

Base genética de melhoramento de eucaliptos e corimbias no norte do Estado de Goiás: resultados da cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e a Anglo American Níquel Brasil - Codemin



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 248

Base genética de melhoramento de eucaliptos e corímbias no norte do Estado de Goiás: resultados da cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e a Anglo American Níquel Brasil - Codemin

Estefano Paludzyszyn Filho

Antonio Elias Fardin

Alisson Moura Santos

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Paulo Eduardo Telles dos Santos

André Montagner Machado

Gabriel Rafael Coimbra

Embrapa Florestas

Colombo, PR

2013

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,

83411-000, Colombo, PR - Brasil

Caixa Postal: 319

Fone/Fax: (41) 3675-5600

www.cnpf.embrapa.br

cnpf.sac@embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos

Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida

Membros: Alvaro Figueredo dos Santos, Claudia Maria Branco de

Freitas Maia, Elenice Fritzsos, Guilherme Schnell e Schuhli, Jorge

Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski,

Susete do Rocio Chiarello Penteado

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos

Revisão de texto: Patrícia Póvoa de Mattos

Normalização bibliográfica: Francisca Rasche

Editoração eletrônica: Rafele Crisostomo Pereira

Fotos da capa: Alisson Moura Santos

1ª edição

Versão digital (2013)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Base genética de melhoramento de eucaliptos e corímbias no norte do Estado de Goiás: resultados da cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e a Anglo American Níquel Brasil - Codemin [recurso eletrônico] / Estefano Paludzyszyn Filho...[et al.]. Dados eletrônicos - Colombo : Embrapa Florestas, 2013. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 248)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

Título da página da web (acesso em 27 dez. 2013).

1. Eucalipto. 2. Melhoramento genético vegetal. 3. Seleção genética. 4. Madeira.
I. Paludzyszyn Filho, Estefano. II. Fardin, Antonio Elias. III. Santos, Alisson Moura.
IV. Reis, Cristiane Aparecida Fioravante. V. Santos, Paulo Eduardo Telles dos. VI.
Machado, André Montagner. VII. Rafael, Gabriel Coimbra. VIII. Série.

CDD 634.97342(21. ed.)

Autores

Estefano Paludzyszyn Filho

Engenheiro-agrônomo, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
estefano.filho@embrapa.br

Antonio Elias Fardin

Engenheiro Florestal
Gerente de Produção Florestal
Anglo American Níquel Brasil Ltda - Codemin
antonio.fardin@angloamerican.com

Alisson Moura Santos

Engenheiro-agrônomo, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
alisson.santos@embrapa.br

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Engenheira Florestal, Doutora
Pesquisadora da Embrapa Florestas
cristiane.reis@embrapa.br

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Engenheiro Florestal, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
paulo.telles@embrapa.br

André Montagner Machado
Engenheiro Florestal
Coordenador de Produção Florestal
Anglo American Níquel Brasil Ltda - Codemin
andre.machado@angloamerican.com

Gabriel Coimbra Rafael
Engenheiro Florestal
Anglo American Níquel Brasil Ltda - Codemin
gcoimbra_ufla@yahoo.com.br

Apresentação

Em iniciativa pioneira na Região Centro-Oeste, a Embrapa estabeleceu um contrato de cooperação técnica com a Empresa Anglo American Brasil Ltda. - Unidade Codemin, situada no norte do Estado de Goiás no ano de 2008, com o objetivo de desenvolver eucaliptos e corímbias para usos múltiplos da madeira. Justifica-se a parceria pela união de esforços no desenvolvimento de clones e/ou cultivares seminais de eucalipto e de corímbias mais produtivos, com maior densidade básica da madeira, resistência às principais doenças e tolerância a estresses hídricos e térmicos.

Por meio desta cooperação, a Embrapa Florestas visa suprir demandas de incorporação ao processo produtivo de extensas áreas marginais das Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte-Nordeste brasileiras, especialmente para fins energéticos. Assim, os genótipos irão atender não somente às demandas da empresa, mas também de produtores rurais, agricultores familiares e outras empresas vinculadas ao setor florestal.

Para estruturar o programa de melhoramento genético, foi preciso entendimento do processo produtivo, da evolução das técnicas silviculturais utilizadas nos plantios comerciais, forma de propagação massal das árvores, identificação e caracterização de raças locais de eucalipto e características essenciais que um genótipo deve apresentar para suprir às demandas de processos industriais e de consumidores regionais. Assim, neste documento, são descritas as informações prospectadas e também ações conduzidas pela Codemin e Embrapa Florestas no desenvolvimento de materiais genéticos de eucaliptos e corimbias.

Sergio Gaiad
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Introdução	9
Florestas plantadas na Codemin	10
Evolução dos plantios seminais para clonais.....	13
Melhoramento genético dos eucaliptos e corimbias	15
Estabelecimento de cooperação entre Codemin e Embrapa Florestas	25
Teste de progênies híbridas de <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>E.</i> <i>grandis</i>	26
Teste de progênies de <i>Eucalyptus pellita</i>	29
População de <i>Eucalyptus cloeziana</i>	31
Espécies pertencentes ao gênero <i>Corymbia</i>	32
Teste de progênies de <i>Eucalyptus crebra</i>	35
Avaliação de clones em cultivo <i>in vitro</i>	40
Qualidade da madeira para uso energético	40
Considerações finais	42
Agradecimentos	44
Referências	44

Base genética de melhoramento de eucaliptos e corimbias no norte do Estado de Goiás: resultados da cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e a Anglo American Níquel Brasil - Codemin

Estefano Paludzyszyn Filho

Antonio Elias Fardin

Alisson Moura Santos

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Paulo Eduardo Telles dos Santos

André Montagner Machado

Gabriel Coimbra Rafael

Introdução

A Empresa Anglo American Níquel Brasil Ltda. - Codemin - faz parte de um dos maiores grupos de mineração do mundo. A Codemin consiste em uma de suas várias unidades, instalada no Município de Niquelândia, norte do Estado de Goiás, desde 1982. A sua principal atividade é a obtenção de ferro-níquel (FeNi) com uso da madeira de eucalipto como fonte redutora no processo de calcinação para extração do elemento do material bruto, o qual é utilizado posteriormente para formação de ligas metálicas. No decorrer do tempo foi alterado o processo industrial, substituindo-se o carvão vegetal produzido em fornos de alvenaria, por cavacos de madeira diretamente adicionados ao forno siderúrgico. Nesse processo, ocorre a queima das

substâncias voláteis geradas pela combustão da madeira, evitando que esses, na forma de gases, sejam lançados na atmosfera o que proporciona a substituição de parte do óleo combustível (2A), tornando o processo de produção de FeNi mais econômico e sustentável.

Para atender a demanda de biomassa da empresa, o cultivo de árvores seminais de eucalipto chegou a abranger área superior a 12.175 ha até início da primeira década de 2000. Recentemente, por meio de silvicultura de elevado grau tecnológico, houve aumento expressivo da produtividade de madeira dos plantios comerciais. Com isso, para produzir a mesma quantidade de madeira, tem sido utilizada menor área. O enorme aparato tecnológico permitiu também a ampliação das áreas de preservação permanente e de corredores ecológicos. Deste modo, as áreas de conservação da fauna e da flora da Codemin têm extrapolado a porcentagem exigida pela legislação em vigor.

Com finalidade de selecionar indivíduos superiores de eucalipto, com elevadas produtividades e adequadas propriedades tecnológicas da madeira para fins energéticos, a empresa estabeleceu parceria com a Embrapa no ano de 2008. Neste contexto, este documento procura identificar a origem e as características dos clones de eucaliptos utilizados pela Codemin em seus plantios e descrever as ações estabelecidas em conjunto com a Embrapa Florestas. Ressalta-se que o desenvolvimento de germoplasma por meio da parceria encontra-se em fase inicial. O enfoque principal do melhoramento é a seleção de genótipos com elevada produção de madeira, tolerância a estresse hídrico, densidade básica da madeira elevada, resistência às principais doenças e usos múltiplos da madeira.

