IPEF, n.45, p.22-30, jan./dez.1992

MELHORAMENTO E A SILVICULTURA INTENSIVA CLONAL

MÁRIO FERREIRA
ESALQ/USP - Depto. de Ciências Florestais
Caixa Postal 9
13.400-970 - Piracicaba – SP

ABSTRACT - The paper discusses the source and evolution of the Clonal Forestry in Brazil. It does a critical analysis of the improvement programmes and other kind of researches in development, including too a concise analysis of the biotechnology studied in the Forestry Sciences Department programmes.

RESUMO - Neste trabalho o autor relata e discute a origem e a evolução da Silvicultura Intensiva Clonal no Brasil. É feita uma análise critica dos programas de melhoramento e das novas linhas de pesquisa a serem desenvolvidas, incluindo uma análise sucinta do potencial da biotecnologia dentro dos programas do Departamento de Ciências Florestais da USP.

INTRODUÇÃO

O programa de melhoramento de essências florestais é distinto claramente das plantas agrícolas ou hortícolas. Nestas plantas o melhoramento está voltado ao desenvolvimento de variedades, constituídas de genótipos mais ou menos uniformes, enquanto que nas essências florestais esta uniformidade é indesejável do ponto de vista da rotação relativamente longa, variabilidade das condições edafoclimáticas e grandes riscos de danos por pragas e doenças.

As estratégias de melhoramento genético de espécies florestais exóticas, de um modo geral, podem ser resumidas em seleção de espécies/procedências e seleção individual dentro de populações base. Utiliza-se a variabilidade genética natural existente entre populações e entre indivíduos. Os povoamentos para recombinação do material genético selecionado e para a continuidade da seleção recorrente, são denominados Áreas de Coleta e Produção de Sementes, Pomares de Sementes por Mudas e Clonais. A seleção dos indivíduos superiores é avaliada por testes de progênies convencionais.

O melhoramento genético por via assexuada é realizado através de enraizamento de propágulos de árvores selecionadas, na maioria dos casos híbridos, visando a implantação de testes clonais e áreas de multiplicação clonal, básicas para a Silvicultura Intensiva Clonal.

No caso dos **Eucalyptus** spp., a Silvicultura Intensiva Clonal adquire alta importância, pois propicia: redução na idade de exploração; maior produção de madeira de melhor qualidade, no menor lapso de tempo e por unidade de área; racionalização das atividades operacionais e redução nos custos de exploração e transporte.

A Silvicultura Intensiva Clonal é uma forma particular de Silvicultura Intensiva, muito próxima da agricultura e como tal deve-se analisá-la. O presente trabalho tem por objetivo discutir a origem e a evolução da Silvicultura Intensiva Clonal com **Eucalyptus**

spp no Brasil, seus reflexos, seu potencial e limitações junto aos programas de melhoramento convencionais que estão sendo conduzidos pelo IPEF.

ORIGENS E EVOLUÇÃO DA SILVICULTURA INTENSIVA NO BRASIL

A origem da Silvicultura Intensiva Clonal está diretamente ligada ao programa de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento, instituído a partir de 1966, pelo Governo Federal do Brasil.

Até 1966 existiam no Brasil 600.000 a 700.000 ha de plantações de Eucalyptus, predominando o **E. saligna**, 60%; **E. alba** (= E**. urophylla**), 30%; outras espécies, 10%. Essas plantações estavam situadas nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Em 1968, em função da grande necessidade de sementes para atendimento ao programa anual de reflorestamento e da necessidade da pesquisa em novas áreas, foi criado o IPEF, cujos objetivos básicos eram desenvolver programas de produção de sementes melhoradas para o atendimento da demanda de suas associadas, estudos de espécies/procedências e manejo silvicultural nas novas áreas. CAMPINHOS & SILVA (1990) citam que, em 1967 a Cia. Aracruz Florestal iniciou seu programa de plantio no Estado de Espírito Santo, utilizando as mesmas espécies cultivadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. As sementes eram oriundas das introduções efetuadas pela FEPASA, a partir de 1904. As hibridações não controladas, a grande variação das plantações em termos de vigor, forma e qualidade da madeira, indicaram que as fontes de sementes não eram adequadas; como conseqüência, o **E. saligna** apresentou alta susceptibilidade ao cancro (**Cryphonectria cubensis** (Bruner) Hodges) e o rendimento volumétrico das plantações não ultrapassou 24 a 28 m^3/ha/ano. O "**E. alba**" apresentou alta variação fenotípica e rendimento volumétrico médio 22 a 24 m^3/ha/ano. O **E. grandis** (mais de 70% da área plantada), apresentou 30 a 40 m^3/ha/ano, segundo IKEMORI (1990).

As empresas associadas ao IPEF, em 1969, preocupadas com a qualidade fisiológica e genética das sementes que vinham sendo utilizadas, trazem ao Brasil o Prof. L O. Pryor, para um parecer técnico sobre as alternativas para melhorar a qualidade das sementes.

Como conseqüência dessa visita, obedecendo às recomendações do Prof. Pryor, as empresas Champion Papel e Celulose e Duratex S/A., passam a re-introduzir da Austrália as principais espécies para a indústria de celulose e chapas de fibras.

Em 1970 são iniciados os plantios de **E. grandis**, procedência Coff's Harbour. Até aquela data os rendimentos volumétricos médios das plantações, nas associadas ao IPEF, estavam em torno de 17 m^3/ha/ano a 30 m^3/ha/ano.

