plantio da geração ∞ .**

$$C_{gg\infty} = (1 + F_g) V_A + (1 + 3 F_g) D_1 + F_g D_2$$

- h) **Covariância para o ganho com seleção dentro de progênies na geração g e plantio na geração g'.**

$$CGD_{g'} = C_{ggg'} - C_{tgg'}$$

- i) **Covariância para o ganho com seleção dentro de progênies na geração g e plantio na geração ∞ .**

$$CGD_{\infty} = C_{gg\infty} - C_{tg\infty}$$

- j) **Covariância para o ganho com seleção massal na geração g e plantio clonal de indivíduos da própria geração g.**

$$CMC = VG = C_{ggg}$$

- k) **Covariância para o ganho com seleção entre progênies na geração g e plantio clonal de progênies da mesma geração.**

$$CEC = C_{tgg}$$

1) Covariância para o ganho com seleção dentro de progênies na geração g e plantio clonal de indivíduos na mesma geração.

CDC = VGD

Os índices g, t e g' referem-se à geração atual, geração precedente à g e qualquer geração posterior à g, respectivamente.

Na comparação de progressos genéticos foram considerados caracteres com diferentes padrões de herança quanto ao grau médio de dominância e tipo de ação gênica, a saber: aditiva, dominância parcial, dominância completa e sobredominância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Considerações gerais sobre o melhoramento genético de *Leucaena leucocephala* e métodos de melhoramento de espécies autógamias.

O melhoramento genético de espécies autógamias anuais e que não possuem ainda técnicas de propagação vegetativa dominadas, fundamenta-se no cruzamento entre diferentes linhagens, para a geração de variabilidade genética adicional, e posterior seleção de novas linhagens, no decorrer de várias gerações de autofecundação. Assim, as cultivares obtidas sempre representam genótipos totalmente homozigotos e portanto não apresentam qualquer variabilidade dentro das mesmas.

No caso de *Leucaena leucocephala*, especialmente do tipo Salvadorenho (que apresenta alto rendimento de madeira), as principais cultivares são K8, K28, K67, K29 e K132 (BREWBAKER 1985). A nível prático tem sido constatada a baixa variabilidade genética dentro destes cultivares (BREWBAKER 1983), conforme esperado. A falta de variabilidade genética dentro destes cultivares tem sido relatado como uma das principais dificuldades para o melhoramento e estabelecimento de plantios com a espécie, pois nas duas últimas décadas uma ou poucas linhagens foram disseminadas através dos trópicos (HUGHES 1989).

O melhoramento genético de *Leucaena* tem sido conduzido principalmente por agrônomos e zootecnistas, geralmente focalizando o caráter produção de forragem. Assim, conforme relatado por HUGHES (1989), o melhoramento de *Leucaena* como espécie florestal é incipiente e algumas confusões existem quanto à terminologia (amplamente divulgada na literatura) empregada pelos agrônomos, as quais não são familiares aos geneticistas florestais. Por exemplo, aquele autor relata que o termo variedade (K8, etc) não corresponde diretamente a quaisquer dos termos (procedência, progênie, etc...) convencionais empregados pelos geneticistas florestais. Dessa forma, HUGHES (1989) passou a referir-se ao melhoramento de *Leucaena*, empregando a nomenclatura convencional da genética florestal.

É importante ressaltar que uma variedade de **Leucaena leucocephala** pode ser referida como procedência. Entretanto, diferentemente do que é realizado em espécies alógamas, em **Leucaena leucocephala** não se deve realizar a seleção dentro de procedências. Progênies obtidas de plantas individuais dentro de uma procedência (cultivar) não apresentam variabilidade genética entre nem dentro de progênies, razão pela qual a seleção nestas condições não é profícua. O mesmo pode ser dito em relação à variação entre plantas individuais na procedência, a qual é de natureza puramente ambiental.

