



## CIRCULAR TÉCNICA Nº 21

PBP/2.4 (Arquivar nesta pasta)

### MELHORAMENTO GENÉTICO

#### Seleção massal e individual

#### 1. INTRODUÇÃO

A seleção é a “evolução ao desejo do homem”, representando a mais útil ferramenta de que se utiliza o melhorista. A matéria-prima para a seleção é a variação genética, que é a porção da variabilidade fenotípica que é herdável e portanto, que se transmite de uma geração para outra.

A variação genética natural, basicamente, pode ter sua origem em 3 tipos de causas:

- a) Mutações seguidas de recombinações;
- b) Hibridação inter específica;
- c) Poliploidia.

Em floresta, os trabalhos tem sido conduzidos com populações naturais em fase de domesticação das espécies, sendo a variabilidade natural bastante alta, podendo ser explorada por muitas gerações. Em culturas anuais temos exemplos de 50 ciclos de seleções em uma variedade sem que a variabilidade genética se esgotasse, mostrando o potencial que representam as populações de florestas para seleções.

A variabilidade genética em florestas pode ser subdividida basicamente em:

- entre espécies dentro de gêneros
- entre procedências dentro de espécies
- entre árvores dentro de uma procedência (variação individual)

A criação de nova variabilidade, portanto, em florestas terão bastante importância no futuro, quando então essa variabilidade natural existente tiver sido explorada, ou em condições especiais quando determinadas características devem ser transferidas de uma espécie/procedência para outra.

Após a definição de uma população base, constituída por uma espécie e procedência adequada, temos basicamente duas opções em termos de seleção intrapopulacional que seriam:

- seleção massal
- seleção individual

Esses dois métodos e os métodos de melhoramento decorrentes dos mesmos serão a seguir discutidos.

## 2. HERDABILIDADE E GANHOS GENÉTICOS

Para que seja possível uma exploração sobre os métodos de melhoramento e suas respectivas estimativas de ganhos genéticos a serem obtidos, serão a seguir conceituados alguns parâmetros genéticos de maior importância para o melhoramento.

### 2.1 – VARIAÇÃO GENÉTICA

Para uma dada característica, ao componente genético da variação fenotípica denominamos de variação genética, ou:

Varição fenotípica = variação genética + variação ambiental

A variação genética ou hereditária pode ainda ser decomposta em seus componentes:

- a) variância genética aditiva
- b) variância genética não aditiva (dominante e epistática)

O que interessa no melhoramento é a variância genética aditiva, pois é o componente que se transmite à sua descendência.

### 2.2 – DIFERENCIAL DE SELEÇÃO (d.s.)

É a medida de intensidade ou vigor na seleção, ou a diferença entre a média da população selecionada e a média da população original.

$$d.s. = \bar{X}_s - \bar{X}_o$$

Esse parâmetro pode ser expresso em termos de “intensidade de seleção” (i), que é dado em função da porcentagem da população selecionada. Os valores de intensidade de seleção são tabelados, e daremos a seguir os seus principais valores, em função da % de seleção.

% seleção	Intensidade de seleção (i)
33% ou 1 : 3	1,16
20% ou 1 : 5	1,40
10% ou 1 : 10	1,76
5% ou 1 : 20	2,06
2% ou 1 : 50	2,42
1% ou 1 : 100	2,60
0,2% ou 1 : 500	2,90
0,1% ou 1 : 1000	3,40
0,02% ou 1 : 5000	3,60
0,01% ou 1 : 10.000	4,00

### 2.3 - COEFICIENTE DE HERDABILIDADE ( $h^2$ )

O coeficiente de herdabilidade exprime a proporção da variância fenotípica que é de natureza genética, ou:

$$h^2 = \frac{\text{var. genética}}{\text{var. fenotípica}}$$

Como vemos, a herdabilidade não é um parâmetro fixo de uma características, variando com o material genético e com o ambiente em questão. Portanto, uma mesma população em dois ambientes diferentes pode ter diferentes herdabilidades para um determinado caráter.

O coeficiente de herdabilidade pode ser expresso em:

- 1 – No sentido amplo, quando considera a variância genética total.
- 2 – No sentido restrito, quando considera somente a variância aditiva.

Como dissemos anteriormente, somente a variância genética aditiva se transmite à geração seguinte, portanto, para a maioria dos casos em florestas, a herdabilidade importante é a no sentido restrito.