Florestas plantadas na Codemin

O cultivo de florestas teve início na década de 1980, com vistas a suprir demandas energéticas do processo industrial. Em virtude do grande êxito apresentado em cenário nacional, como considerável produtividade de madeira em relação a outras espécies florestais, rápido crescimento, ciclos de curta duração e madeira com características aceitáveis para uso energético, o gênero *Eucalyptus* foi o escolhido para compor os reflorestamentos. Assim, espécies como *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. pellita* e híbridos interespecíficos como *E. urophylla* x *E. grandis*, têm sido introduzidos e amplamente plantados nas áreas comerciais da empresa. No início, para produção das mudas, foram adquiridas sementes da então Acesita S.A. (MG) e do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) de procedências compatíveis com as condições ambientais locais.

O carvão vegetal, oriundo de eucalipto, foi utilizado pela empresa entre 1982 e 2002, como agente redutor do processo final do minério. Entretanto, após vinte anos, foi substituído pelo cavaco de madeira, em iniciativa inovadora e muito bem sucedida em virtude da economia gerada no processo industrial e de ganhos socioambientais. No processo atual, ao atingir a idade de nove anos, a madeira é cortada, seca sob condições naturais e cavaqueada. Os cavacos consistem em pedaços de madeira com cerca de 6 mm de espessura por 20 a 60 mm de comprimento. Salienta-se que o uso do cavaco no processo industrial significa uso de biomassa como combustível, uma fonte de energia renovável e mais sustentável quando comparada a outros combustíveis fósseis, como carvão mineral e/ou petróleo.

Vale ressaltar que a Codemin é auto-suficiente em madeira reflorestada, ou seja, todo cavaco consumido é oriundo de plantações próprias. Em 2011, o consumo de cavacos de

madeira na usina foi estimado em 83.716 ton. Atualmente, a área total com florestas plantadas abrange 10.820 ha, com reflorestamentos em cinco hortos, denominados de Aranha, Cristo Redentor, Rosariana, Rio Vermelho e Santa Luzia, todos eles localizados no Município de Niquelândia. Em viveiro próprio, são produzidas cerca de 700.000 mudas clonais de eucaliptos anuais, para suprimento de demandas anuais de plantio que variam de 600 a 800 ha.

As áreas com plantios florestais da Codemin estão inseridas nos intervalos de latitude de $14^{\circ}04'24''$ a $14^{\circ}33'59''$ sul e longitude de $48^{\circ}25'40''$ a $48^{\circ}49'10''$ oeste, em altitude de 540 m, sob clima tropical, com estação seca no inverno (Aw), segundo classificação de Köppen. A estimativa da precipitação pluviométrica média anual em Niquelândia consiste em 1.756 mm, com evapotranspiração de 1.361 mm, o que confere um baixo índice de aridez (0,81) (ALVARES; STAPE, 2012). Na base de melhoramento genético localizado no Horto Florestal Aranha, a precipitação média anual, observada no período 1989 - 2011 é de 1.484 mm (Figura 1). Na mesma Figura, observa-se a redução dos índices pluviométricos mensais, podendo chegar à zero na estação seca de três a cinco meses de duração.

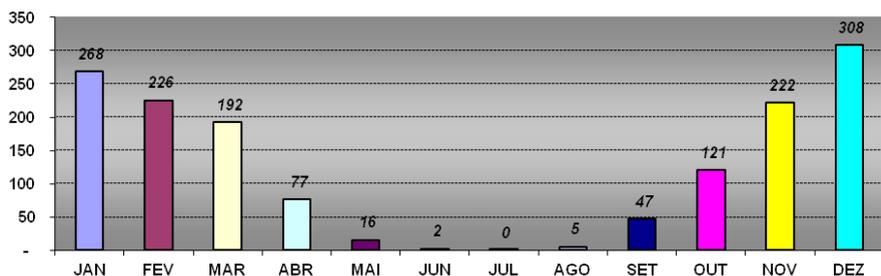


Figura 1. Distribuição mensal dos índices pluviométricos médios observados no período 1989-2011 no Horto Aranha, Município de Niquelândia, GO.

No decorrer dos anos, características de crescimento como altura, diâmetro à altura do peito e, conseqüentemente, volume de madeira, além de resistência à doenças, foram tratadas como prioritárias. Entretanto, nos últimos anos, tem-se também dado ênfase às propriedades tecnológicas da madeira, como densidade básica, teor de carbono fixo, teor de lignina, teor de extrativos e poder calorífico. Isso porque essas características afetam diretamente o processo industrial. Especial atenção deve ser dedicada também à seleção para estresses hídricos e térmicos, características marcantes da região.

Em 1993, com objetivo de elevar a produtividade de madeira, foram vislumbradas as primeiras ações voltadas para seleção de árvores com maior volume de madeira nos plantios comerciais. A clonagem foi outra importante ferramenta adotada no processo de resgate de árvores “plus” e desta forma, será em primeiro lugar abordada. As ações de melhoramento genético serão enfocadas na sequência, como forma de facilitar o entendimento.

Evolução dos plantios seminais para clonais

Inicialmente, os plantios comerciais da Codemin foram provenientes de mudas seminais de eucalipto (Figura 2). Entretanto, fatores como heterogeneidade dos plantios, incidência de doenças de relativa severidade e advento das técnicas de propagação vegetativa proporcionaram, de forma gradual e lógica, a transição dos plantios seminais para clonais.

Assim, em 1997, foram iniciados os plantios clonais (Figura 3). A multiplicação clonal caracteriza-se pela manutenção plena das características da planta mãe, de modo a obter plantios mais uniformes, produtivos, com matéria-prima homogênea e de modo geral, controle mais efetivo de doenças (ALFENAS et al., 2004). Desta forma, por meio de seleção massal ou fenotípica, árvores seminais superiores foram identificadas nos plantios comerciais.

Foto: Estefano Paludzyszyn Filho



Figura 2. Plantio comercial com mudas formadas por sementes, evidenciando elevada mortalidade.

Foto: Estefano Paludzyszyn Filho



Figura 3. Plantio clonal de eucaliptos no Horto Aranha.

Em seguida, as árvores selecionadas eram abatidas e a partir de brotações de cepas (touças), estacas eram transplantadas e estabelecidas em jardim clonal. Essa técnica, conhecida como estaquia tradicional ou macroestaquia, trouxe grandes avanços para a eucaliptocultura brasileira de modo geral. Em detrimento dos expressivos avanços iniciais, essa técnica apresenta alguns obstáculos com o baixo percentual de enraizamento de alguns clones recalcitrantes à rizogênese, ocorrência de grandes variações na capacidade de enraizamento entre espécies de eucaliptos e materiais híbridos, além de perda gradual do potencial de enraizamento com o envelhecimento ontogenético das matrizes (ALFENAS et al., 2004).

No decorrer dos anos, houve evolução nas técnicas de propagação vegetativa, com aumento da eficiência do processo. A partir de 2004, houve a substituição da macroestaquia pela miniestaquia na Codemin. Com isso, a maioria dos inconvenientes detectados na estaquia tradicional foi superada. A técnica de miniestaquia possui uma série de vantagens, como menores custos com implantação e manutenção do minijardim clonal, em relação ao jardim clonal de campo; maior facilidade de colheita e menores custos com transporte e processamento das brotações; minijardim em canteiros suspensos com possibilidade de uso de cobertura fixa ou retrátil, que amenizam problemas fitossanitários; maior controle da irrigação e nutrição das cepas, de modo a obter miniestacas com maior predisposição à rizogênese; alto grau de juvenilidade das estacas, com maior índice de enraizamento e sistema radicular mais bem formado; menores variações sazonais nos índices de enraizamento e maior velocidade de enraizamento, o que otimiza as estruturas do viveiro e diminui o tempo de exposição das miniestacas à condições favoráveis de incidência de fungos apodrecedores (ALFENAS et al., 2004).

Melhoramento genético dos eucaliptos e corimbias

Entende-se por melhoramento genético de plantas a ciência, arte e gerenciamento de recursos do aperfeiçoamento das plantas em benefício da sociedade (BERNARDO, 2002). Atualmente, há evidências de que 50% dos ganhos em produtividade em culturas anuais e perenes possam ser creditados ao melhoramento genético (RAMALHO et al., 2012). Especificamente para eucalipto, estimam-se ganhos genéticos de ordem de 1% ao ano (RESENDE et al., 2011).