Assim sendo, o melhoramento genético de **Leucaena leucocephala** deve seguir estratégias diferenciadas daquelas amplamente empregadas no melhoramento de espécies florestais alógamas. Deverá diferir, também, das estratégias padrões empregadas no melhoramento de espécies autógamas anuais. Isto é devido à possibilidade de fixação de genótipos superiores nas autógamas perenes em qualquer geração, através da propagação repetida dos mesmos via sementes ou estacas clonais. Em espécies autógamas anuais (que geralmente não permitem a propagação vegetativa), obrigatoriamente, deve-se caminhar à homozigose total, como única forma de fixação de genótipos superiores.

3.2. Estratégias para coleta de germoplasma, experimentação e melhoramento de *Leucaena leucocephala*.

Na coleta de germoplasma, deve-se ter em mente que a quase totalidade da variabilidade genética existente na espécie encontra-se entre as populações e não dentro das populações. O contrário ocorre nas espécies alógamas. Assim, a estratégia de coleta de germoplasma deve enfatizar a coleta de várias (todas se possível) populações, amostrando-se um ou poucos indivíduos por população. Apenas um indivíduo por região amostrada é suficiente, quando não coexistem várias linhagens em um só local. É importante ressaltar que as demais espécies (exceto **L. diversifolia**) do gênero são alógamas e para as mesmas devem ser utilizadas as estratégias padrões utilizadas para outros gêneros/espécies florestais. A Universidade do Havaí, EUA, possui a maior coleção de germoplasma de **Leucaena**, contendo cerca de 1.000 acessos, sendo a maioria de **L. leucocephala** (HUGHES 1989).

De posse do germoplasma base, a estratégia inicial óbvia é a comparação entre as diferentes linhagens, visando a seleção e utilização das melhores como fonte de sementes para plantios comerciais. A experimentação, neste caso, deve procurar maximizar o número de repetições em detrimento do número de plantas por parcela, já que não existe variabilidade dentro dos acessos. O uso de parcelas pequenas tem conduzido, na prática, a baixos coeficientes de variação experimental, fornecendo, portanto, a precisão necessária (BREWBAKER 1983).

Entretanto, o ponto principal do melhoramento da espécie deve ser a geração de nova variabilidade e consequente obtenção de genótipos superiores àqueles existentes em condições naturais. Esta estratégia deve contemplar o cruzamento entre as melhores linhagens existentes, em esquema de dialélico incompleto (sem os parentais e recíprocos) e posterior seleção dos genótipos desejados na descendência. Na seleção dos parentais (linhagens) a serem cruzados, deve-se enfatizar o comportamento médio

dos mesmos, bem como a divergência genética entre eles. Este procedimento concorre para uma maior probabilidade de obtenção de genótipos transgressivos nas gerações segregantes. Nesta etapa, a aplicação de técnicas multivariadas para estimação da divergência genética é recomendável (BHATT 1973; RESENDE & HIGA 1991). A maneira como deverá ser conduzida a seleção, a partir da hibridação, é discutida em detalhes, do ponto de vista genético, no tópico a seguir.

É importante mencionar que existem atualmente no mundo, dois programas principais de melhoramento genético de *L. leucocephala*, enfocando principalmente a tolerância à acidez do solo (HUTTON 1983) e a hibridação entre espécies e tolerância ao frio (BREWBAKER 1983, 1987). Assim, estes esquemas de cruzamentos dialélicos podem contemplar também diferentes espécies do gênero *Leucaena*. Para os híbridos e descendentes, se auto-compatíveis (auto-férteis), valem as mesmas considerações realizadas para os esquemas com cruzamentos intra-específicos, quanto aos métodos de seleção discutidos a seguir.

Outro esquema de melhoramento de *L. leucocephala* envolve a modificação de linhagens comerciais, através da introdução de genes via hibridação e retrocruzamentos (SORENSSON 1992).

3.3. Comparação entre métodos de melhoramento genético de espécies autógamas perenes

Em espécies autógamas perenes, os métodos ou estratégias de melhoramento podem ser comparados em função de dois fatores principais: diferentes estratégias de propagação (vegetativa em qualquer geração de autofecundação; via sementes em qualquer geração de autofecundação; via sementes na situação de linhagens totalmente endógamas) e geração ideal para seleção. Logicamente, esta comparação deve basear-se nos progressos genéticos esperados com seleção.