Os primeiros plantios **E. grandis** com sementes australianas elevaram este rendimento para 30 a 50 m^3/ha/ano e, como conseqüência:

a) intensificaram-se os estudos de procedências das sementes das principais espécies;

b) todo o programa de melhoramento, baseado nas Introduções da FEPASA, passa a ser reformulado;

c) intensificaram-se, a nível do Governo Federal, os estudos de seleção de espécies/procedências em cooperação direta com a FAO. Os trabalhos de Lamberto Golfari passam a serem básicos para os zoneamentos ecológicos das plantações de essências exóticas no Brasil. Segundo IKEMORI (1990) no período de 1966 a 1978 cerca de 1,9 milhão de ha foram plantados.

No período de 1970 a 1984 cerca de 2.200 lotes de sementes de 55 espécies, envolvendo procedências/progênies, eram cadastrados pelo IPEF, somente nas suas associadas e a nível de IBDF. A partir de 1984, através da EMBRAPA, foram programadas coletas específicas na Austrália, contando hoje o Brasil com grande acervo genético.

A partir de 1973, a Aracruz Florestal inicia seu programa de melhoramento florestal pela introdução de 50 espécies de eucaliptos e mais de 1.000 lotes de sementes, envolvendo procedências ou indivíduos oriundos da Austrália e Indonésia, segundo IKEMORI (1990). CAMPINHOS (1987) cita que em 1974, após testes preliminares com sementes de **E. grandis** da África do Sul e Zimbabwe, que deram origem a florestas com maior produtividade e homogeneidade da madeira, passam a ser as sementes básicas para o programa da Aracruz.

As plantações estabelecidas a partir de 1967 na região costeira do Estado do Espírito Santo, oriundas de sementes de **E. saligna**, "**E. alba**" e **E. grandis** da FEPASA, foram em 1974 intensivamente estudadas por TOMAZELLO (1976), em relação à resistência ao cancro. Esses estudos demonstraram que:

a) as populações eram altamente hibridógenas;

b) havia ala resistência ao cancro a nível individual e que as árvores com cascas tipo ”Gum" (lisa) eram as mais resistentes, (especificamente aquelas que eram híbridas com **E. tereticornis**).

Essas conclusões foram básicas para se estabelecer a estratégia da utilização clonal destes indivíduos superiores, pois a sua inclusão no programa via sexual seria totalmente inadequada.

POGGIANI & SUITER (1974) desenvolveram o método de propagação vegetativa de estacas retiradas de brotações de cepas. Iniciaram-se os estudos da propagação clonal dos eucaliptos através de enraizamento de estacas sob nebulização em casas de vegetação. Norman Jones, técnico da FAO assessorando o IBDF, é deslocado para o Departamento de Ciências Florestais, onde amplia os estudos de enraizamento de estacas obtidas de brotação das cepas.

O fato mais importante na década de 70 foi a reunião da IUFRO-WORKING PARTY S.2.01-5: Processos Reprodutivos, realizada em 1973, na Nova Zelândia. Os trabalhos ali apresentados, especificamente pelos técnicos da República Popular do Congo, foram a base para Silvicultura Intensiva Clonal, através de estacas enraizadas, oriundas de brotações de cepas de **Eucalyptus** spp. O Departamento de Ciências Florestais através do Prof. Antonio Natal Gonçalves conduz estudos com estacas obtidas das cepas das árvores adultas que, de um modo geral, apresentaram altas limitações ao enraizamento. Através das brotações rejuvenescidas das cepas abria-se o campo da Silvicultura Clonal (ROULUNG, 1981).

Em 1973 o programa de melhoramento genético iniciado pela Aracruz procura estabelecer estratégias combinadas de processos sexuais e assexuais. Em 1979, a primeira plantação clonal comercial, com 1.000 ha, era estabelecida. Em 1989, o programa anual já era de 15.000 ha (IKEMORI, 1990). A produção anual de estacas em 1987 era: Aracruz 16,8 milhões; Belgo Mineira, 21 milhões; Champion, 10 milhões; Vale do Rio Doce, 20 milhões; Jari, 10 milhões; Duraflora, 15 milhões; Klabin, 10 milhões: segundo CHAPERON (1987).

Em 1990 somente a Aracruz tem plantadas 110 milhões de árvores através de estacas enraizadas e, recentemente, iniciou a utilização da técnica de micropropagação desenvolvida pela AFOCEL, com os objetivos de:

a) propagar genótipos considerados difíceis de enraizar pela macropropagação;

b) acelerar o processo de multiplicação dos rametes;

c) uma definição de métodos e futuras necessidades na área de suspensão de células e fusão de protoplastos (CAMPINHOS, 1987).

Os ganhos obtidos pela Aracruz através dos processos assexuais foram altamente expressivos em crescimento e qualidade da madeira. O incremento volumétrico médio atual é de 45 m^3/ha/ano e o consumo específico de madeira é de 4,2 m^3/ton. de polpa. Espera-se atingir 50 a 55 m^3/ha/ano e 3,71 m^3/ton. de polpa, na continuidade de programa de seleção (o consumo específico de madeira médio do Brasil é de 4,87 m^3/ton. de polpa). A estratégia é sumarizada por ZOBEL & lKEMORI (1983). O que caracteriza essa Silvicultura Intensiva Clonal é a sua aceitação ou não como silvicultura. MARTIN (1987a) fazendo uma análise comparativa entre a Silvicultura Intensiva Clonal da República Popular do Congo com a da Aracruz Florestal e discutindo os riscos ecológicos, fitossanitários e os problemas éticos da Silvicultura Clonal afirma:

"Quem pode falar dos riscos da cultura clonal dos eucaliptos sem jamais ter tido contato com eles? O essencial é encontrar os remédios. A resposta parece estar associada à própria Silvicultura Clonal: como em agricultura, sempre mais sofisticada, mas com o máximo de prudência, cercando-se de todas as ciências". Essa filosofia a Aracruz Florestal aparentemente vem desenvolvendo.