A seleção massal de árvores, próximas à idade de corte e com comportamento diferenciado para crescimento e forma nos plantios comerciais seminais, foi a principal estratégia de melhoramento adotada por várias empresas florestais brasileiras, inclusive na Codemin. O enorme volume disponível de árvores nos plantios comerciais seminais e, conseqüentemente, de variabilidade genética; ausência ou baixo custo envolvido na seleção de árvores “plus” e facilidades da propagação vegetativa alavancaram a produção de clones de eucalipto. Tudo isso em uma época em que a maioria das empresas tinha investimentos restritos em pesquisas (FERREIRA; SANTOS, 1997).

Após a seleção de árvores superiores e do corte, normalmente, é avaliada a capacidade de brotação e enraizamento das estacas obtidas dos candidatos a clones. Após passagem por esse crivo, a superioridade genética dos clones é avaliada em testes clonais comparativos em um ou vários ambientes da empresa. Neste contexto, observa-se que uma série de testes clonais foi implantada pela Codemin desde 1995, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Testes com múltiplos germoplasmas de eucalipto realizados na Codemin, no período 1995 a 2012.

Projeto	Talhão	Germoplasma	Implantação	Série e/ou código de clones	Número de clones avaliados	Avaliação (anos)	Clones selecionados	IMA ¹ (Mo ²) (m ³ ha ⁻¹ ano)	IMA (Mm ³) (m ³ ha ⁻¹ ano)
III C	4	<i>Eucalyptus</i> spp.	12/1995	01 a 150	109	14,40	AAC ⁴ : 01, 10, 13, 30, 33, 40, 77, 86, 103, 104, 141 e 143	33,49	50,13
							AAC 549		
XII A	20	<i>E. camaldulensis</i>	12/1996	402 a 563	45	11,75	AAC 549	16,58	37,79
XIII A	22	<i>E. urophylla</i>	11/1998	567 a 764	58	11,50	AAC: 585,594, 597, 645, 692,704 e 616	49,32	62,97
XIVA	2	<i>E. urophylla</i>	01/2003	1016 a 1054	37	-	-	-	-
XII D	32	<i>E. urophylla</i>	12/2005	Gerdau e Plantar	16	3,36	P2486, AEC 224, GG702, GG2335, GG50, GG672, P3016, P3281 e GG157	47,95	75,00

¹Como cada teste clonal foi conduzido em um único local, as médias de IMA estão inflacionadas pela interação genótipos x ambientes. Entretanto, a superioridade genética de vários clones foi comprovada em plantios pilotos em vários ambientes da empresa; ²Mo: Média da população original; ³Mm: Média da população melhorada; ⁴Clones da Codemin (AAC).

Tabela 1. Continuação.

Projeto	Talhão	Germoplasma	Implantação	Série e/ou código de clones	Número de clones avaliados	Avaliação (anos)	Clones selecionados	IMA ¹ (Mo ⁻²) (m ³ ha ⁻¹ ano)	IMA (Mm ⁻³) (m ³ ha ⁻¹ ano)
VIC	7	<i>Eucalyptus</i> spp.	12/2006	Clones de várias empresas	23	3,40	P3487, P3476, AEC 144, C02, 3497, 1752 e ASH02	26,50	30,04
XV B	12	<i>E. urophylla</i>	12/2004	AEC 144; AEC 224; AEC 042; P3387; 569; 680; 48; 819; 838 e 805	10	5,30	AEC: 144 e 224	25,34	32,85
XII C	18	<i>E. urophylla</i>	12/2005	10; 19; 36; 62 e 280	5	-	-	-	-
XIII	3	<i>Eucalyptus</i> spp.	12/2008	Gerdau, Plantar, Codemin, Votorantim Metais, Copener, Lwarcel, Cenibra	37	-	-	-	-
XIV	3	<i>E. urophylla</i>	01/2012	1060 a 1140	42	-	-	-	-

¹Como cada teste clonal foi conduzido em um único local, as médias de IMA estão inflacionadas pela interação genótipos x ambientes. Entretanto, a superioridade genética de vários clones foi comprovada em plantios pilotos em vários ambientes da empresa; ²Mo: Média da população original; ³Mm: Média da população melhorada; ⁴Clones da Codemin (AAC).

A partir dos dados apresentados, observa-se que a Anglo Codemin tem importante patrimônio genético de eucalipto adaptado às condições ambientais do Cerrado. Não foram encontrados relatos de redes experimentais dessa amplitude em outras regiões de Goiás, além de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Tocantins.

Em geral, os clones selecionados nos testes de primeira fase de comprovação de desempenho se caracterizam por ter considerável incremento médio anual (IMA) de madeira, ausência de seca de ponteiros, ausência de brotação lateral, boa desrama natural, fuste retilíneo e tolerância ao déficit hídrico e às principais pragas. Por meio dos experimentos conduzidos na década de 90, pode-se evidenciar que houve enormes ganhos com a seleção dos melhores indivíduos (Tabela 2).

Nota-se que em vários experimentos foram também testados clones de impacto produtivo da região Sudeste, principalmente de Minas Gerais e São Paulo. As introduções foram consolidadas por meio de permutas de materiais entre as empresas envolvidas. Clones como C-02 (Copener), P-2486, P-3016, P-3281, P-3334, P-3335, P-3336, P-3476, P-3487, GG-50, GG-157, GG-702, GG-672 e GG-2335 (Gerdau) apresentaram bom desempenho nas áreas comerciais da empresa. Eventuais problemas com seca de ponteiros, brotações laterais, desrama e cupins foram detectados, mas nada que impactasse de forma severa os plantios.

Na Tabela 2 são apresentadas as caracterizações dos clones selecionados para áreas de plantios comerciais da Codemin, quanto à genealogia e procedência. Conforme já destacado, a maior parte dos clones tem como genitores indivíduos de *E. urophylla*. Essa espécie destaca-se pela ampla capacidade de adaptação, crescimento e resistência ao déficit hídrico e ao cancro, além de boa capacidade de brotação de cepas e

enraizamento (FONSECA et al., 2010). Obviamente, esses aspectos também contribuíram para o sucesso alcançado na seleção de árvores nos plantios comerciais.

Tabela 2. Caracterização de alguns clones selecionados na Codemin.

Clone	Espécies	Procedência	DB ¹ (g cm ⁻³)/idade
AAC 33	<i>E. camaldulensis</i> x <i>Eucalyptus</i> sp.	Anhembi, SP	0,800/10 anos
AAC 86	<i>E. urophylla</i> x <i>Eucalyptus</i> sp.	Anhembi, SP	0,520/7 anos
AAC 206	<i>E. urophylla</i>	Itamarandiba, MG	0,592/8 anos
AAC 346	<i>E. urophylla</i>	Itamarandiba, MG	0,774/6 anos
AAC645	<i>E. urophylla</i>	Itamarandiba, MG	0,520/6 anos
AAC 682 ²	<i>E. urophylla</i>	Itamarandiba, MG	0,494/6 anos
AAC 704 ²	<i>E. urophylla</i>	Itamarandiba, MG	0,539/6 anos
AAC 706	<i>E. urophylla</i>	Itamarandiba, MG	0,489/6 anos
AAC 713 ²	<i>E. urophylla</i>	Itamarandiba, MG	0,489/6 anos

¹Densidade básica da madeira; ²Baixa porcentagem de enraizamento em viveiro da Codemin.

As estimativas de densidade básica dos clones selecionados são também apresentadas na Tabela 2. A densidade básica é o principal indicador da qualidade da madeira para produção de cavacos para uso energético. Alguns clones elite utilizados para produção de carvão têm apresentado estimativas de densidade básica entre 0,520 g cm⁻³ a 0,590 g cm⁻³ (FONSECA et al., 2010). Observa-se que clones da Codemin apresentam valores bastante similares a esses, também em idade similares.

Na Tabela 3 são apresentados os 15 melhores clones, com base em valores genotípicos de IMA, oriundos da avaliação de 240 clones, em diferentes testes clonais e idades. Observa-se que vários clones selecionados tiveram desempenhos superiores a clones comerciais, de domínio público, de excelente desempenho em regiões de Cerrado, como AEC 144 e AEC 224.

Tabela 3. Classificação dos clones e testemunhas, por incremento médio anual de madeira (IMA), pela análise conjunta de 240 clones em seis experimentos, em diferentes idades de avaliação.