Fixando a geração de seleção, os métodos de propagação podem ser comparados pela expressão:

$$G_s = K \frac{\text{COV (US,PM)}}{(\text{Var (US)})^{1/2}}$$

onde: K é o diferencial de seleção padronizado, COV (US,PM) é a covariância entre a unidade de seleção e a população melhorada e Var (US) é a variância da unidade de seleção. Nesta situação (para uma geração de autofecundação específica), K e Var (US) são constantes para os diferentes métodos de propagação. Dessa forma, as comparações podem se basear apenas em COV (US, PM). Essas covariâncias derivadas para os métodos de seleção massal, entre progênies e dentro de progênies são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1. Covariâncias* unidade de seleção - população melhorada para os métodos: seleção massal (M), seleção entre progênies (E) e seleção dentro de progênies (D), associados aos métodos de propagação via sementes na própria geração de plantio (g' = uma geração após a seleção) e na situação de linhagens totalmente endógamas (∞).

Geração de Seleção	F**	$M_{g'}$	M_{∞}	$E_{g'}$	E_{∞}	$D_{g'}$	D_{∞}
F ₂	0	$V_A + 1/2 V_D$	V_A	-	-	-	-
F ₃	1/2	$3/2 V_A + 3/8 V_D$	$3/2 V_A$	$V_A + 1/8 V_A$	V_A	$1/2 V_A + 1/4 V_D$	$1/2 V_A$
F ₄	3/4	$7/4 V_A + 7/32 V_D$	$7/4 V_A$	$3/2 V_A + 3/32 V_D$	$2/3 V_A$	$1/4 V_A + 1/8 V_D$	$1/4 V_A$
F ₅	7/8	$15/8 V_A + 15/128 V_D$	$15/8 V_A$	$7/4 V_A + 7/128 V_D$	$7/4 V_A$	$1/8 V_A + 1/16 V_D$	$1/8 V_A$
F ₆	1	-	-	-	$2V_A$	-	-

* Considerou-se cruzamentos entre apenas duas linhagens parentais e grande número de indivíduos por progênie nos experimentos.

** F - Coeficiente de endogamia associado à geração de seleção.

Observa-se que, de maneira geral, a melhor estratégia de propagação é a clonal, seguida daquela via sementes com plantio da geração g' e por último a propagação via sementes com plantio das linhagens totalmente endógamas (Tabelas 1 e 2). Logicamente, com seleção na geração infinita não existem diferenças entre os sistemas de propagação. Fica claro, então, que embora a espécie seja autógama, não compensa obter novas linhagens totalmente homozigotas, exceto se ficar definido F_{∞} como a melhor geração para seleção.

TABELA 2. Covariâncias* unidade de seleção - população melhorada para os métodos de seleção: massal (M), entre progênes (E) e dentro de progênes (D), associada à propagação vegetativa na geração de seleção.

Geração de Seleção	F**	M	E	D
F ₂	0	V _A + V _D	-	-
F ₃	1/2	3/2 V _A + 3/4 V _D	V _A + 1/4 V _D	1/2 V _A + 1/2 V _D
F ₄	3/4	7/4 V _A + 7/16 V _D	3/2 V _A + 3/16 V _D	1/4 V _A + 1/4 V _D
F ₅	7/8	15/8 V _A + 15/64 V _D	7/4 V _A + 7/64 V _D	1/8 V _A + 1/8 V _D
F _∞	1	-	2V _A	-

* Considerou-se cruzamentos entre apenas duas linhagens parentais e grande número de indivíduos por progênie nos experimentos.

** F - Coeficiente de endogamia associado à geração de seleção.

É importante ressaltar que as inferências realizadas são válidas também para o método da seleção combinada, cujo valor de COV (US, PM) é função destes valores para os métodos da seleção entre progênes e dentro de progênes.

