

**Base de melhoramento genético de *Eucalyptus* e *Corymbia* em Rio Verde,GO**  
**Resultados parciais da cooperação técnica entre Embrapa Florestas e Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano - COMIGO**



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

## **Documentos 271**

# **Base de melhoramento genético de *Eucalyptus* e *Corymbia* em Rio Verde, GO**

## **Resultados parciais da cooperação técnica entre Embrapa Florestas e Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano - COMIGO**

Estefano Paludzyszyn Filho  
Ubirajara Silva de Oliveira  
Paulo Eduardo Telles dos Santos  
Cristiane Aparecida Fioravante Reis  
Alisson Moura Santos  
Edson Alves de Lima

Embrapa Florestas  
Colombo, PR  
2014

## **Embrapa Florestas**

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,

83411-000, Colombo, PR - Brasil

Caixa Postal: 319

Fone/Fax: (41) 3675-5600

[www.embrapa.br/florestas](http://www.embrapa.br/florestas)

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac/](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/)

## **Comitê de Publicações da Unidade**

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 Schuhl, 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: Rafeale Crisostomo Pereira

Ficha catalográfica: Elizabeth D. Roskamp Câmara

Fotos da capa: Estefano Paludzyszyn Filho (à direita e centro) e

Alisson Moura Santos (à esquerda)

## **1ª edição**

Versão eletrônica (2014)

### **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 de melhoramento genético de *Eucalyptus* e *Corymbia* em Rio Verde, Goiás: resultados parciais da cooperação técnica entre Embrapa Florestas e Cooperativa Agroindustrial dos Produtores rurais do sudoeste Goiano - COMIGO [recurso eletrônico] / Estefano Paludzyszyn Filho... [et al.]. Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2014.  
(Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 271)

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: 25 fevereiro 2015).

1. *Eucalyptus*. 2. *Corymbia*. 3. Melhoramento genético vegetal. I. Paludzyszyn Filho, Estefano. II. Oliveira, Ubirajara Silva de. III. Santos, Paulo Eduardo Telles dos. IV. Reis, Cristiane Aparecida Fioravante. V. Santos, Alisson Moura. VI. Lima, Edson Alves de. VII. Série.

CDD 634.973766 (21. ed.)

# **Autores**

## **Estefano Paludzyszyn Filho**

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

## **Ubirajara Silva de Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, Gerente Florestal  
da Cooperativa Comigo, Rio Verde, GO,  
comigoflorestal@hotmail.com

## **Paulo Eduardo Telles dos Santos**

Engenheiro Florestal, Doutor em Genética e  
Melhoramento de Plantas,  
Pesquisador da Embrapa Florestas,  
paulo.telles@embrapa.br

## **Cristiane Aparecida Fioravante Reis**

Engenheira florestal, Doutora em Genética e  
Melhoramento de Plantas,  
Pesquisadora da Embrapa Florestas,  
cristiane.reis@embrapa.br

**Alisson Moura Santos**

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

**Edson Alves de Lima**

Licenciado em Ciências Agrícolas,  
Doutor em Produção Vegetal,  
Pesquisador da Embrapa Florestas,  
edson.lima@embrapa.br

# Apresentação

Com o constante incremento na demanda por madeira, principalmente de eucalipto, adicionando a carência de genótipos melhor adaptados às condições ambientais do Centro-Oeste, surgimento de novas pragas e de possíveis desafios climáticos, é necessário o melhoramento genético permanente das espécies florestais cultivadas. Nesse cenário, a Embrapa Florestas tem conduzido ações direcionadas à formação de raças locais e/ou seleção de clones mais adaptados a essa Região. Assim, uma rede de experimentos com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* vem sendo conduzida em cooperação técnica com a Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano - COMIGO, localizada em Rio Verde, Goiás. Com isso, espécies florestais de reconhecida vocação para uso energético e outras potenciais foram contempladas na estruturação dos experimentos. Neste documento são apresentados resultados parciais dessa cooperação, a qual vem beneficiando o setor cooperativo produtor de grãos do Centro-Oeste, bem como produtores e consumidores de madeira de modo geral.