Classificação	Idade (anos)	Clones ¹	Espécie	Efeito genotípico IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Média genotípica IMA (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)
1	12	AAC 549	<i>E. camaldulensis</i>	34,50	56,55
2	10	AAC 645	<i>E. urophylla</i>	33,50	55,56
3	10	AAC 594	<i>E. urophylla</i>	29,11	51,17
4	10	AAC 616	<i>E. urophylla</i>	27,70	49,76
5	13	AAC 30	<i>Eucalyptus</i> sp.	27,31	49,37
6	10	AAC 704	<i>E. urophylla</i>	24,37	46,43
7	13	AAC 143	<i>Eucalyptus</i> sp.	23,34	45,40
8	12	AAC 543	<i>E. camaldulensis</i>	23,30	45,36
9	13	AAC 13	<i>Eucalyptus</i> sp.	22,54	44,60
13	2,75	AEC 144 ²	<i>E. urophylla</i>	17,19	39,24
26	2,75	AEC 224 ³	<i>E. urophylla</i>	13,75	35,81
27	13	AAC 33	<i>E. camaldulensis</i> x <i>Eucalyptus</i> sp.	13,55	35,61
30	13	AAC 86	<i>E. camaldulensis</i> x <i>Eucalyptus</i> sp.	12,50	34,56
36	2,75	GG 100	<i>E. urophylla</i>	11,28	33,34
37	13	AAC 140	<i>Eucalyptus</i> sp.	11,26	33,32

¹Clones experimentais e testemunhas; ²AEC 144: (P 3334); ³AEC 224: (P 3335).

Após a comprovação da superioridade genética de vários clones, os mesmos têm sido amplamente plantados pela empresa em suas áreas comerciais (Tabela 4) além de cultivados por outras empresas nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Tocantins.

No decorrer dos anos, a melhoria nas técnicas silviculturais, aliada à seleção de árvores superiores e clonagem possibilitaram que o incremento médio anual de madeira (IMA) da Codemin passasse de $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para cerca de $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Assim, houve expressivo ganho em produtividade energética por hectare. Atualmente, o IMA no Estado de Goiás é estimado em $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em contexto nacional, o IMA de madeira é de $40,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (ANUÁRIO..., 2013). Portanto, observa-se que alguns avanços ainda podem e devem ser alcançados.

Tabela 4. Germoplasma clonal de eucaliptos avaliado, selecionado e utilizado nos cultivos comerciais da Codemin no período 1998 a 2011.

Espécie	Número de clones avaliados em teste clonal	Clones selecionados ou aptos para cultivo	Clones utilizados nos plantios comerciais
Híbridos	109	12	AAC 33; AAC 86 e AAC 117
<i>E. camaldulensis</i>	45	1	AAC 549
<i>E. urophylla</i>	104	14	AAC 33; AAC 86; AAC 117 e AAC 645

Os clones utilizados nos plantios comerciais têm como procedência sementes do IPEF e da então Acesita S.A os quais reúnem, notadamente da última, as melhores seleções dentro das procedências de *E. urophylla* plantadas em território brasileiro, sob elevado déficit hídrico. Por se tratar de clones/raças locais de excelente desempenho em volume de madeira, boa densidade básica e com tolerância à seca, os seus usos em recombinações

e cruzamentos com clones-elite de outras espécies potenciais não podem ser desprezados.

Outro aspecto a ser considerado é que os plantios comerciais seminais têm sido cortados e, aos poucos, estão sendo substituídos por clones. Algumas áreas com materiais de elevada tolerância ao estresse hídrico ainda devem ser amostradas e há possibilidades de seleção de árvores de elevado desempenho. Entretanto, a tentativa de reamostragem de plantios seminais para seleção de árvores superiores não deve promover ganhos adicionais, conforme relatado por Gonçalves et al. (2001). Além do que a clonagem é uma técnica fim de linha. Isto quer dizer que proporciona o máximo de ganho em uma única geração, não sendo possível ganhos adicionais.

Neste contexto, além da seleção clonal, é importante que seja conduzido programa de melhoramento baseado em seleção recorrente. Essa se caracteriza por qualquer processo cíclico de melhoramento que envolve a obtenção das progênies, avaliação e recombinação dos melhores indivíduos. Em consequência, é esperado aumento na frequência de alelos favoráveis que se manifestam por meio da melhoria da expressão fenotípica do caráter sob seleção (RAMALHO et al., 2012). Com isso, haverá não somente aumento na média do caráter de interesse, mas também manutenção da variabilidade genética para progressos futuros da seleção (HALLAUER, 1986). Desse modo, serão geradas, continuamente, novas combinações genotípicas e, conseqüentemente, obtidos ganhos genéticos adicionais.

Como já mencionado, a empresa conta com vários clones elite. Além do mais, o uso de outras espécies seria também interessante não somente para incremento em produtividade de madeira, mas também na complementariedade de características de qualidade de madeira, resistência à doenças, tolerância a déficit hídrico, dentre outras. Neste caso, uma estratégia

interessante de melhoramento seria a seleção recorrente intrapopulacional em populações sintéticas (SRIPS). Na Codemin, pretende-se conduzir duas SRIPS, sendo uma para espécies afins e com características complementares pertencentes ao gênero *Eucalyptus* e outra para *Corymbia*. Ressalta-se que não é possível o cruzamento entre espécies de diferentes gênero. Essa estratégia visa à formação de novas populações ou raças (dentro de cada gênero) e melhoramento do valor genético aditivo médio via SRI e, de forma indireta, do valor genotípico. Assim, as populações (dentro de cada gênero) seriam originárias de cruzamentos controlados em pomar *indoor* entre os melhores clones atualmente disponíveis (RESENDE; BARBOSA, 2005).

Além do mais, a SRIPS é uma estratégia aberta, isso quer dizer que novos clones da empresa e materiais interessantes também de outras empresas podem ser adicionados ao processo de forma contínua. Deste modo, a SRIPS proporciona maior variabilidade genética e heterozigose na população. A maior variabilidade culmina com possibilidade de obtenção e seleção de indivíduos segregantes transgressivos (superiores aos genitores) em termos de valor genético aditivo. A maior heterozigose possibilita aumentar o efeito de dominância ou contribuição dos locos em heterozigose e, conseqüentemente, contribui também para aumentar o valor genotípico dos indivíduos (RESENDE; BARBOSA, 2005).

Vale ressaltar que existem vários fatores que interferem no processo seletivo e o conhecimento dos mesmos é essencial, como forma de obter máximo de sucesso com a seleção. Ao se comparar o melhoramento de espécies anuais com perenes, observam-se que algumas diferenças não podem ser desprezadas. As principais peculiaridades das espécies perenes são ciclo longo, sobreposição de gerações, maior área experimental requerida, custos mais elevados para implantação e manutenção experimental, exposição constante das árvores à pragas, fogo e

à adversidades climáticas. Nessa análise, os dados são obtidos em grandes quantidades e os resultados da pesquisa gerados em médio e em longo prazo (DIAS; RESENDE, 2001).

O uso das técnicas de propagação vegetativa como clonagem e enxertia, da indução de florescimento por paclobutrazol e da polinização controlada por meio da protoginia artificialmente induzida (PAI), aplicada em pomares *indoor*, têm contribuído de forma substancial para redução do tempo gasto nos programas de melhoramento genético do eucalipto e, conseqüentemente, para a maximização dos ganhos (ASSIS et al., 2005; ASSIS; MAFIA, 2007).

Além disso, o rigor e a precisão na condução dos experimentos genéticos devem ser sempre almejados, principalmente porque qualquer deslize pode colocar em risco todo o trabalho (RESENDE, 2002). Assim, a avaliação genética deve ser criteriosa e bem estruturada, de forma que favoreça à obtenção de parâmetros genéticos confiáveis. Neste caso, o uso de procedimento ótimo de seleção, que maximiza a acurácia seletiva e é também adequado para dados desbalanceados, como a máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada (*Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction* – REML/BLUP) devem ser considerados (RESENDE, 2007a; RESENDE, 2007b).

Estabelecimento de cooperação entre Codemin e Embrapa Florestas

Numa estratégica visão de longo prazo, foi celebrado um contrato de cooperação técnica entre as duas empresas em 2008. Este contrato prevê execução de trabalhos de pesquisa em melhoramento genético por parte da Embrapa Florestas com suporte operacional da Anglo American.