A definição da geração ideal de seleção é dependente da herança do caráter considerado, principalmente quanto ao grau médio de dominância. Considerando, inicialmente, os graus médio de dominância (g.m.d.) inerentes à dominância completa (g.m.d. = 1) e sobredominância (g.m.d. > 1), pode-se afirmar que a seleção deve ser praticada na geração F₁, pois com seleção em gerações de autofecundação (F₂ por exemplo), o máximo que se consegue (selecionando o melhor indivíduo) é a seleção de indivíduo com valor genético/genotípico idêntico ao de F₁. Assim, para casos de sobredominância e dominância completa, a estratégia de melhoramento deve restringir-se à realização de cruzamentos dialélicos, entre parentais selecionados, com posterior seleção e propagação clonal do melhor híbrido. Entretanto, para geração de variabilidade genética adicional para futuras seleções, um esquema de seleção recorrente é recomendável, preferencialmente a seleção recíproca (RESENDE & HIGA, 1990).

Havendo dominância parcial e ausência de dominância (herança totalmente aditiva), existe certa superioridade de genótipos homozigotos sobre heterozigotos e a condução de gerações de autofecundação pode ser uma boa opção. Nesta situação, a definição da geração ideal de seleção deve basear-se na estimação de ganhos genéticos com seleção.

Com herança completamente aditiva, não existe depressão endogâmica e as médias das diferentes gerações não se alteram. Assumindo que a variância fenotípica

pouco varia através das gerações, depreende-se que as covariâncias unidades de seleção - população melhorada (Tabelas 1 e 2) são preponderantes na comparação dos ganhos. É imperativo relatar que, nesse caso, as covariâncias apresentadas são função apenas da variância genética aditiva (substituindo V_D por 0 nas Tabelas 1 e 2) e portanto não existem diferenças quanto aos três sistemas de propagação. Verifica-se, assim, que nesse caso é vantajoso trabalhar com linhagens completamente endogâmicas e selecionar em F_{∞} , pois $COV(US,PM) = 2 V_A$ contra $COV(US,PM) = V_A$ da geração F_2 .

Com algum nível de dominância gênica, existe depressão endogâmica e, portanto, as médias das diferentes gerações não serão as mesmas. Assim, para o caso de dominância parcial, a determinação da geração ideal de seleção deverá levar em conta também as diferentes médias das gerações. A média de cada geração de autofecundação é dada por $M_I = M_o - 2F \Sigma(\text{locos}) p q d$ (FALCONER 1960) onde d é o valor genotípico do heterozigoto e M_o a média original. Assim, a redução na média é diretamente proporcional ao coeficiente de endogamia, dependendo também das frequências gênicas, do nível de dominância e do número de locos controlando o caráter. Com dominância parcial, d varia no intervalo aberto de zero a um, de forma que a depressão será mais baixa e alta para valores de d próximos de zero e um, respectivamente.

Analisando inicialmente as covariâncias, e sabendo-se que para o grau médio de dominância $1,0$ e $p = q = 0,5$, $V_D = 1/2 V_A$ (VENCOVSKY & BARRIGA 1992), verifica-se que as mesmas aumentam com as gerações de autofecundação (Tabelas 1 e 2). Por outro lado, como as médias populacionais decrescem com as autofecundações, não fica claro, para casos de dominância parcial, qual a melhor geração para se efetuar a seleção, visando a propagação vegetativa ou via sementes com fixação dos genótipos na geração de seleção. Com dominância baixa, a geração ideal de seleção tenderá para F_{∞} , conforme verificado para os casos de herança totalmente aditiva. Com dominância alta, a geração ideal de seleção tenderá para F_1 ou F_2 (S_0), segundo o verificado nos casos de dominância completa ou sobredominância. Logicamente, com dominância intermediária, uma geração com F intermediário (F_3, F_4) deverá ser a ideal.

Torna-se necessário, então, um conhecimento prévio da herança do caráter, para se determinar com segurança a geração ideal para seleção. Em **Leucaena leucocephala**, é relatada a existência de heterose para vários caracteres de interesse (BREWBAKER 1985), o que é um indício da existência de dominância gênica. Assim sendo, pode-se dizer que para o melhoramento desses caracteres, dificilmente será vantajoso retardar a seleção para gerações avançadas. Pelo contrário, a seleção logo após a hibridação (F_1) ou em F_2 , associada à propagação vegetativa, deverá ser a estratégia mais eficiente.