REFLEXOS DA SILVICULTURA CLONAL NOS PROGRAMAS TRADICIONAIS DE MELHORAMENTO

Através da continuidade dos programas de melhoramento via sexual, descortinou-se também uma nova Silvicultura do **Eucalyptus** sp. baseada nos estudos e nas avaliações constantes da evolução da experimentação das plantações.

Essa nova Silvicultura procura melhorar a adaptação das espécies/procedências e estabelecer bases geneticamente mais sólidas para a Silvicultura Intensiva Clonal. Apresenta opções que, combinadas com esta última, abrirão um novo horizonte na eucaliptocultura.

Para melhor conceituar essa nova Silvicultura considerar-se-á a evolução do programa de melhoramento genético dentro dos seus objetivos mais simples.

SITUAÇÃO DOS ESTUDOS DE SELEÇÃO DE ESPÉCIES

Como já foi citado, de 1970 a 1984, 2.200 lotes de sementes de 55 espécies foram incluídos na pesquisa florestal brasileira, fora as grandes importações de sementes comerciais oriundas da África do Sul, Zimbabwe e Austrália para atendimento dos plantios comerciais. A importação de sementes, em escala comercial, sem a adequada certificação e adaptação da procedência passa, em 1977, a ser controlada pelo IBDF.

Os 5.200.000 ha de plantações estabelecidas com os incentivos fiscais, em sua grande maioria foram baseados em sementes importadas. Existem, portanto, populações que devidamente estudadas, poderiam ter alto interesse para os programas, além dos lotes

de procedências/progênies introduzidos da Austrália para a formação das futuras populações base.

Em termos concretos o Brasil possui o maior acervo genético de **Eucalyptus** spp., fora da Austrália e Indonésia. Este acervo, se convenientemente trabalhado, será básico para a futura Silvicultura Intensiva Clonal. Se o principal objetivo da Silvicultura Clonal brasileira á a maior produção de madeira no menor lapso de tempo por unidade de área, com as qualidades desejadas para polpa e ela á somente um segmento da Silvicultura Intensiva, há necessidade de serem reduzidos os riscos ecológicos, fitossanitários e éticos das plantações altamente sofisticadas.

O programa tradicional de melhoramento deve, portanto, trabalhar prioritariamente para melhorar a adaptação, plasticidade e produtividade das espécies florestais e não atuar intensivamente na variabilidade natural ainda existente visando, acima de tudo, produzir uma "super-árvore" para futuros plantios clonais. Propagação vegetativa, seja ela macro ou micropropagação, não é um método de melhoramento, mas sim uma ferramenta para utilizar mais rapidamente os ganhos genéticos aditivos e não aditivos.

Com base nos estudos de espécies/procedências efetuadas pelo IPEF, IBDF/EMBRAPA e empresas florestais brasileiras, as espécies de eucaliptos mais importantes para o Brasil podem ser classificadas em função do tipo de floresta que formam, determinando exigências ecológicas e silviculturais específicas.

Os principais tipos florestais, classificados em função da presença ou não de subbosque, são:

Floresta Fechada - Árvores com 30 a 60 m de altura que formam florestas sem a presença de subbosque.

Floresta Aberta Alta - Árvores com 30 a 60 m de altura que formam floresta em que a penetração de luz permite a formação de subbosque.

Floresta Aberta Baixa - Árvores que não ultrapassam 30m de altura e que permitem a formação de subbosque e até a presença de gramíneas no solo.

Estes tipos de floresta estão diretamente relacionadas aos processos evolutivos a que as espécies/procedências foram submetidas na região natural e determinam características genéticas e silviculturais importantíssimas que serão básicas para a Silvicultura Intensiva Clonal.