Portanto:

$$h^2 \text{ sentido restrito} = \frac{\text{Var. genética aditiva}}{\text{Var. fenotípica}}$$

A herdabilidade no sentido amplo é importante para plantas de propagação vegetativa ou de autofecundação, tendo aplicação restrita em florestas.

Os coeficiente de herdabilidade para uma característica são específicos paa cada situação, sendo porém a magnitude dos mesmos estimáveis em função dos estudos já desenvolvidos em outros programas. Assim, podemos, a grosso modo, relatar os seguintes valores médios de herdabilidades:

1 – herdabilidade alta, em torno de 0,5 ou 50% - retidão do tronco, densidade da madeira, etc.

2 – herdabilidade média a baixa, em torno de 0,2 – altura e DAP de plantas

#### 2.4 – GANHOS GENÉTICOS OU PROGRESSO NA SELEÇÃO ( $\Delta g$ )

O ganho genético para uma determinada característica é o parâmetro que exprime o avanço da geração seguinte em relação a população original, decorrente da seleção efetuada. O progresso genético é expresso em % de ganho, e para efeito de comparação normal, é dado em ganho por ano.

A expressão do ganho genético seria:

$$\Delta g = \frac{\text{d.s.} \times h^2}{\bar{X}_o}$$

sendo:

$\Delta g$  = ganho genético

d.s. = diferencial de seleção

$h^2$  = herdabilidade no sentido restrito

$\bar{X}_o$  = média da população original

Em termos de intensidade de seleção (i) teremos:

d.s. =  $i \times f_F$ , e

$\Delta g = i \cdot f_F \cdot h^2 / \bar{X}_o$

sendo:

i = intensidade de seleção (ver tabela)

$f_F$  = desvio padrão fenotípico

Em termos de coeficiente de variação teremos ainda a fórmula simplificada:

$$\Delta g (\%) = \text{c.v.} \cdot i \cdot h^2$$

sendo:

c.v. = coeficiente de variação da população

Os parâmetros genéticos conceituados são de grande importância na quantificação dos métodos de melhoramento, permitindo a perfeita adequação dos mesmos no programa em desenvolvimento.

### 3. SELEÇÃO MASSAL

Na seleção massal as plantas são escolhidas em função de uma avaliação fenotípica, e as respectivas sementes são misturadas, sem teste de progênie, para se reproduzir a próxima geração.

A seleção massal é efetiva para caracteres que são facilmente observados ou medidos, sendo de bastante importância no início dos programas de melhoramento ou quando há necessidade de produção de sementes a curto prazo.

Os métodos de melhoramento que se utilizam da seleção massal são:

- a) Áreas de coleta de sementes
- b) Áreas de produção de sementes

Passaremos a descrever os fundamentos, estimativas de ganhos e a utilização dos dois métodos de melhoramento.

#### 3.1. – ÁREAS DE COLETA DE SEMENTES

Uma das maneiras mais simples e econômicas para produção de sementes à curto prazo, seria a “Área de Coleta de Sementes”.

Por esse método árvores são selecionadas e sementes são coletadas dessas árvores sem eliminação das árvores inferiores da população. Como podemos ver a seleção é efetuada somente do lado feminino já que não se controlam as árvores polinizantes (lado masculino).

Os ganhos previstos por esse método de melhoramento são pequenos, sendo mais eficientes para caracteres de alta herdabilidade.

Utilizando-se a fórmula já mencionada, teremos:

$$\Delta g = \frac{1}{2} \times (c.v.) \cdot i \cdot h^2$$

Utilizou-se o coeficiente (1/2) devido à seleção ter sido praticada somente do lado feminino.

Assumindo um valor teórico para o c.v. de 20%, que seria um dado médio observado para as principais características, e valores de herdabilidade para volume e retidão do tronco, teremos o seguinte quadro:

Quadro nº 1: Estimativas de ganhos genéticos em %, para volume e retidão do tronco em “Área de Coleta de Sementes”.

Características	h <sup>2</sup>	GANHOS GENÉTICOS (%)	
		% seleção 10% i = 1,76	% seleção 1% i = 2,60
Volume de madeira	0,20	3,5%	5,2%
Retidão do tronco	0,50	8,8%	13,0%

Como podemos ver os ganhos são restritos, tendo-se certa limitação no aumento dos ganhos por esse método; sendo porém de bastante aplicação como já se referiu, nos estágios iniciais do programa de melhoramento.

### 3.2 – ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SEMENTES

Representa também esse método uma das maneiras mais simples e econômicas para produção de sementes a curto prazo.