3.4. Estratégias de utilização do material genético melhorado

Sendo uma espécie autógama, o plantio de uma única linhagem de **Leucaena leucocephala** conduz a povoamentos bastante homogêneos. Baseando-se neste fato, BREWBAKER (1985) relata as seguintes soluções genéticas para a problemática: plantio de várias linhagens simultaneamente e uso de variedades multilinhas.

Quanto ao plantio de várias linhagens, o autor relata que pelo menos três linhagens distintas deveriam ser utilizadas em qualquer plantação de grande porte. Com respeito ao tipo Salvadorenho (arbóreas), as linhagens K8, K28, K29, K67 e K132 não diferem significativamente na produção de madeira e forragem (BREWBAKER 1985) e poderiam ser utilizadas para estes plantios mistos.

O termo multilinhas designa mistura de linhagens de espécies autógamas e, segundo BREWBAKER (1985), poderia ser obtida em **Leucaena leucocephala** através de cruzamentos entre várias linhagens e utilização da geração F_2 para plantio.

Com o presente trabalho, uma terceira estratégia pode ser proposta: a utilização de cultivares predominantemente heterozigotos através do emprego da propagação vegetativa ou via sementes com fixação de genótipos na geração de seleção. Esta estratégia, além de garantir maior heterogeneidade nos plantios, é adequada em termos de maior eficiência no processo seletivo para caracteres que apresentam dominância gênica.

A técnica de propagação vegetativa já vem sendo desenvolvida para **Leucaena leucocephala**, que é classificada como uma espécie de fácil enraizamento (PURI & RAJORA 1992).

4. CONCLUSÕES

- As estratégias ideais para o melhoramento de espécies autógamas perenes, como **Leucaena leucocephala**, devem diferir consideravelmente daquelas utilizadas para espécies alógamas e espécies autógamas anuais.
- Dentre as estratégias de propagação comparadas, fixando a geração de seleção (exceto F_∞) concorrem para maior ganho genético, em ordem decrescente: vegetativa; via sementes fixando os genótipos superiores na geração de seleção; e via sementes utilizando linhagens totalmente endógamas.
- A geração de autofecundação ideal para seleção é dependente do grau médio de dominância do caráter sob melhoramento. Com dominância e sobredominância, a seleção processar-se-á em F_1 . Com herança completamente aditiva, a seleção deve ser praticada em F_∞ . Com dominância parcial, a geração ideal de seleção tenderá a: F_∞ para graus médio de dominância no intervalo de 0 a 0,5; F_1 e F_2 para graus de dominância no intervalo 0,5 a 1,0.

- Para caracteres produtivos de interesse em **Leucaena leucocephala**, os quais parecem exibir dominância, a estratégia ideal seria a seleção nas gerações F₁ ou F₂, com propagação vegetativa do material selecionado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES,R.D.; SIMONS,A.J.; MACQUEEN,D.J. Domestication of hardwood tree species for non-industrial use. In: LAMBETH,C.; DVORAK,W. **Breeding Tropical Trees**. IUFRO CONFERENCE, 1992. Cali. **Proceedings** (In press).
- BHATT,G.M. Comparison of various methods of selecting parents for hybridization in common bread wheat (*Triticum aestivum* L.) . **Australian Journal of Agricultural Research**, v.24, n.4, p.457-64, 1973.
- BREWBAKER,J.L. Systematics, self-incompatibility, breeding systems and genetic improvement of **Leucaena** species. In: **LEUCAENA RESEARCH IN THE ASIA-PACIFIC REGION**. 1983, OTTAWA. **Proceedings**. OTTAWA: IDRC, 1983. p.17-22.
- BREWBAKER,J.L. The genetic vulnerability of single variety plantations of **Leucaena**. **Leucaena Research Reports**, v.6, p.81, 1985.
- BREWBAKER,J.L. **Leucaena**: a multipurpose tree genus for tropical agroforestry. In: STEPPLER,H.A. and NAIR,P.K. (eds.) **Agroforestry: a decade of development**. Nairobi: ICRAF, 1987. p.289-323.
- BREWBAKER,J.L.; PLUCKNETT,D.L.; GONZALEZ,V. Varietal variation and yield trials of **Leucaena leucocephala** in Hawaii. **Hawaii Agriculture Experimental Station Research Bulletin**. v.166, p.1-29, 1972.
- BURLEY,I. Coments on “Handbook of Quantitative Forest Genetics”. **Commonwealth Forestry Review**, v.72, n.2, p.128, 1993.
- COCKERHAM,C.C. An extension of the concept of partitioning hereditary variance for analysis of covariances among relatives when epistasis is present. **Genetics**, v.39, p.859-882, 1954.
- COCKERHAM,C.C. Estimation of genetic variances. In: HANSON,W.D.; ROBINSON,A.F. (eds.) **Statistical Genetics and Plant Breeding**. NAS-RNC n.982, 1963. p.53-93.
- COCKERHAM,C.C. Covariances of relatives from self-fertilization. **Crop Science**, v.23, p.1177-1180, 1983.