TABELA 1 – Tipos de floresta, espécie e características básicas

TIPO DE FLORESTA/ ESPÉCIES	SUBGÊNERO	Características básicas								
		Árvores							Plantações	
		Forma*	Densidade	Ligno-tubérculo	Brotação	Espto.	Adubação	2ª rotação	DEF. HID.	GEADAS
FECHADA										
E. torelliana	*Corymbia*	R	Alta	sim	N Aval.	Reage	Reage	N Aval.	SUC	RES
E. cloeziana	*Idiogenes*	E	Alta	-	N Aval.	Reage	Indif.	N Aval.	RES	RES
E. microcorys	*Symphyomyrthus*	B	Alta	sim	Alta	Reage	Reage	Boa	SUC-RES	RES
ABERTA ALTA										
a) com casca lisa (Gum)										
E. grandis	*Symphyomyrthus*	B	0,4-0,5	não	Reg.	Reage	Reage	Irreg.	SUC	SUC-RES
E. saligna	*Symphyomyrthus*	B-R	0,5	sim	Boa	Reage	Reage	Boa	SUC	RES
E. dunnii	*Symphyomyrthus*	B	0,4-0,5	N Aval.	N Aval.	Reage	Reage	N Aval.	SUC	RES
E. deanei	*Symphyomyrthus*	B	0,4-0,5	N Aval.	N Aval.	Reage	Reage	N Aval.	SUC	RES
E. urophylla	*Symphyomyrthus*	B	0,5	sim	Boa	Reage	Reage	Boa	RES	SUC
b) com casca fibrosa										
E. pellita	*Symphyomyrthus*	B	0,5	sim	Boa	Reage	Reage	N Aval.	SUC-RES	SUC
E. resinifera	*Symphyomyrthus*	B	0,5	sim	Boa	Reage	Reage	N Aval.	RES	SUC
E. botryoides	*Symphyomyrthus*	B	0,5	sim	Boa	Reage	Reage	Boa	RES	RES
E. robust9a	*Symphyomyrthus*	B	0,5	sim	Boa	Reage	Reage	Boa	RES	-
E. urophylla	*Symphyomyrthus*	B	0,5	sim	Boa	Reage	Reage	Boa	RES	SUC
c) com casca lisa (alta densidade)										
E. propinqua	*Symphyomyrthus*	B	0,6	sim	Boa	Reage	Reage	Boa	SUC	SUC-RES
E. maculata	*Corymbia*	B	0,6	sim	Boa	Reage	Reage	Boa	SUC	SUC-RES
E. citriodora	*Corymbia*	B	0,6	sim	Boa	N Reage	Indif.	Boa	RES	SUC
FLORESTA ABERTA TÍPICA										
E. camaldulensis	*Symphyomyrthus*	R	0,5-0,6	sim	sim	Indef.	N Resp.	Boa	RES	RES
E. tereticornis	*Symphyomyrthus*	B-R	0,5-0,6	sim	sim	Indef.	N Resp.	Boa	RES	RES
E. brassiana	*Symphyomyrthus*	B-R	0,5-0,6	sim	sim	Indef.	N Resp.	N Aval.	RES	N Aval.
E. citriodora	*Corymbia*	R	> 0,6	sim	sim	Indef.	N Resp.	Boa	RES	SUC
E. cloeziana	*Idrogenes*	R	> 0,6	N Aval.	N Aval.	N Aval.	N Aval.	N Aval.	RES	N Aval.
E. exserta	*Symphyomyrthus*	R	> 0,6	sim	N Aval.	N Aval.	N Aval.	N Aval.	RES	N Aval.
MONOCALYPTUS										
E. pilularis	*Monocalyptus*	B	0,4-0,5	não	não	sim	N Resp.	Ruim	RES	SUC
E. pyrocarpa	*Monocalyptus*	B	0,4-0,5	N Aval.	N Aval.	sim	N Resp.	N Aval.	RES	SUC
E. phaeotrica	*Monocalyptus*	B	> 0,6	sim	sim	N Aval.	N Aval.	Boa	RES	SUC
E. acmenioides	*Monocalyptus*	B	0,5	N Aval.	N Aval.	N Aval.	N Aval.	N AVal.	N Aval.	SUC
IRONBARKS										
E. paniculata	*Symphyomyrthus*	B	> 0,6	sim	sim	Reage	Reage	Boa	N Aval.	N Aval.
E. drepanophylla	*Symphyomyrthus*	B	> 0,6	sim	sim	N Aval.	N Aval	N Aval.	Boa	N Aval.

* B = Boa *R = Regular

As espécies de floresta fechada apresentam sistema radicular predominantemente superficial, recobrem bem o solo, produzem alta quantidade de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes á básica para sua adaptação. Necessitam de sombreamento em

algum período de seu crescimento, em alguns casos agradecem o sombreamento, chegando até a regeneração natural sob as copas. São susceptíveis ao fogo, podendo tolerá-lo, mas após, podem apresentar outros problemas secundários.

As espécies de floresta aberta alta de casca lisa permitem a formação de subbosque, são tolerantes ao fogo, apresentam sistema radicular intermediário-superficial. São as principais espécies para celulose e papel. As de casca fibrosa protegem melhor o solo, sistema radicular predominando o intermediário-superficial e são espécies com alta capacidade de brotação. Sua madeira é considerada inferior ao grupo de casca lisa para celulose e papel, mas para usos múltiplos são mais adequadas, sendo algumas conhecidas como mogno australiano. Os eucaliptos de Floresta Aberta Alta, casca lisa, com alta densidade, são típicos para produção de madeira para fins energéticos e serraria. As espécies típicas de floresta aberta baixa apresentam sistema radicular aprofundante, características alelopáticas (procurando eliminar a competição a nível radicular), têm alta densidade, apresentam alta capacidade de brotação e são altamente resistentes a deficiências hídricas, podendo ocupar climas ou solos marginais.

Os Monocalyptus pertencem ao grupo de Floresta Aberta Alta, sua madeira á de alta qualidade, mas são rejeitados pela pequena produtividade na 2ª rotação. Há grandes esperanças nas regiões do norte de Minas Gerais no grupo e espera-se nos sistemas de alto fuste que as espécies tenham seu mérito reconhecido.

Os "Ironbarks" são pouco estudados, mas para usos especiais em que a alta densidade e a resistência sejam prioritárias, as espécies do grupo passarão a ter sua utilidade.

VARIABILIDADE INTRA ESPECÍFICA (PROCEDÊNCIAS)

Das espécies listadas na Tabela 1, as que apresentam respostas não significativas às procedências das sementes são: **E. torelliana**, **E. microcorys**, **E. dunnii**, **E. deanei**, **E. pellita**, **E. resinifera**, **E. robusta**, **E. propinqua**, **E. pilularis**, **E. pyrocarpa**, **E. phaeotricha**, **E. acmenioides**, **E. paniculata** e **E. drepanophylla**.

Para estas espécies as variações individuais são altas e muito importantes para a estratégia dos programas de melhoramento.

ELDRIDGE & CROMER (1987) apresentam discussão mais detalhadas sobre a adaptação e a fisiologia dos eucaliptos, incluindo extensas citações sobre os processos adaptativos e fisiológicos na formação dos ecotipos.

As variações clinais e ecotípicas são altamente importantes nas espécies: **E. cloeziana**, **E. grandis**, **E. saligna**, **E. urophylla**, **E. maculata**, **E. citriodora**, **E. camaldulensis**, **E. tereticornis**, **E. brassiana**, **E. exserta**. Essas variações dificultam o estabelecimento das estratégias do melhoramento e a correta utilização da variação natural existente.