Normalmente para a instalação de uma “Área de Produção de Sementes” necessita-se dispor de uma plantação de boa procedência com no mínimo de 3,0 ha. Essa plantação deve estar isolada de plantações de mesma espécie ou espécies afins, visando-se reduzir ao mínimo a possibilidade de polinizações indesejáveis.

Nessa plantação selecionam-se árvores fenotipicamente superiores, isto é, que apresentem desenvolvimento em diâmetro e altura superior, retidão de fuste, boa desrama natural, ramos finos, bom aspecto sanitário e copa bem proporcionada. A seguir executam-se desbastes procurando favorecer as árvores selecionadas e estimular a produção de sementes. Paralelamente podem ser utilizados métodos de cultivo, (adubação, combate à pragas e doenças, etc.), visando sempre incrementar a produção.

Os objetivos principais de uma Área de Produção de Sementes são:

- 1) Produzir sementes melhoradas geneticamente da seleção de árvores superiores, eliminação das inferiores, controle das polinizações indesejáveis e criação de condições para uma frutificação intensa e constante.
- 2) Concentrar a colheita de sementes em áreas geralmente submetidas a tratos culturais específicos, visando a aumentar a produção de sementes, organizar e administrar a colheita e outras operações.
- 3) Melhorar as qualidade fisiológicas da semente.

Por esse método são selecionadas as árvores superiores fenotipicamente, e eliminadas as inferiores, sendo portanto, a seleção efetuada no lado feminino e masculino.

Os ganhos previstos para “Área de Produção de Sementes” serão, portanto, superiores ao da Área de Coleta de Sementes, como poderemos ver a seguir.

A fórmula para estimativa dos ganhos para esse caso será:

$$\Delta g = (c.v. \cdot i \cdot h^2)$$

Assumindo novamente o valor teórico de 20% para o c.v. e valores médios de herdabilidade para as características teremos:

Quadro nº 2: Estimativas dos ganhos genéticos em %, para volume e retidão do tronco em “Área de Produção de Sementes”

Características	h <sup>2</sup>	GANHOS GENÉTICOS (%)	
		% seleção 10% i = 1,76	% seleção 5% i = 2,60
Volume de madeira	0,20	7,0%	8,2%
Retidão do tronco	0,50	17,6%	20,6%

Por esse método de melhoramento, o aumento da intensidade de seleção para valores muito altos, fica limitado pela dificuldade de polinização devido à distância entre as árvores. Assim, um máximo de 1:20 (5%) é preconizado para seleções em “Área de Produção de Sementes”, sendo bastante comum uma seleção de 1:10 (10%).

Como vemos, nesse caso, os ganhos são mais expressivos justificando plenamente o uso do método. As possibilidades de ganhos são maiores para as características mais herdáveis tais como, retidão do tronco, esperando-se progressos na forma das árvores através desse método.

“Áreas de Produção de Sementes” tem sido instaladas em diversas empresas associadas, como podemos ver pelo quadro a seguir.

Quadro nº 3: “Área de Produção de Sementes” instaladas pelo IPEF em diversas cias. E locais.

ESPÉCIE	LOCAL E CIA.	% SELEÇÃO	ÁREA TOTAL ha
<u>E. grandis</u>	M. Guaçu SP – Champion	10%	100,0
<u>E. grandis</u>	Salto SP – Duratex	10%	50,0
<u>E. decaisneana</u>	M. Guaçu SP – Champion	20%	1,0
<u>E. decaisneana</u>	Salto SP – Duratex	20%	1,0
<u>E. decaisneana</u>	Salesópolis SP – Suzano	20%	1,0
<u>E. viminalis</u>	Três Barras SC – Rigesa	20%	3,0
<u>E. urophylla</u>	Linhares ES – Floresta Rio Doce	10%	100,0
<u>E. urophylla</u>	Aracruz ES – Aracruz	10%	6,0
<u>P. caribaea hond.</u>	Casa Branca SP – Champion	10%	10,0
<u>P. oocarpa</u>	Casa Branca SP – Champion	10%	10,0
<u>P. caribaea bah.</u>	Agudos SP – CAFMA	10%	13,0
<u>P. oocarpa</u>	Agudos SP – CAFMA	10%	12,0
<u>P. patula</u>	Três Barras SC – Rigesa	10%	6,0
<u>P. caribaea hond.</u>	Agudos SP – CAFMA	10%	-
<u>P. kesiya</u>	Agudos SP – CAFMA	10%	-

#### 4. SELEÇÃO INDIVIDUAL

Na seleção individual plantas são selecionadas, e a individualidade das mesmas são mantidas no decorrer do programa. A seleção individual implica naturalmente em “Teste de Progênie” das árvores selecionadas.