O principal objetivo é disponibilizar materiais genéticos que propiciem incremento da produção florestal e melhoria da qualidade da madeira para múltiplos usos para as Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte-Nordeste brasileiras. Assim, não somente demandas da Codemin serão supridas, mas também de produtores rurais, de agricultores familiares e de outras empresas ligadas ao setor florestal. Com isso, várias ações têm sido executadas, como introduções de populações base de várias espécies de interesse para formação de raças locais e realização de cruzamentos, as quais serão descritas a seguir em ordem cronológica.

Teste de progênies híbridas de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*

Atualmente, estima-se que 80% dos plantios clonais brasileiros estão centrados na combinação de *E. urophylla* x *E. grandis*. As principais vantagens dessa combinação são rápido crescimento, adequadas propriedades tecnológicas da madeira, além de resistência à doenças e facilidade de enraizamento (FONSECA et al., 2010; PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011).

Em decorrência da importância desses híbridos, um teste de progênies foi implantado em dois ambientes da Codemin, Hortos Aranha e Rio Vermelho, em dezembro de 2009. Cada experimento é composto por 105 progênies híbridas de polinização aberta de *E. urophylla* e *E. grandis*. Maiores detalhes das áreas experimentais podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5. Caracterização edafoclimática dos ambientes de implantação dos testes de progênies de *E. grandis* e *E. urophylla*.

Características	Ambientes	
	Horto Aranha	Rio Vermelho
Latitude	14°20'14''S	14°29'49''S
Longitude	48°44'24''O	48°49'09''O
Altitude (m)	550 – 660	550 – 660
Topografia	Plana	Plana
Tipo de solo	Latossolo Vermelho Amarelo	Latossolo Amarelo
Precipitação média anual (mm)	475	475
Temperatura máxima (°C)	30,5	30,5
Temperatura mínima (°C)	20,2	20,2
Temperatura média (°C)	25,3	25,3

Por questões operacionais, a parcela é formada por 30 plantas em linha, em espaçamento de 3 m x 2 m. As mudas são provenientes de sementes colhidas em 72 matrizes de *E. grandis* e 34 de *E. urophylla*, em pomar de segunda geração de melhoramento da Embrapa Florestas, implantado em Goiânia, GO. A origem desse material remonta a sementes coletadas em árvores elites em diversos locais de Minas Gerais e São Paulo.

Em setembro de 2011, foi conduzida a avaliação dos experimentos por meio de seleção massal. As características avaliadas foram circunferência à altura do peito, forma do fuste e tolerância à doenças e cupins.

As árvores, de maneira geral, não apresentaram bom desempenho em Rio Vermelho, em virtude de secas de ponteiros decorrentes de períodos de déficit hídrico e/ou deficiências nutricionais. No entanto, ainda assim, foram selecionadas 21 árvores matrizes para a reprodução clonal. No Horto Aranha,

o qual obteve melhor desempenho, foram selecionados 82 candidatas a clones. Na Figura 4 pode-se observar um clone em desenvolvimento que foi utilizado como padrão

Por questões operacionais, essas árvores serão abatidas no segundo semestre de 2013. Em seguida, serão colhidos rebrotes para minijardim clonal, produção de mudas clonais e condução de teste clonal para avaliação do desempenho dos genótipos selecionados.



Foto: Estefano Paludzyszyn Filho

Figura 4. Clone experimental brs07-01 da Embrapa em teste clonal no Horto Aranha.

Teste de progênies de *Eucalyptus pellita*

A espécie *E. pellita* tem despertado interesse em virtude de possuir características atrativas, como adaptabilidade a vários ambientes, rápido crescimento, boa forma do fuste, capacidade de rebrota e variabilidade para resistência a doenças como ferrugem, causada pelo fungo *Puccinia psiddi*; murcha do eucalipto, causada por *Ceratocystis fimbriata* e mancha foliar, causada por *Cylindrocladium pteridis*. Há também relatos de que seja moderadamente resistente ao fungo *Cryphonectria cubensis*, causador do cancro (CAB INTERNATIONAL, 2000; GUIMARÃES et al., 2010). Entretanto, deve ser mencionado que possui crescimento inferior a outros materiais tradicionalmente cultivados no Brasil como *E. saligna*, *E. grandis* e *E. urophylla* x *E. grandis*.

Por estas razões, no Brasil, o seu uso tem sido estimulado em combinações híbridas interespecíficas. Alguns cruzamentos têm gerado clones com alto potencial de crescimento e com densidade da madeira em patamares bastante acima daqueles atingidos por clones de algumas empresas produtoras de carvão vegetal (ASSIS, 2012). Além do mais, híbridos como *E. pellita* x *E. grandis*, *E. pellita* x *E. saligna*, *E. pellita* x *E. tereticornis* são estratégicos ao se considerar ambientes com deficiência hídrica (BOTREL et al., 2007, BOTREL et al., 2010, PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011).

Atualmente, existem ações da Embrapa Florestas no sentido de estruturar populações-base de melhoramento de *E. pellita* adaptadas às condições tropicais do Centro-Oeste brasileiro. Desta forma, foram importadas sementes de *Mareeba*, *Queensland*, Austrália. Essas foram colhidas em árvores matrizes em pomar clonal de segunda geração de melhoramento, formado a partir de procedências de Papua Nova Guiné. Assim, experimentos compostos por 24 progênies de polinização aberta

foram instalados em Niquelândia e Rio Verde, Goiás e também em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, neste caso em área da Embrapa Agropecuária Oeste.

Em Niquelândia, os experimentos foram implantados nos Hortos Aranha e Rio Vermelho, no ano de 2009. Utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados, com quarenta repetições, parcelas de uma planta e espaçamento de 3 m x 3 m. Maiores detalhes das condições ambientais experimentais podem ser observados na Tabela 5.

Em meados do ano de 2012, ou seja, aos 2,5 anos de idade, foram coletados em campo dados de diâmetro à altura do peito, em centímetros. No processo seletivo para característica de crescimento foi utilizada seleção truncada. Assim, foram selecionados todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito igual ou superior a 8,6 cm. Esse critério de seleção foi estabelecido com base na média de desempenho de testes clonais multiespécies de indivíduos elite, implantados em adjacência aos testes de progênies. Dentre os selecionados, foram excluídos candidatos a clones que apresentaram, pelo menos, uma das seguintes características: fuste tortuoso, inclinado, ovalado, cônico, bifurcado, com grã retorcida, galho grosso e/ou incidência de pragas.

No Horto Aranha foram selecionados 33 candidatos a clones, sendo que as progênies 02, 04, 23 e 24 apresentaram melhor desempenho com seleção de, pelo menos, três indivíduos superiores em cada. Para este ambiente, o ganho estimado com a seleção dos melhores indivíduos foi de 6,47%. Em Rio Vermelho foram selecionados 39, com ganho estimado em 3,78%, sendo as progênies 05, 08, 15, 17 e 24 de maior destaque.

O Plano de Trabalho prevê que, em 2013, as melhores árvores sejam aneladas e/ou abatidas, sendo então colhidos rebrotes para minijardim clonal. Em seguida haverá produção de mudas clonais em quantidade suficiente para a condução de testes clonais, cujo objetivo é avaliar de forma comparativa o desempenho dos genótipos pré-selecionados nos testes. Serão também coletadas sementes nas árvores elite selecionadas como forma de preparar porta-enxertos para uso futuro no programa de melhoramento genético. No momento do abate serão também coletadas partes aéreas para enxertia nos porta-enxertos e uso em pomar de cruzamento *indoor*.

As sementes coletadas em árvores selecionadas, oriundas de polinização aberta, poderão também ser usadas na seleção recorrente intrapopulacional de *E. pellita*.

População de *Eucalyptus cloeziana*

A espécie *E. cloeziana* apresenta uma série de atributos que a torna especial, não somente para uso energético da madeira, como também para construção civil pesada, serraria, dormentes, postes e mourões (GOLFARI et al., 1978; BOLAND et al., 2006). Normalmente, a forma do fuste é excepcional, com toras de alto aproveitamento no processamento mecânico (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006). Com relação à qualidade da madeira, o alburno tem a peculiaridade de não ser suscetível ao ataque de brocas. O cerne caracteriza-se por apresentar cor amarelo-amarronzada, com elevada densidade básica (0,855 a 1,140 g cm⁻³), extremante durável e resistente a cupins (BOLAND et al., 2006). A madeira adulta (cerne periférico) de *E. cloeziana* é classificada como altamente durável ao ataque exclusivo de fungos e também ao ataque de fungos e cupins, simultaneamente (COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION, 1997).