Com base nos extensos estudos de procedências/progênies visando detectar as variações clinais e ecotípicas e como explorá-las adequadamente para melhorar a adaptação e a plasticidade das espécies, a seguir discute-se a formação das populações base.

FORMAÇÃO DE POPUlAÇÃO BASE

Os efeitos da endogamia nos eucaliptos podem ser graves e afetar a continuidade de um programa via sexual. A depressão em vigor, a ocorrência de formas anormais de

plantas, a redução no número de sementes férteis, são amplamente discutidas por MARTIN (1987 a e b). A existência de altas taxas de endogamia ou auto-fecundação limitam a panmixia e reduzem o vigor e a adaptação das espécies.

Com a criação da Comissão do Controle de Sementes Florestais pelo IBDF em 1977, alto incentivo era dado para que empresas e entidades importassem sementes das áreas de ocorrência natural, visando a formação de populações base com ampla base genética.

Havia indícios suficientes de que a tecnologia aplicada a pomares de sementes por mudas e clonais não era adequada aos eucaliptos em geral. Tal fato era comprovado quando eram analisados os índices de sementes férteis/viáveis por unidade de peso. Existem variações gritantes, não explicadas, a não ser pelo nível de endogamia, e de auto-fecundação. Sementes produzidas no Brasil em Áreas de Coleta e Áreas de Produção de Sementes variavam de 100.000 a 300.000 sementes por kg, determinando a prática tradicional de viveiro: semear 50g de sementes por m^2 para se obter 1.500 mudas selecionadas. Ou o que era mais comum, plantar 10 ha por kg de sementes.

Este desperdício de sementes e o nível de intensidade de seleção em canteiro, nunca foram convenientemente explicados e nem justificados em termos de adaptação e maior produtividade.

A partir de 1974, estabelecendo-se a estratégia de instalação de populações base mono e multi-procedências, o nível de fertilidade das sementes, para as espécies do sub gênero Symphyomyrthus, por exemplo, viria atingir 700.000 a 1.500.000 sementes por kg e os progressos em viveiro passaram a ser altamente significativos.

Essas novas populações base passariam a ser aquelas incentivadas pelo IBDF e apresentam hoje um altíssimo ganho em adaptação e produtividade das espécies, passando a ser materiais genéticos importantes a nível nacional e internacional.

Existem hoje dois tipos de população base:

- Monoprocedência (macro região de procedências)
- Multiprocedência (várias procedências de diferentes macro-regiões).

A formação de populações monoprocedências tem sido aplicada às espécies que pouco reagem ao efeito da procedência dentro de uma macro-região e aquelas que apresentam procedências de alto valor genético para serem trabalhadas isoladamente no programa.

A formação de populações multiprocedências obedece a estudos básicos sobre as características de cada procedência, seu potencial para intercruzamento e utilização na seleção recorrente, visando a geração de árvores superiores para futuras populações recombinantes.

KAGEYAMA (1983) estudando progênies de **E. grandis** derivadas de árvores superiores, fenotipicamente selecionadas em população base na monoprocedência Coff's Harbour, NSW, estimou ganhos de 8% em volume e 13% em retidão das árvores. Demonstrou que as herdabilidades eram baixas, mas alertou para o ganho de 25% sobre a porcentagem de sobrevivência, em quaisquer das localidades contrastantes do teste. Pode-se interpretar que este significativo aumento na porcentagem de sobrevivência foi devido a uma forte redução, nas plantações, das árvores com características recessivas devido à auto-

fecundação. Isto também faz pensar que seja uma conseqüência da ruptura dos grupos consangüineos que existem na área de ocorrência natural.

Destas conclusões e do acompanhamento da expansão das populações base mono e multiprocedências nas entidades privadas e estatais, surge a constatação de que antes de qualquer intervenção nas populações, através da seleção intensiva para formação de pomares clonais ou por mudas, ou mesmo para a silvicultura clonal, havia necessidade de melhor adaptação (taxa de sobrevivência) através de ciclos rápidos de Áreas de Produção e de Coleta de Sementes, visando a criação de raças locais "adaptadas às diferentes condições edafo-ecológicas da eucaliptocultura brasileira".

A partir de 1976 empresas como a ARACRUZ FLORESTAL, CIA. VALE DO RIO DOCE, SIDERÚRGICA BELGO MINEIRA, CIA. SUZANO DE PAPEL E CELULOSE, DURATEX FLORESTAL, KLABIN DO P ARANÁ, RIOCELL E EMBRAPA, empreenderam viagens à Austrália e Indonésia em busca de novos materiais genéticos a nível de espécies/procedências/progênies, visando ampliar a base genética, formar populações base mais representativas e estabelecer novas bases para o programa de melhoramento. Hoje a EMBRAPA conduz um dos mais importantes programas de seleção de espécies/procedências em países tropicais.

HIBRIDAÇÃO INTERESPECÍFICA E INTRAESPECÍFICA

O estudo das populações hibridógenas de eucaliptos, derivadas de fontes de sementes brasileiras e australianas, demonstrou também ser altamente importante para a silvicultura clonal. Em princípio ficou evidente que os híbridos entre as espécies de Florestas Aberta Alta (grupo casca lisa) e Floresta Aberta Alta (casca fibrosa) apresentam maior produtividade e maior potencialidade para as indústrias de papel, celulose e fibras. Os principais híbridos detectados foram: **E. saligna** x **E. botryoides**, **E. grandis** x **E. robusta**, **E. grandis** x **E. urophylla**, **E. grandis** x **E. resinifera**, **E. grandis** x **E. pellita**.