Por esse método de seleção as árvores selecionadas são propagadas vegetativamente para formação dos “Pomares de sementes clonais de 1ª geração. Paralelamente as árvores selecionadas são avaliadas através de “Teste de Progênie” que definirão os “Pomares de sementes de 1,5 geração”. Por sua vez a seleção entre e dentro da família do “Teste de Progênie” transformará o mesmo em “Pomar de sementes por mudas”.

Seleção recorrentes darão origem aos pomares de sementes clonais de 2ª geração, 3ª geração, etc.

Os métodos de melhoramento que se utilizam da seleção individual são:

- a) Pomares de sementes clonais
- b) Pomares de sementes por mudas

Passaremos a descrever os fundamentos, estimativas de ganhos e a utilização dos dois métodos de melhoramento.

#### 4.1 – POMARES DE SEMENTES CLONAIS

Os pomares de sementes clonais se definem como sendo uma plantação efetuada a partir da propagação vegetativa de árvores superiores selecionadas. A mesma deve ser isolada para reduzir uma eventual polinização de origem exterior, cultivada intensamente para produzir sementes melhoradas geneticamente, em abundância, regularmente e de fácil colheita.

A instalação dos pomares de sementes clonais tem sido preconizada e utilizada na maioria dos programas de melhoramento, com ganhos consideráveis realizados, tais como os citados na literatura por ZOBEL no sudeste dos E.U.A., por NIKLES na Austrália, SHELBORNE na Nova Zelândia, etc.

Quanto ao estabelecimento dos Pomares de sementes clonais, tem sido preconizado um mínimo de 100,0 a 200,0 há de população básica para prover um número de 100 a 200 árvores selecionadas para a instalação dos Pomares clonais de 1ª geração.

Em relação aos ganhos genéticos a serem obtidos, esse método apresenta certa superioridade em relação aos já citados, em função principalmente do maior rigor na seleção.

A estimativa de ganhos pode ser feita como para os outros métodos citados, pela fórmula:

$$\Delta g = (c.v.) \cdot i \cdot h^2$$

Assumindo novamente um c.v. médio (teórico) de 20% e valores médios de herdabilidade para as características de crescimento em volume e retidão do tronco, teremos o seguinte quadro:



Quadro nº 4: Estimativas de ganhos genéticos em % para volume e retidão do tronco em “Pomares de sementes clonais de 1ª geração”.

SELEÇÃO		CARACTERÍSTICAS	
PROPORÇÃO i		VOLUME $H^2 = 0,20$	RETIDÃO $H^2 = 0,50$
1 : 100	2,6	10,4%	26,0%
1 : 1000	3,4	13,6%	34,0%
1 : 5000	3,6	14,6%	36,0%
1 : 10000	4,0	16,0%	40,0%

Assumindo:

c.v. = 20%

$h^2$  para volume = 0,2

$h^2$  para retidão = 0,5

Como vemos pelo quadro apresentado, os ganhos genéticos previstos pelo método são bastante alentadores, mostrando boas perspectivas de produção de sementes melhoradas através da instalação do “Pomares de sementes clonais”.

As características mais importantes nos primeiros ciclos de seleção tem sido aquelas que apresentam alta variabilidade sob forte controle genético, aliado ao valor econômico das mesmas.

Inúmeros autores tem mostrado a alta variabilidade existente nas populações de espécies florestais, possibilitando manipulação genética através de seleção. SHELBOURNE, relata ganhos de até 47,6% para retidão do tronco e de 11% para volume de madeira com um ciclo de seleção intensivo de P. radiata na Nova Zelândia. ZOBEL, em seleção com Pinus no sul dos E.U.A. relata que a retidão do tronco que é bastante importante, tem respondido tão bem ao primeiro ciclo de seleção, que o mesmo se torna de menor importância nos ciclos seguintes.

No programa de desenvolvimento pelo IPEF, de seleção fenotípica individual para instalação dos “Bancos e Pomares clonais”, tem se dado bastante ênfase a esse método, sendo que a situação atual do programa pode ser vista pelo seguinte quadro:

Quadro nº 5: Seleção fenotípica individual efetuada pelo IPEF para seleção de “Bancos e Pomares clonais”.