Sergio Gaiad  
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento  
Embrapa Florestas



# Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Uso da madeira e plantios de eucalipto na COMIGO</b> ..	<b>11</b>
<b>3. Condições ambientais nas fazendas florestais da COMIGO</b> .....	<b>16</b>
<b>4. Características de interesse para uso energético da madeira</b> .....	<b>17</b>
<b>5. Cooperação entre Embrapa Florestas e COMIGO</b> .....	<b>22</b>
<b>6. Melhoramento genético do eucalipto</b> .....	<b>23</b>
6.1. Testes de progênies híbridas de <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	28
6.1.1. Procedência Goiânia, GO .....	30
6.1.2. Procedência Campo Grande, MS .....	31
6.2. Teste de progênies multiespécies - Procedência Açailândia, MA .....	32
6.3. Teste de progênies de polinização aberta de <i>Eucalyptus pellita</i> .....	34
6.4. Testes clonais de eucaliptos multiespécies .....	40
6.5. Teste clonal Fase I .....	41
6.6. <i>Eucalyptus cloeziana</i> .....	41
6.7. Espécies pertencentes ao gênero <i>Corymbia</i> .....	43
<b>7. Considerações gerais</b> .....	<b>50</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>51</b>
<b>Referências</b> .....	<b>52</b>



# **Base de melhoramento genético de *Eucalyptus* e *Corymbia* em Rio Verde, Goiás**

**Resultados parciais da cooperação técnica entre Embrapa Florestas e Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano - COMIGO**

---

*Estefano Paludzyszyn Filho*

*Ubirajara Silva de Oliveira*

*Paulo Eduardo Telles dos Santos*

*Cristiane Aparecida Fioravante Reis*

*Alisson Moura Santos*

*Edson Alves de Lima*

## **1. Introdução**

O Estado de Goiás está situado na região Centro-Oeste do Brasil e ocupa uma área territorial de 340.111,783 km<sup>2</sup>, sendo o sétimo estado em extensão territorial (IBGE, 2012; GOIÁS, 2010). Além da extensa área territorial e da localização geográfica privilegiada no âmbito do agronegócio brasileiro, caracteriza-se também por apresentar considerável percentual de áreas degradadas, potencialmente aptas a recuperação mediante o uso de espécies florestais, existindo condições de clima e solo bastante favoráveis a esses cultivos. Entre elas, destacam-se solos predominantemente classificados como latossolo, topografia de baixa declividade, formada por terras planas (chapadões) e clima com duas estações bem definidas, sendo um período marcadamente chuvoso e outro com baixos índices pluviométricos (GOIÁS, 2010).

Embora essa região apresente condições ambientais favoráveis ao cultivo de florestas de produção, essa atividade permaneceu pouco desenvolvida durante muitos anos (IBGE, 2012). Isso se deve, principalmente, em razão da elevada disponibilidade de recursos madeiráveis nativos, da distância de Goiás das principais unidades industriais do segmento de florestas plantadas, bem como dos mercados fornecedores de insumos e dos grandes consumidores brasileiros.

No decorrer dos anos, com o intenso desenvolvimento dos setores agrícola, industrial e mineral alcançado pelo Estado de Goiás, além do esgotamento de recursos madeiráveis nativos, da restrição no uso de madeira oriunda de extrativismo e também do aumento populacional, a silvicultura com eucalipto tem se expandido de forma expressiva, principalmente para atender as demandas por biomassa para uso energético (IBGE, 2012; GOIÁS, 2013). Atualmente, o estado é um dos líderes no ranking nacional da produção de *commodities* minerais e agrícolas, além de produtos pecuários (INDICADORES, 2013). O Município de Rio Verde, por exemplo, desfruta da terceira colocação no ranking dos municípios brasileiros com maior produção de madeira na forma de lenha, com total estimado em 800.000 m<sup>3</sup> (IBGE, 2012). Localizado na região sudoeste de Goiás, é o segundo município mais competitivo do estado, com crescimento agrícola acentuado nas últimas três décadas, além de agroindústrias de produção de óleo de soja e também, mais recentemente, criação intensiva de suínos e aves (GOIÁS, 2010).