Os híbridos dentro do grupo casca lisa também eram potenciais: **E. grandis** x **E. saligna**, **E. saligna** x **E. dunnii** e **E. grandis** x **E. dunnii**; já os híbridos entre o grupo Floresta Aberta Alta e Floresta Aberta Típica têm alta importância na ocupação a áreas marginais às espécies que os formam. São potenciais hoje os híbridos: **E. grandis** x **E. camaldulensis**, **E. grandis** x **E. tereticornis**, **E. grandis** x **E. brassiana**, **E. saligna** x **E. tereticornis**, **E. saligna** x **E. camaldulensis**, **E. urophylla** x **E. tereticornis**, **E. pellita** x **E. brassiana**.

Potenciais também são os híbridos dentro do subgênero Corymbia: **E. torelliana** x **E. citriodora**, **E. citriodora** x **E. maculata**, **E. torelliana** x **E. maculata**. Para as espécies que reagem à procedência, poucas informações tem-se de quais procedências são as melhores combinações.

A metodologia de produção de híbridos por polinização livre, seguida da seleção de mudas, em função de genes marcadores ou arquitetura da muda demonstra ser altamente potencial. Híbridos já sintetizados nesse sistema são: **E. grandis** x **E. urophylla**, CAMPINHOS (1987), **E. torelliana** x **E. citriodora**. A limitação dos custos e dificuldades da polinização controlada pode ser hoje convenientemente contornada pelo método de produção de híbridos por polinização livre. Espera-se poder utilizar na continuidade do programa a geração F2 do híbrido (via sexual).

HÍBRIDOS INTRAESPECÍFICOS

A não ser a formação de populações base multiprocedências, pouco se explorou até agora neste novo campo que se abre.

Híbridos intraespecíficos de **E. grandis** (Atherton x Coff's Harbour) têm potencial? De que tipo são as variações naturais encontradas em **E. urophylla** e hoje designadas muito inadequadamente "**E. urophylla** var. **platyphylla**"? Como explorá-las adequadamente em métodos de melhoramento clássico na via sexual?

SELEÇÃO DE ÁRVORES SUPERIORES

Na Aracruz a seleção de árvores superiores, híbridos ou não, segundo MARTIN (1987a), é baseada em:

01 - volume
02 - resistência a doenças (cancro)
03 - resistência a insetos (formigas e lagartas)
04 - retidão de tronco
05 - desrama natural
06 - características da copa
07 - composição da casca
08 - características da casca
09 - aptidão para rebrota
10 - aptidão para enraizamento das estacas
11 - densidade da madeira
12 - rendimento em polpa
13 - eficiência metabólica

Nos testes clonais:

14 - confirmação das características florestais
15 - análise morfológica e anatômica da madeira

No Congo, segundo Delwaulle (1982 e 1985), citado por MARTIN (1987a), a seleção é baseada em:

01 - volume (Altura total e diâmetro)
02 - estado fitossanitário
03 - retidão
04 - desrama natural
05 - espessura e porcentagem de casca
06 - densidade da madeira
07 - aptidão ao enraizamento de estacas

Testes clonais:

08 - confirmação das características florestais

09 - rendimento em pasta para celulose
10 - n° de m^3 de madeira verde com casca por ton. de polpa
11 - produção de ton. de polpa/ha/ano
12 - propriedades físicas de polpa/celulose

Como se pode notar na Silvicultura Clonal da Aracruz e do Congo os objetivos são os mesmos: maior produtividade de polpa para papel da melhor qualidade possível, no menor lapso de tempo e por unidade de área, baseada na seleção de clones superiores.

KROMHOUT (1985) alerta que o solo para culturas florestais em geral á limitado. Quantas áreas marginais deverão existir para fins florestais? Como aumentar a produtividade das áreas atualmente ocupadas com florestas? Que tipo de árvore se deseja? Quer-se uma árvore especializada, admiravelmente adequada ao rendimento e alta eficiência metabólica para um só produto? A situação da celulose e papel, continuará a mesma lá pelo ano 2000 ou a evolução nas comunicações e impressões será à base de telas de computadores? Acrescenta ainda o autor: "nós não podemos prever com certeza a tendência do uso contínuo de celulose e papel e nem assumir a tendência para outros produtos. O que se pode assumir é que a madeira é um recurso natural e uma matéria prima em constante demanda crescente. Devemos também acrescentar se a alta produtividade de madeira com qualidade e tecnologia adequada viabiliza a Silvicultura Clonal, e ela veio para ficar, os outros produtos poderão seguir o mesmo caminho, obedecendo-se aos riscos e às precauções necessárias; ou então continuaremos a consumir cerca de 250.000.000 m^3 de madeira anualmente, sendo 200.000.000 de m^3 oriundos de vegetação natural, o que é um absurdo"

Uma árvore melhorada é aquela que tem a habilidade para se adaptar ao sítio, vegetar bem (dentro dos limites de clima e solo), superar as doenças, pragas e os estresses naturais que vão ocorrer durante sua vida (DARROW, 1984).

Para atingir esta qualidade há necessidade de um programa de melhoramento com estratégia adequada.

ESTRATÉGIAS DE MELHORAMENTO E A SILVICULTURA INTENSIVA CLONAL

ROULUND (1981) discute as principais estratégias para a Silvicultura Clonal e afirma:

a) todas as estratégias clonais estão diretamente ligadas com programas de melhoramento, porque seleção sem recombinação futura conduz o programa a uma situação onde o progresso posterior não á mais possível;

b) todos os programas envolvem dois tipos de clonagem: variedades multiclonais e propagação massal (Bulk propagation).