Neste cenário, foi instalada uma população dessa espécie no Horto Aranha em 2009. As mudas seminais foram formadas a partir de sementes coletadas em matrizes de testes experimentais de primeira geração em São Paulo e Minas Gerais.

Essa unidade de melhoramento tem por objetivo a seleção massal de árvores superiores, coleta de propágulos vegetativos para futura comprovação de desempenho em testes clonais e coleta de sementes, para avaliação em testes de progênie e avanço de gerações de melhoramento via seleção recorrente intrapopulacional (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011).

Espécies pertencentes ao gênero *Corymbia*

Atualmente, há consenso por parte de pesquisadores de instituições brasileiras de pesquisa públicas e privadas sobre o enorme potencial a ser explorado com combinações híbridas entre espécies do gênero *Corymbia*. Isso porque apresentam madeiras apropriadas para diversos segmentos, incluindo o energético. As espécies do gênero *Corymbia* apresentam estimativas de densidade básica da madeira de elevada magnitude quando comparadas a muitas espécies do gênero *Eucalyptus* atualmente em uso. Além do mais, cruzamentos entre *C. torelliana* e espécies como *C. citriodora* e *C. maculata* têm apresentado forte heterose ou vigor híbrido e as chances de clonagem em níveis operacionais melhoram consideravelmente, em virtude da participação de *C. torelliana* no cruzamento. Essa característica, normalmente, é repassada aos seus híbridos interespecíficos (LEE et al., 2005; LEE, 2007; ASSIS, 2012).

Neste contexto, esforços têm sido direcionados pela Anglo e Embrapa na identificação de híbridos interespecíficos espontâneos entre *C. torelliana* e *C. citriodora* e de árvores de bom desempenho em populações puras existentes para uso em futuras polinizações controladas em pomar de cruzamento *indoor*.

Assim, no ano de 2012, foram selecionadas vinte árvores matrizes de *C. citriodora*, com bom incremento em volume de madeira, forma do fuste e ausência de pragas em plantio linear estabelecido ao redor do campo de futebol no Horto Aranha. Em virtude da proximidade entre populações de *C. citriodora* e *C. torelliana*, sementes foram colhidas com finalidade de identificar possíveis híbridos de *C. citriodora* x *C. torelliana*. A confecção de porta-enxertos de sementes colhidas e a coleta da parte aérea de árvores selecionadas de *C. citriodora* para enxertia e uso em pomar *indoor* têm sido realizadas.

A população de *C. torelliana* foi implantada no Horto Aranha (Projeto XIIA – Talhão 26), em dezembro de 1996, em espaçamento de 3 m x 2 m, totalizando 7,11 ha. As sementes são oriundas da Empresa Celulose Nipo-Brasileira (Cenibra), localizada em Belo Oriente, Minas Gerais.

Na avaliação de 2012, ou seja, aos 16 anos de idade, observou-se que a população apresentava considerável variabilidade fenotípica. No entanto, os indivíduos estavam sob forte competição, devido ao espaçamento em linha ser de apenas um metro entre plantas. A maioria das árvores estavam bifurcadas no ápice e com elevada incidência de tortuosidades. Notou-se também presença de saliências/protuberâncias no fuste em alguns indivíduos. Essas consistem em cicatrizes de galhos grossos e ocorre porque *C. torelliana* tem floração terminal (apical), que paralisa seu crescimento no processo de florescimento e frutificação. Como isso leva à perda da dominância apical, o engrossamento excessivo de galhos é comum em algumas plantas. Este hábito não é apresentado pela maior parte dos híbridos interespecíficos de *C. torelliana*¹.

Após abate das árvores inferiores, restaram doze árvores matrizes de *C. torelliana* em campo para formação do pomar de produção de sementes. Com finalidade de identificar possíveis

¹ Comunicação pessoal do pesquisador Teotônio Francisco Assis (Assistech Ltda.), em Janeiro de 2013.

híbridos de *C. torelliana* x *C. citriodora*, sementes também foram colhidas nas árvores abatidas de *C. torelliana*.

Ainda em 2013, sementes melhoradas serão colhidas nas árvores matrizes selecionadas. A partir dessas sementes, serão também confeccionados porta-enxertos para uso em pomar de cruzamento *indoor*. Por meio de resgate de ramos da copa, serão confeccionados enxertos das árvores superiores.

A partir das sementes de segunda geração de melhoramento, uma população de *C. torelliana* será também implantada. O objetivo é identificação de indivíduos superiores para usos futuros em cruzamentos interespecíficos.

Em dezembro de 2009, foram também instaladas duas populações base de melhoramento de *C. maculata* de germoplasma da Embrapa nos Hortos Aranha e Rio Vermelho. Maiores detalhes das condições ambientais experimentais podem ser observados na Tabela 5. As sementes utilizadas nestes experimentos são procedentes de coleta efetuada em banco de conservação de *C. maculata* em Piraju, São Paulo. Cada população ocupa área de um hectare, em espaçamento de 3 m x 2 m.

O objetivo dessas populações é a seleção massal das melhores matrizes para coleta de sementes e clonagem. As sementes melhoradas poderão ser utilizadas no processo de seleção recorrente e os clones serão avaliados em testes clonais para confirmação da superioridade genética. Vislumbra-se também coleta de partes áreas das árvores selecionadas para enxertia e uso em pomar *indoor* a ser instalado na Codemin.

Teste de progênies de *Eucalyptus crebra*

A espécie *E. crebra* tem sido pouco explorada no Brasil. Entretanto, trata-se de espécie potencial para locais com risco de deficiência hídrica e com altas temperaturas. Essas características a tornam atrativa para uso na prospecção de genes de tolerância ao déficit hídrico e, conseqüentemente, possíveis usos em árvores geneticamente modificadas. Cruzamentos controlados também poderão ser testados como forma de transferir alelos de tolerância a déficit hídrico para árvores-elite de outras espécies.

No que concerne à produção de madeira para uso energético, *E. crebra* é também uma espécie interessante em virtude da elevada densidade básica (pode chegar a $0,91 \text{ g cm}^{-3}$) e considerável poder calorífico (OLIVEIRA et al., 2010).

Apesar da inexistência de ações de melhoramento para a espécie e, conseqüentemente, de árvores de bom desempenho, a avaliação do comportamento de *E. crebra* na região de Niquelândia é uma alternativa interessante. A seguir são apresentados mapas de localização de Niquelândia em contexto nacional e estadual e também do Zoneamento Bioclimático de Reflorestamentos no Brasil de Golfari (1978) e corroborado por Alvares e Stape (2012).

Observa-se que a localidade de Niquelândia, muito provavelmente, está inserida na Região Bioclimática 22, que abrange o norte do Maranhão, Goiás e oeste da Bahia (Figura 5). Essa Região se caracteriza por possuir altitudes que variam entre 0 m e 900 m, com fitofisionomias de Cerrado, mata de babaçu e floresta semcaducifólia de baixa altitude; clima tropical e subúmido a úmido; temperaturas médias anuais em intervalo de 25 °C a 27 °C; ausência de geadas; precipitação média anual entre 1.200 mm e 1.500 mm, regime de precipitação periódico

e deficiência hídrica que oscila de moderada a forte. Para essa região são recomendadas espécies como *E. tereticornis* - Procedência: *Cooktown*; *E. camaldulensis* - Procedência: *Petford* (Queensland); *E. pellita* - Procedência: *Coen* (Queensland); *E. brassiana*, *E. nesophylla* e *E. crebra* (GOLFARI,1978).