Com o constante incremento na demanda por madeira, principalmente de eucalipto, além da carência de genótipos mais bem adaptados às condições ambientais do Centro-Oeste, surgimento de novas pragas e de possíveis desafios climáticos, é necessário o melhoramento genético permanente das espécies florestais cultivadas. Nesse cenário, a Embrapa Florestas tem conduzido algumas ações para a formação de

raças locais e/ou clones mais adaptados a essa Região. Assim, uma rede de experimentos com eucalipto tem sido conduzida em cooperação técnica com instituições de forte participação no contexto regional, entre elas a Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano - COMIGO, localizada em Rio Verde. Com isso, espécies florestais de reconhecida vocação para uso energético e outras potenciais foram contempladas na estruturação dos experimentos. Neste documento são apresentados resultados parciais do trabalho de melhoramento genético de eucalipto desenvolvido em parceria com a Cooperativa COMIGO, a qual vem beneficiando o setor cooperativo produtor de grãos do Centro-Oeste, bem como produtores e consumidores de madeira de modo geral.

## **2. Uso da madeira e plantios de eucalipto na COMIGO**

A Cooperativa COMIGO é uma entidade que, além da recepção de grãos de aproximadamente 6.000 cooperados, atua na industrialização e comercialização de vários produtos, como óleo vegetal e farelo de soja, produtos lácteos, fertilizantes, rações, suplementos minerais e sabões. Com isso, para a fabricação dos diversos itens de seu portfólio de produtos, a Cooperativa necessita de biomassa florestal para geração de vapor industrial.

A combustão direta da madeira é o processo mais econômico e utilizado para obtenção de energia e, por esta razão, foi adotado pela Cooperativa no aquecimento da água em caldeira para geração de vapor. Alguns aspectos tornam o uso da madeira como combustível bastante atraente, tais como: i) fonte de energia renovável, ou seja, a emissão de dióxido de carbono para a atmosfera, resultante da queima da biomassa, é compensada pela captação durante o crescimento de novas árvores; ii) quantidade ínfima de enxofre liberado na combustão, com isso há menores problemas de poluição em relação aos combustíveis fósseis e iii) baixo teor de cinzas, o que reduz incrustações nos

equipamentos e nas tubulações, quando queimados em caldeiras e em fornalhas (QUIRINO et al., 2004; BARCELLOS et al., 2005).

No processo de produção atual, ao atingir a idade de seis anos, a madeira é cortada, seca em condições naturais e cavaqueada. Os cavacos consistem em pedaços de madeira com cerca de 6 mm de espessura por 20 mm a 60 mm de comprimento. Após ser cavaqueada, a madeira é usada no aquecimento da água e geração de vapor na caldeira.

Em razão do rápido crescimento, boa produtividade de madeira e ciclos de curta duração, o eucalipto foi escolhido para suprimento da demanda energética em seu processo industrial. Em 1984, os primeiros 70 hectares foram plantados com mudas seminais de *E. urophylla*. Entretanto, esse tipo de plantio é caracterizado pela alta desuniformidade do crescimento das árvores, o que gera forte competição entre elas, resultando, conseqüentemente, em baixa produtividade de madeira, alcançando 27 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em média. Esse problema é mais acentuado quando se utiliza sementes e/ou clones desenvolvidos fora da região de plantio.

Na busca de maiores produtividades de madeira e sustentabilidade da produção, a Cooperativa também tem investido no aprimoramento técnico do cultivo de eucaliptos no decorrer dos anos. Em 2007, os primeiros plantios clonais são iniciados. Com isso, houve progressos notáveis no viveiro da Cooperativa, por meio da adoção da clonagem por miniestaquia (Figuras 1 e 2). Entretanto, problemas de adaptação dos clones introduzidos persistiam por nem sempre apresentarem desenvolvimento adequado na região. Mesmo assim, a COMIGO, acreditando no desenvolvimento do setor a partir do melhoramento genético e da aplicação de silvicultura moderna, investiu em instalações propícias para a produção de 600.000 a 800.000 mudas clonadas por ano, com vistas a atender ao plantio de mais de 300 hectares anuais.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 1.** Minijardim clonal sob estrutura protetiva na Fazenda COMIGO Florestal II, em Rio Verde, GO. Nesse sistema são multiplicadas as mudas destinadas aos plantios comerciais.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 2.** Mudas clonais para plantios comerciais em área de pleno sol em viveiro, localizado na Fazenda COMIGO Florestal II, em Rio Verde, GO.

Quando se fala em eucaliptos, o termo espécie, que muitas vezes substitui o termo cultivar, caracteriza o uso de mudas formadas por sementes. No caso, uma espécie entre as mais de 600 existentes se destaca no contexto da produção de energia no país. Trata-se de *E. urophylla* que, mesmo na condição de plantios comerciais formados com mudas seminais, apresenta boa adaptação às condições ambientais de Rio Verde (Figura 3).