Variedades multiclonais - baseada em seleção e teste de clones individuais
Propagação massal - propagação de procedências/progênies selecionadas não envolvendo a seleção individual

As variedades multidonais contam um determinado número de clones. A utilização dos clones irá depender da evolução da taxa de maturação.

O método de propagação massal tem grande variabilidade genética e não testa clones individuais. Utiliza intensivamente os híbridos e os cruzamentos controlados. Não é limitada pela topofisis ou outros problemas de maturação. Não incorpora ganhos da seleção dentro de procedências ou dentro de famílias.

A estratégia para o melhoramento clássico é baseada nas populações base, populações para melhoramento e populações para produção de sementes. Discute-se a estratégia de múltiplas populações, especialmente aplicadas para o caso dos pinheiros tropicais, mas gradualmente sendo aceita nos programas com folhosas. Esta estratégia foi proposta em 1980 por Namkoong, visando contornar os programas relativos a altas intensidades de seleção, redução da base genética e má utilização das interações genótipo x ambiente.

Nos programas atuais reconhece-se que:

a) há necessidade de estudos sobre o sistema reprodutivo dos Eucalyptus;

b) pela falta de estudos do sistema reprodutivo optou-se inicialmente por programas e estratégias semelhantes aos pinheiros subtropicais, cuja polinização é por vento;

c) há necessidade de estudos detalhados sobre novas tecnologias e manejo dos pomares de sementes, incluindo a macro e micropropagação como prioridade básica.

As novas Áreas de Coleta e de Produção de Sementes e os novos Pomares de Sementes Clonais, baseados em intensidades de seleção mais baixas e ampla base genética, elevaram o número de sementes férteis 3 a 4 vezes mais do que os padrões comerciais até agora existentes. Tal fato irá permitir reduzir a área necessária aos Pomares Clonais e, através dos esquemas de populações múltiplas, reduzir os custos do programa, mantendo-se sempre a base genética ampla.

Os ganhos obtidos em adaptação e o aumento da freqüência de árvores desejáveis por unidade de área, dão às sementes das novas populações básicas alto potencial para a continuidade da seleção recorrente em gerações avançadas.

Na moderna estratégia as populações base monoprocedências fornecerão sementes para áreas ecológicas, onde as espécies estejam muito bem adaptadas. As populações base multiprocedências (híbridos intraespecíficos) fornecerão sementes para as áreas ecológicas onde as espécies tenham algum tipo de limitações. Os híbridos interespecíficos, gerados através da seleção recorrente recíproca, serão utilizados em áreas marginais, onde as espécies não tenham condições de adaptação.

Para as espécies, híbridos intraespecíficos e interespecíficos poder-se-ão atrelar à Silvicultura Intensiva Clonal, de tal modo que através da micro ou macropropagação possa ser utilizada toda a variação genética existente, em bases seguras e com os ganhos genéticos sucessivos não interrompidos.

POTENCIAL DA BIOTECNOLOGIA NA SILVICULTURA INTENSIVA

CAMPINHOS & SILVA (1990), discorrendo sobre o programa da Aracruz, afirmam que a combinação da nova biotecnologia e o programa de melhoramento convencional poderá produzir enormes ganhos em silvicultura, quando comparado a qualquer outra área da agricultura, em função da redução de tempo nos programas.

Os autores acrescentaram ainda, que a propagação massal "in vitro", utilizando a variação natural e a induzida em cultura (hibridização somática, variação somaclonal e gametaclonal) e transformações genéticas usando vetores adequados, serão a base para a geração dos futuros genótipos de elite.

LYBBY (1983) afirma que a biologia molecular é altamente excitante e que conduz à crença de que muito breve ela dará origem a material genético radicalmente novo para a silvicultura, a um alto custo. Acrescenta ainda que o mais sério problema deste material genético novo, é que ele será produzido por técnicas de biologia molecular radicais e, sendo totalmente novo, precisa ser adequada e cuidadosamente testado. Portanto, a crença de que estes novos clones estarão disponíveis para Silvicultura Intensiva é uma fantasia e talvez uma operação muito perigosa. Qualquer propágulo para a Silvicultura Intensiva Clonal deve ser adaptado a uma variedade de ambientes por longos períodos de tempo. Os testes destes clones radicalmente diferentes deveriam ser conservadores, isto é, devem ser conduzidos em vários locais, durante vários anos, expondo-os a condições conhecidas e desconhecidas que ocorrerão nas áreas ecológicas de plantio.

Quando se utilizam clones, cujo histórico inclui a seleção convencional das populações reconhecidamente adaptadas às áreas ecológicas de plantio seguido de melhoramento, testes clonais, seleções e recombinações posteriores, a continuidade da Silvicultura Intensiva será assegurada e os ganhos nas gerações avançadas também o serão. Tal afirmação não elimina a possibilidade da futura utilização de novos clones derivados da biotecnologia, mas essa utilização não será breve e envolverá custos altíssimos, parecendo portanto uma fantasia.

Nos programas mais conservadores a biotecnologia vem apresentando alto potencial quando ela não é confundida como método de melhoramento, mas sim como uma ferramenta aplicada ao melhoramento.

No programa desenvolvido pelo Departamento de Ciências Florestais, em colaboração com o IPEF, a biotecnologia vem sendo Importante nos seguintes campos (GONÇALVES, 1991)[*]: Micropropagação de material adulto: objetivando o controle do efeito C em clones, que tem limitado a instalação e avaliação de testes clonais e a utilização contínua dos clones. Através da reversão à juvenilidade procura-se reduzir ou eliminar os efeitos da topofisis e ciclofisis. (KIKUTI, 1988) e (VERGARA, 1989) discutem amplamente a avaliação dos testes clonais onde o efeito C é marcante.