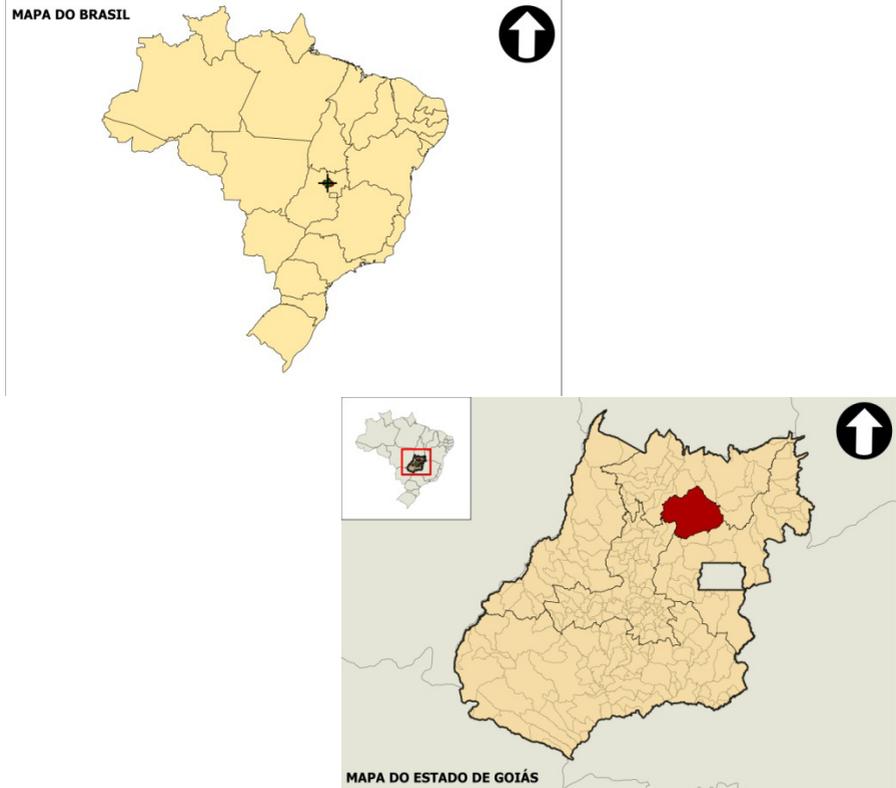


Figura 5. Localização do Município de Niquelândia no Brasil e no Estado de Goiás.

Crédito: Daniel Chaves Webber – Embrapa Pesca e Aquicultura.

Em fevereiro de 2013, no Horto Aranha (Projeto XVIII-A) (Tabela 5), foi implantado um teste com 31 progênies de polinização aberta de *E. crebra*. Para tanto, foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com 30 repetições e parcelas de uma planta, em espaçamento de 3 m x 2 m. Foram utilizados como testemunhas cinco clones comerciais: AAC 30, AAC 33, AAC 86, AAC 117 e AAC 645. A partir de sementes importadas pela Embrapa Semiárido e fornecidas pela Embrapa Florestas, as mudas foram produzidas no viveiro do Horto Aranha. O objetivo consiste em formação de população base de melhoramento tolerante ao estresse hídrico, situação bastante comum na região, seleção de indivíduos para clonagem e testes de comprovação de superioridade em ambientes contrastantes.

Uma avaliação de desempenho inicial foi conduzida em julho de 2013, ou seja, ao final da estação chuvosa. Conforme esperado, foi observada elevada variabilidade de tipos (Figura 6), sendo que os indivíduos de *E. crebra* apresentaram altura igual a 1,43 m (Figura 7). Conforme esperado, o desempenho das testemunhas (clones obtidos localmente) foi bastante superior (3,05 m), Entretanto, conforme já ressaltado, a espécie apresenta elevada aptidão para condições restritivas de disponibilidade de água e servirá de base para estudos de prospecção de genes de tolerância a estresses hídricos.

A próxima avaliação do experimento está prevista para o final da estação seca. Posteriormente, avaliações similares deverão ser conduzidas duas vezes ao ano.

Foto: Estefano Paludzyszyn Filho



Figura 6. Variabilidade morfológica em *E. crebra*.

Foto: Estefano Paludzyszyn Filho



Figura 7. Planta típica de *E. crebra* aos 4 meses de idade.

Avaliação de clones em cultivo *in vitro*

A Embrapa Florestas tem conduzido pesquisas de introdução dos genes *DREB1A* e *DREB2A*, via *Agrobacterium tumefaciens*, em clones pertencentes ao gênero *Eucalyptus*. O objetivo final consiste em avaliação das respostas de estresses abióticos do eucalipto em campo.

Para isso, os clones da Codemin: AAC 33 e AAC 86 e também de domínio público AEC 144 foram introduzidos no cultivo *in vitro*. O AEC 144 foi utilizado em virtude da recalcitrância ao cultivo *in vitro* apresentada pelo gênero *Eucalyptus*. Assim, em primeira etapa, o projeto prevê a inserção dos genes de interesse em clones de domínio público e que apresentam melhor regeneração *in vitro*.

Como resultados iniciais da introdução, a porcentagem de estabelecimento foi de 35% para o clone AAC 86; 15%, para AAC 33 e 27%, para AEC 144 (avaliado como explante com brotações, 30 dias após a introdução). Atualmente, o clone AAC 33 está em meio de multiplicação *in vitro*. Este tem sido mantido em condições *in vitro* há mais de dois anos².

No decorrer dos experimentos, a contaminação por fungos tem se destacado como a principal causa de perdas.

Qualidade da madeira para uso energético

Nos programas de melhoramento genético do eucalipto, as características de crescimento, forma, adaptabilidade e resistência a doenças sempre estiveram em evidência, devido à maior facilidade de seleção e também ao interesse das empresas centrarem-se, na maioria dos casos, em incremento de volume de madeira. Vale destacar que o sucesso obtido para esse

²Comunicação pessoal da pesquisadora da Embrapa Florestas, Juliana Degenhardt Goldbach, em 10.05.2013.

caráter foi enorme (SILVA; BARRICHELO, 2006; ASSIS; MAFIA, 2007; RESENDE et al., 2011).

Com demandas por maior eficiência, ganhos de produção e redução dos custos no processo industrial, tem-se requerido uma maior interação entre os setores de produção florestal e industrial. Essa interação tem se intensificado nos últimos anos para obtenção de uma matéria prima com características adequadas aos diferentes segmentos.

Para uso energético da madeira, além do volume, tem sido enaltecida a relevância de características como densidade básica, teor de lignina, poder calorífico e teor de carbono fixo (FONSECA et al., 2010).

Ressalta-se que quanto maior a umidade presente na madeira, maior quantidade de calor é gasta inutilmente para evaporação de água. Esse fato resulta em maior consumo de madeira para fornecimento de energia no processo de termorredução no interior do alto forno, prejudicando o seu rendimento industrial.

A densidade básica pode ser definida como a relação entre massa de madeira seca em estufa e o seu volume, obtido acima do ponto de saturação das fibras. Essa é resultante das características anatômicas e da composição química da madeira (SHYMOYAMA; BARRICHELLO, 1989). Deste modo, é uma característica que afeta os custos de corte e transporte da madeira. Em vista da maior quantidade de energia contida em um volume específico de madeira, uma floresta produzirá maior quantidade de calorías por unidade de área. Portanto, o custo de cada unidade energética produzida será menor, visto que as operações florestais serão executadas em mesmo volume de madeira com produção maior de energia (ASSIS, 1996).

A quantidade de carbono por metro cúbico é maior em madeiras de densidade mais alta. Este fato tem reflexos importantes no processo de redução, uma vez que os altos fornos terão maior produtividade com a utilização madeira de maior densidade. Paralelamente, ocorrerá um aumento de produtividade dos altos fornos, uma vez que seu volume interno será menos comprometido, já que madeira mais densa ocupa menos espaço para uma mesma produção de ferro gusa (ASSIS, 1996).

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia liberada pela combustão completa de uma unidade de massa. No entanto, o poder calorífico depende do teor de carbono fixo que por sua vez é função da temperatura final de carbonização. Além do mais, está associado com o teor de umidade e também com teores de extrativos, lignina, celulose e hemicelulose presentes na madeira (PINHEIRO et al., 2008).

Considerações finais

Por meio da parceria, importantes resultados têm sido obtidos. Vários experimentos foram implantados, dentre os quais tem-se: i) teste de progênies de polinização aberta de *E. pellita* em quatro ambientes distintos (Niquelândia - Hortos Aranha e Rio Vermelho; Ponta Porã, Mato Grosso do Sul e Rio Verde, Goiás); ii) teste de progênies híbridas de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, em Rio Verde; iii) testes de clones da Embrapa, em Ponta Porã e Rio Verde; iv) teste de progênies de *E. crebra*, em Niquelândia e v) populações de *E. cloeziana* e *C. maculata*, em Niquelândia. Além de concessão de propágulos na forma de mudas para instalação de um teste composto por 61 clones experimentais da Codemin, em Rio Verde.