Alguns clones de domínio público, como AEC 042, AEC 144, AEC 224 e GG 100 e licenciados, como AEC 1528, têm sido plantados para fins energéticos pela COMIGO, com produtividade média estimada de  $52,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Figura 4). Atualmente, estima-se que a produtividade média de madeira nos plantios na Cooperativa seja 29% superior à média nacional de 2012 ( $40,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (ANUÁRIO, 2013). A referida estimativa é também superior à produtividade atingível projetada para o gênero *Eucalyptus* no Estado de Goiás ( $35 \text{ a } 40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (ALVARES; STAPE, 2012).

Foto: Alisson Moura Santos



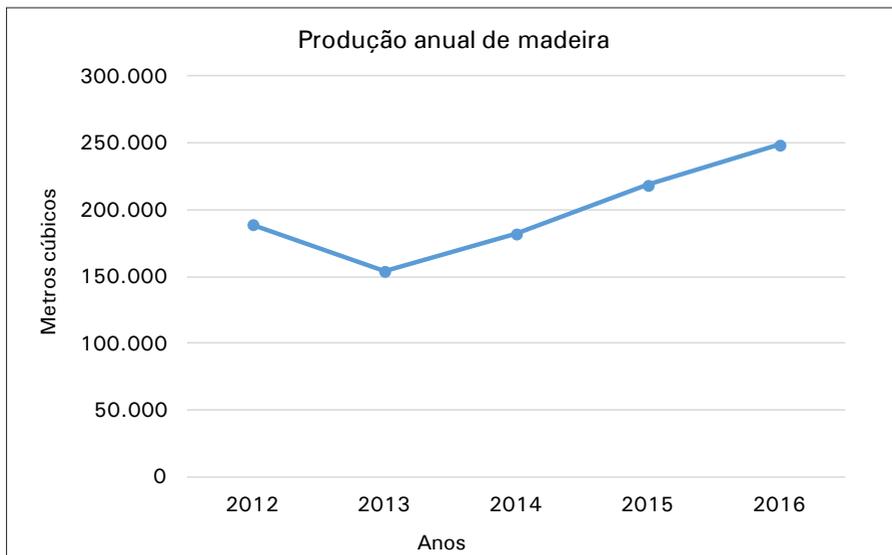
**Figura 3.** Plantio formado por mudas seminais de *E. urophylla*, aos cinco anos de idade, na Fazenda Florestal II, em Rio Verde, GO.

Foto: Estefano Paludzyszyn Filho



**Figura 4.** Plantio clonal de *E. urophylla* para fins energéticos.

Em 2013, o levantamento da área plantada com eucalipto na COMIGO totalizou 4.630 hectares. Essa área é bastante representativa e corresponde a aproximadamente 12% da área estimada com plantios de eucalipto no Estado de Goiás (ANUÁRIO, 2013). As estimativas da produção anual de madeira entre os anos de 2012 e 2016 são apresentadas na Figura 5. No ano de 2012, a produção de lenha da Cooperativa correspondeu a 23,6% do total produzido no Município de Rio Verde e 8,5% do total estadual proveniente da silvicultura (IBGE, 2012). Essa informação corrobora a importância da produção de madeira pela Cooperativa no contexto estadual. Aliado a esse fato, estima-se um aumento na produção de madeira de, pelo menos, 13% ao ano até 2016. No decorrer dos próximos três anos, o aumento total acumulado será superior a 60%.



**Figura 5.** Estimativa de produção anual de madeira na Cooperativa COMIGO, entre 2012 e 2016.

### 3. Condições ambientais nas fazendas florestais da COMIGO

As florestas plantadas com eucalipto estão distribuídas em quatro fazendas denominadas COMIGO Florestal I, II, III e IV, localizadas em Rio Verde. Esse município está inserido em região de classificação climática Aw (Köppen-Geiger), ou seja, clima tropical, com estação seca de maio a outubro. Apresenta deficiência hídrica que varia de moderada a forte (GOLFARI et al., 1978; ALVARES; STAPE, 2012). A temperatura média anual varia entre 20 °C e 25 °C, com valores de evapotranspiração potencial média anual entre 1.000 mm ano<sup>-1</sup> e 1.400 mm ano<sup>-1</sup> (ALVARES; STAPE, 2012).