Tais estudos vêm proporcionando a ampliação dos testes clonais em várias regiões ecológicas. Propiciam, também, nova tecnologia para implantação de pomares, visando contornar os problemas da rejeição em enxertia. Árvores superiores que não eram adequadas à estaquia estão sendo incluídas agora nos novos pomares através da micropropagação. Os novos pomares têm otimizado a recombinação dos clones, aumentando significativamente o número de sementes férteis/kg.

A utilização da micropropagação para estudos de micorrizas (ectomicorrizas), associadas a **Pinus** sp. e **Eucalyptus** sp., também vem se revelando altamente potencial.

A caracterização de populações e clones, através dos estudos de exigências nutricionais "in vitro", vem fornecendo informações úteis para Silvicultura Intensiva e possibilitará, no futuro, associada a estudos de arquitetura de mudas, o controle do tipo de floresta a ser implantada e do manejo mais adequado.

---

[*] GONÇALVES, 1991 – Informação pessoal

As pesquisas acadêmicas têm sido direcionadas para embriogênese somática em **Eucalyptus** sp. e **Pinus** sp., regeneração da planta através da morfogênese direta ou indireta (organogênese), propagação massal de híbridos obtidos por polinização controlada e resgaste de embriões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPINHOS, E. Propagação vegetativa de **Eucalyptus** spp por enraizamento de estacas. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPECIES FORESTALES, Buenos Aires, 1987. **Anais**. Buenos Aires, CIEF,1987. v.1, p.208-14.

CAMPINHOS, E. & SILVA, E.C. **Development of tree of future**. Sevilha, ESPRA, 1990. 22p.

CHAPERON, H. Vegetative propagation of **Eucalyptus**. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPECIES FORESTALES, Buenos Aires, 1987. **Anais**. Buenos Aires, CIEF, 1987. v. 1, p.215-32.

DARROW, W. K Breeding the super tree: do we know what we want? **South African forestry journal**, Pretoria (129): 17-20, 1984.

ELDRIDGE, K.G. & CROMER, R.N. Adaptation and physiology of **Eucalyptus** in relation to genetic improvement. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FORESTALES, Buenos Aires, 1987. **Anais**. Buenos Aires, CIEF, 1987. v.1, p. 86-100.

IKEMORI, Y.K **Genetic variation in characteristics of *Eucalyptus grandis* raised from micro-propagation and seed**. Oxford, 1990. 123p. (Tese-Doutoramento-OFI).

KAGEYAMA, P.Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis***. Piracicaba, 1983. 147p. (Tese-Livre-Docência-ESALQ).

KIKUTI, P. **Parâmetros genéticos em progênies de meios irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* na região de Telêmaco Borba, PR.** Piracicaba, 1988. 119p. (Tese-Mestrado-ESALQ).

KAOMHOUT, C. P. The elusive tree of future forestry. **South African forestry journal**, Pretoria (135): 31-2, 1985.

LYBBY, W.D. Potential of clonal forestry. In: ZSUFFA, L. **Clonal forestry**: its impact on tree improvement and our future forests. Chalk River, Canadian Forestry Service, 1983. p.1-11.

MARTIN, B. **Amélioration génétique de *Eucalyptus* tropicaux: Contribution majeure à la foresterie clonale**. Paris, 1987a. 218p. (Tese-Doutoramento-UPS).

MARTIN, B. Stratégie d'amélioration génétique des *Eucalyptus*. In: SIMPOSIO SOBRE SIL VICUL TURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FORESTALES, Buenos Aires, 1987. **Anais**. Buenos Aires, CIEF, 1987b. v.1, p. 101-27.

POGGIANI, F. & SUITER, W. Importância da nebulização intermitente e efeito do tratamento hormonal na formação de raízes em estacas de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba (9): 119-29, 1974.

ROULUND, H. Problems of clonal forestry in spruce and their influence on breeding strategy. **Forestry abstracts**, Oxford, 42(10): 457-71, 1981.

TOMAZELLO, M. **Estudos sobre o cancro causado por *Diaporthe cubensis*: etiologia e resistência em *Eucalyptus*.** Piracicaba, 1976. 106p. (Tese-Mestrado-ESALQ) .

VERGARA, P.R. **Plantios clonais e multiclonais em relação a outros materiais genéticos de *Eucalyptus grandis* na região de Lençóis Paulista, SP**. Piracicaba, 1989. 81p. (Tese-Mestrado-ESALQ).

ZOBEL, B. & IKEMORI, Y.K Vegetative propagation in, *Eucalytpus*. In: ZSUFFA, L. **Clonal forestry**: its impact on tree improvement and our future forests. Chalk River, Canadian Forestry Service, 1983. p.136-44.

Um nome se faz com um bom papel e muita fibra.

A Cia. Suzano de Papel e Celulose é a maior fabricante integrada de celulose de fibra curta, papel e cartão do País, parte do 12.º grupo econômico privado nacional.

Sempre se dedicando à pesquisa, com a finalidade de desenvolver recursos naturais de origem nacional e visando a melhoria da qualidade de seus produtos, a Cia. Suzano foi a pioneira mundial a utilizar, em escala industrial, 100% de celulose de eucalipto na produção de papel.

Além da celulose, a Cia. Suzano produz uma grande variedade de papéis de alta qualidade para impressão e escrita, cartões para embalagens, papéis couché e industriais, exportando-os para mais de 40 países, em cinco continentes.

Hoje, o nome da Cia. Suzano é sinônimo da qualidade de seus produtos.

Cia. Suzano de Papel e Celulose