- FALCONER, D.S. **Introduction to Quantitative Genetics**. New York: The Ronald Press Co., 1960. 365p.
- GONZALEZ, V.; BREWBAKER, J.L.; HAMILL, D.E. **Leucaena** cytogenetics in relation to the breeding of low mimosine lines. **Crop Science**, v.7, p.140-3, 1967.
- HEDGE, N. **Leucaena** for energy plantation. **BAIF Journal**, v.5, p.37-42, 1985.
- HORNER, T.W.; WEBER, C.R. Theoretical and experimental study of self fertilized populations. **Biometrics**, v.12, p.404-414, 1956.
- HUGHES, C.E. New opportunities in **Leucaena** genetic improvement. In: GIBSON, G.L.; GRIFFIN, A.R.; MATHESON, A.C. (eds.). **Breeding Tropical Trees: Population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry**, 1989. p.218-226.
- HUTTON, E.M. Selection and breeding of **Leucaena** for very acid soils. In: **LEUCAENA RESEARCH IN THE ASIA-PACIFIC REGION**, 1983, OTTAWA. **Proceedings**. OTTAWA: IDRC, 1983. p.23-26.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS). **Leucaena: Promising forage and tree crop for the tropics**. Washington: Library of Congress. 1981. 115p.
- PURI, S.; RAJORA, N. Influence of physiology and environment in raising trees in mass by vegetative propagation techniques. In: LAMBETH, C.; DVORAK, W. **Breeding Tropical Trees - IUFRO CONFERENCE**, 1992. Cali. **Proceedings**. (In Press).
- RAMALHO, M.A.P.; VENCOVSKY, R. Estimaco dos componentes de variância genética em plantas autógamas. **Ciência e Prtica**, v.2, n.2, p.117-140, 1978.
- RESENDE, M.D.V. de; HIGA, A.R. Estratégias de melhoramento para eucaliptos visando a seleo de híbridos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.21, p.49-60, 1990.
- RESENDE, M.D.V. de; HIGA, A.R. Aplicación de técnicas de analisis multivariado en el estudio de la divergência genética entre procedências de **E. viminalis**. In: **JORNADAS SOBRE EUCALIPTOS DE ALTA PRODUCTIVIDAD**, Buenos Aires, 1991. **Actas**, v.1, p.139-154, 1991.
- SORENSSON, C.T. Planting designs for profit-oriented **Leucaena** hybrid seed production. In: LAMBETH, C.; DVORAK, W. **Breeding Tropical Trees - IUFRO CONFERENCE**, 1992. Cali. **Proceedings** (In Press).

SOUZA JÚNIOR , C L. de. **Componentes da variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal.** Piracicaba: FEALQ, 1989. 134p.

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

WRICKE,G.; WEBER,W.E. **Quantitative Genetics and Selection in Plant Breeding.** Berlin: Walter de Gruyter. 1986. 406p.