Espécie	Localidade	Nº árvores selecionadas	Área pesquisada	Seleção
<u>E. grandis</u>	M. Guaçu SP	60	300,0	1:8000
<u>E. grandis</u>	Salto SP	60	200,0	1:6000
<u>P. caribaea hond.</u>	Casa Branca SP	75	180,0	1:5000
<u>P. oocarpa</u>	Casa Branca SP	75	100,0	1:2500
<u>P. kesiya</u>	São Carlos SP	70	70,0	1:2500
<u>P. oocarpa</u>	Agudos SP	200	500,0	1:1300
<u>P. caribaea hond.</u>	Agudos SP	100	1000,0	1:12000
<u>P. kesiya</u>	Agudos SP	50	100,0	1:2000
<u>P. taeda</u>	Lages SC	29	62,0	1:4300
<u>P. taeda</u>	Três Barras SC	22	67,0	1:6100
<u>P. taeda</u>	Telêmaco Borba PR	17	75,0	1:8800

A seleção efetuada pelo IPEF relatada acima, baseou-se no seguinte sistema:

- a) extratificação da população.
- b) utilização de um índice de seleção prático.

### EXTRATIFICAÇÃO DA POPULAÇÃO

Para caracterização da superioridade das árvores selecionadas, utilizou-se do método de extratificação da população, permitindo um melhor controle da variação ambiental dentro da mesma. Desse modo, a árvore selecionada é comparada com as árvores existentes no extrato onde a mesma se encontra, permitindo a melhor definição da superioridade da árvore selecionada em relação a população.

### ÍNDICE DE SELEÇÃO PRÁTICO

Por esse método, a seleção é conduzida para vários caracteres simultaneamente, através de uma equação de regressão múltipla cujas variáveis independentes da regressão seriam funções da importância e da herdabilidade dos mesmos.

Em virtude da dificuldade do cálculo de tais equações de “Índice de Seleção”, tem-se desenvolvido sistemas mais simples de avaliação das árvores superiores, utilizando-se somente os princípios do método teórico citado. Assim, em função da magnitude da herdabilidade e do valor econômico atual das características, são construídos os “Índices de Seleção Práticos”.

Para a seleção que vem sendo efetuada pelo IPEF, vem se tentando aperfeiçoar um “Índice” que seja válido e eficiente para os objetivos do programa. As características consideradas dependem do material genético em questão, porém de maneira geral teríamos a seguinte ordem de importância:

- 1 – Retidão do tronco
- 2 – Altura total
- 3 – DAP
- 4 – Espessura, ângulo e comprimento dos ramos
- 5 – Comprimento de internódios
- 6 – Frutificação

As características de qualidade da madeira deverão ser incluídas no Índice de seleção, a medida que os métodos de amostragem e determinação se tornem mais precisos. Essas características deverão ser comparadas em condições mais precisas e ambientes mais uniformes serão possíveis através dos “Testes de Progênes”.

#### 4.2 – POMARES DE SEMENTES POR MUDAS

Os pomares de sementes por mudas se definem como sendo uma plantação efetuada a partir de mudas de árvores superiores selecionadas, obtidas por polinização livre ou por polinização controlada. Da mesma forma, essa plantação deve ser isolada e cultivada intensamente para produzir sementes de qualidade genética superior em abundância, regularmente e de fácil colheita.

O pomar de sementes de mudas de polinização aberta é instalado a partir de um “Teste de Progênie” envolvendo as árvores superiores selecionadas. Portanto sementes de polinização livre são coletadas dessas árvores e suas progênes são plantadas em delineamentos adequados. A seleção das melhores famílias ou progênes e de indivíduos dentro dessas famílias no próprio material teste será utilizada para a produção de sementes melhoradas, constituindo-se nos pomares de sementes por mudas de polinização aberta. Da mesma forma se o Teste de Progênie envolver cruzamentos controlados, a área denominar-se-á de pomar de sementes por mudas de polinização controlada.

A importância dos pomares de sementes por mudas é enfatizada para os casos em que a propagação vegetativa apresenta dificuldades ou ainda quando a espécie em questão tem ciclo reprodutivo curto.

Para a estimativa dos ganhos genéticos para esse tipo de pomar, teremos dois componentes de ganhos, sendo um relativo a seleção entre progênes e outro relativo a seleção massal dentro de progênes. A previsão dos ganhos através desse método seria mais difícil devido ao envolvimento de dois níveis de seleção, porém, tem sido reportado ganhos equivalentes aos obtidos nos pomares de sementes por clones de 1ª geração, mostrando a importância para o método.