Clones potenciais de eucalipto podem ainda ser identificados em plantios comerciais seminais da Codemin. Entretanto, é sabido que a reamostragem desses plantios não deve trazer ganhos adicionais. Além do que, os plantios seminais serão extintos,

em médio prazo. Essas informações esgotam a possibilidade de que novos clones possam ser identificados nessas áreas. Assim, tornou-se relevante que um programa de melhoramento genético fosse estabelecido.

O contrato de cooperação técnica com a Embrapa tem possibilitado a estruturação de uma rede experimental de melhoramento que irá garantir aumento da produtividade, melhoria das propriedades tecnológicas da madeira, resistência a doenças e tolerância ao déficit hídrico, em médio e longo prazos.

Há clones/raças locais na Codemin que apresentam grande valor em recombinações e em cruzamentos interespecíficos. Portanto, são muito úteis no programa de melhoramento.

Várias espécies pertencentes aos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*, antes não utilizadas pela Codemin, foram introduzidas pela Embrapa e se encontram em fase de testes, como forma de agregar valor aos novos clones a serem obtidos e conseqüentemente, melhor atendimento das demandas.

A seleção recorrente intrapopulacional em populações sintéticas, estratégia de melhoramento adotada, será conduzida entre espécies afins e complementares pertencentes ao gênero *Eucalyptus* e também em *Corymbia*.

No programa de melhoramento de eucalipto estabelecido, o uso de ferramentas como propagação vegetativa com uso de clonagem e/ou enxertia, indução de florescimento e da polinização controlada, por meio da protoginia artificialmente induzida (PAI), em pomar *indoor* contribuirão, de forma substancial, para a redução do tempo gasto no programa de melhoramento genético do eucalipto e conseqüentemente, para a maximização dos ganhos.

Em médio e longo prazos, os clones e/ou cultivares de eucaliptos a serem gerados visam atender não somente às demandas da empresa, mas também de produtores rurais, de agricultores familiares e de outras empresas ligadas ao setor florestal das Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte-Nordeste brasileiras.

Agradecimentos

Os autores agradecem a participação efetiva na consolidação da parceria aos colegas da Embrapa, Abílio Rodrigues Pacheco e Ailton Vítor Pereira, lotados no Escritório de Negócios de Goiânia da Embrapa Produtos e Mercado, e ao Engenheiro Florestal Ademir Forlin, colega aposentado da Anglo American Níquel do Brasil - Codemin- e aos demais funcionários do Horto Aranha. Destaca-se também o empenho na avaliação dos testes experimentais, em 2012, da pesquisadora Marina Moura Morales, da Embrapa Florestas, lotada na Embrapa Agrosilvipastoril em Sinop, MT.

Referências

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 442 p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L. **Zoneamento bioclimático de reflorestamentos no Brasil**. Piracicaba: IPEF, 2012. Disponível em: < http://www.ipef.br/geodatabase/repository/651da1d8va615cz1ad1da8s4rq8146a1dsa2132c1zn1/bra_1_zoneamento.pdf > Acesso em: 7 dez. 2012.

ANUÁRIO Estatístico da ABRAF: ano base 2012. Brasília, DF: ABRAF, 2013. 148 p. Disponível em: < http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf >. Acesso em: 20 jun. 2013.

ASSIS, T. F. **Relatório de visita referente à consultoria realizada no programa de parceria entre Embrapa Florestas, Comigo e Anglo American**. 2012. 20 p. Não publicado.

ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 93-121.

ASSIS, T. F.; WARBURTON, P.; HARWOOD, C. Artificially induced protogyny: an advance in the controlled pollination of *Eucalyptus*. **Australian Forestry**, Melbourne, v. 68, n. 1, p. 27-33, 2005.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 189, n. 185, p. 32-51, 1996.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma Press, 2002.

BOLAND, D.; BROKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Melbourne: CSIRO, 2006. 736 p.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; SILVA, J. R. M. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.

BOTREL, M. C. G.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; SILVA, J. R. M. Seleção de clones de *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade da madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 38, n. 86, p. 237-245, 2010.

CAB INTERNATIONAL. **Forestry compendium global module**. Wallingford, UK, 2000.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. **Revised CSIRO natural durability classification in ground durability ratings for mature outer heartwood.** Clayton, 1997.

DIAS, L. A. S.; RESENDE, M. D. V. Estratégias e métodos de seleção. In: DIAS, L. A. S. (Ed.). **Melhoramento genético do cacauzeiro.** Viçosa, MG: FUNAPE, 2001. p. 217-287.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS = CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Proceedings... = Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 1. p. 14-34.

FONSECA, S. M. da; RESENDE, M. D. V. de; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. da S.; ASSIS, T. F. de; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto.** Viçosa, MG: UFV, 2010. 200 p.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil.** Belo Horizonte: PRODEPEF, 1978. 66 p. (PRODEPEF. Série técnica, 11).

GONÇALVES, F. M. A.; REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, F. L. G.; RAMALHO, M. A. P. Progresso genético por meio de seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, p. 295-301, 2001.

GUIMARÃES, L. M. S.; TITON, M.; LAU, D.; ROSSE, L. N.; OLIVEIRA, L. S. S.; ROSADO, C. C. G.; CHRISTO, G. G. O.; ALFENAS, A. C. *Eucalyptus pellita* as a source of resistance to rust, ceratocystis wilt and leaf blight. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, p. 124-131, 2010.

HALLAUER, A. R. Compedium of recurrent selection methods and their applications. **Critical Review in Plant Science**, Boca Raton, v. 3, p. 1-33, 1986.

LEE, D. J. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand. 2: development of *Corymbia* species and hybrids for plantations in eastern Australia. **Australian Forestry Journal**, Sydney, v. 70, n. 1, p. 11-16, 2007.

LEE, D.; NIKLES, G.; POMROY, P.; BRAWNER, J.; WALLACE, H.; STOKOE, R. *Corymbia* species and hybrids: a solution to queensland hardwood plantations? In: QUEENSLAND. Department of Primary Industries and Fisheries. **Corymbia Research Meeting**: underpinning development of a profitable hardwood plantation industry in northern Australia by research into *Corymbia* species and hybrids. Gympie, Queensland, 2005. p. 5-7.

OLIVEIRA, V. R. de; NASCIMENTO, C. E. de S.; DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. SANTOS, P. E. T. dos. *Eucalyptus crebra*: espécie com potencial energético para a região semiárida brasileira. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 4 p.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas**: resultados e perspectivas. Curitiba: Embrapa Florestas. 2011. 66 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 214).

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C.

A. Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná.

Curitiba: Embrapa Florestas. 2006. 45 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 129).

PINHEIRO, P. C. C.; SAMPAIO, R. dos S.; REZENDE, M. E. A.

A produção de carvão vegetal: teoria e prática. 2 ed. rev. ampl.

Belo Horizonte, 2008. 120 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ABREU, A. de F.,

B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no**

melhoramento de plantas. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

RESENDE, M. D. V.; PIRES, I. E.; SILVA, R. L. Melhoramento do

Eucalipto. In: LOPES, M. A.; FAVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J.

F.; FALEIRO, F. G. (Ed). **Pré-melhoramento de plantas: estado da**

arte e experiências de sucesso. Brasília, DF: Embrapa Informação

tecnológica; Embrapa Cerrados, 2011. p. 413-440.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística**

no melhoramento de plantas perenes. Brasília, DF: Embrapa

Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

975 p.

RESENDE, M. D. V. de. **Matemática e estatística na análise de**

experimentos e no melhoramento genético. Colombo: Embrapa

Florestas, 2007a. 560 p.

RESENDE, M. D. V. de. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema**

estatístico e seleção genética computadorizada via modelos

lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b.

RESENDE, M. D. V; BARBOSA, M. H. P. **Melhoramento genético**

de plantas de propagação assexuada. Colombo: Embrapa

Florestas, 2005. 130 p.

SHIMOYAMA, V. R. de S.; BARRICHELO, L. E. G. Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 20, p. 1-22, 1989.

SILVA, P. H. M.; BARRICHELO, L. E. G. Progressos recentes na área florestal. In: PATERNIANI, E. (Ed). **Ciência, Agricultura e Sociedade**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 439-456.

Embrapa

Florestas

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 10977