Em linhas gerais, as fazendas estão situadas em altitudes entre 631m e 820 m acima do nível do mar. A precipitação pluviométrica total anual é da ordem de 1.700 mm, com umidade relativa média do ar de 66%. A topografia é plana, com 2% de declividade.

Os solos são classificados como Neossolos Quartzarênicos ou Areias Quartzosas, originários de depósitos arenosos, com textura areia ou areia franca ao longo de, pelo menos, dois metros de profundidade. *A priori*, são compostos de grãos de quartzo e praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo (SOUSA; LOBATO, 2006). Consistem em Areias Quartzosas não-hidromórficas descoloridas. Porém, podem também apresentar coloração amarela ou vermelha. A granulometria da fração areia é variável e, em algumas situações, predominam diâmetros maiores. O teor de argila pode alcançar 15% na ausência de silte (SOUSA; LOBATO, 2006).

Em geral, os solos sob cultivo florestal na Cooperativa são de baixa aptidão agrícola. Assim, eficientes técnicas de manejo e cuidado intensivo no controle efetivo da erosão, adubação (em especial, nitrogênio e potássio) e da irrigação, no intuito de economia de água, têm sido adotados pela COMIGO. Essas medidas têm contribuído para que bons níveis de produtividade de madeira sejam continuamente alcançados, com sustentabilidade ambiental (SOUSA; LOBATO, 2006).

#### **4. Características de interesse para uso energético da madeira**

Em geral, as características visadas na seleção de clones de eucalipto para fins energéticos ou uso direto como biomassa energética têm sido a adaptação geral e a produtividade de madeira. Entretanto, no decorrer do tempo, com o aprimoramento dos métodos em laboratórios, outros caracteres foram também envolvidos na seleção, sobretudo aqueles relacionados às propriedades tecnológicas da madeira (densidade básica e componentes químicos presentes na madeira). Para produção de madeira para uso energético, algumas dessas propriedades tecnológicas são relevantes.

A madeira se caracteriza como um material altamente variável, o que permite o uso em diversas finalidades. Quando se trata de geração de energia na forma primária, um indicador técnico muito utilizado para classificar as madeiras como apropriadas para essa finalidade é a densidade básica, a qual consiste na relação entre a massa absolutamente seca da madeira e o seu volume saturado, sendo expressa em  $\text{g cm}^{-3}$  ou  $\text{kg m}^{-3}$ . Assim, um índice 0,50 significa que um métrico cúbico de lenho possui um peso de 500 kg.

Outro indicador importante para se obter o máximo de energia da combustão da madeira é a umidade, que é a medida da quantidade de água na biomassa e pode ser determinada pela diferença entre a massa de uma amostra antes da sua secagem completa e após a secagem. Consiste em outro critério de qualidade na produção de madeira para energia porque, na maioria das vezes, torna-se necessário que a madeira seja, pelo menos, parcialmente seca (50%), o que equivale a sair de 60% de umidade por ocasião do corte para cerca de 30% de umidade após alguns meses de secagem ao ar livre, antes de ser usada como fonte energética (VITAL et al., 2013). A presença de água na madeira ocasiona a redução do seu poder calorífico, pois parte do calor gerado é consumido na evaporação da água e aquecimento do vapor até a mesma temperatura dos demais gases (WALKER, 2010). Além disso, variações na umidade dificultam o controle da carbonização e combustão (VITAL et al., 2013; BARCELLOS et al., 2005).

Um exemplo claro desse fato é que, normalmente, a madeira permanece no campo para secagem de três a quatro meses após o corte. Em regiões temperadas, esse tempo pode variar de seis a doze meses. Esses períodos são suficientes para diminuir a umidade da madeira em níveis de 25% a 30% e, conseqüentemente, aumentar o seu poder calorífico. Os principais fatores que alteram o processo de secagem da madeira

são dimensão das toras e fatores climáticos, como a umidade relativa, temperatura e ventos.

O poder calorífico da madeira é um indicador relativo do potencial de energia liberado na combustão de uma unidade de massa. Esse índice aumenta com a diminuição da quantidade de água na massa e com uma maior quantidade de lignina, extrativos, carbono e hidrogênio, que naturalmente fazem parte da madeira.

A energia possível de ser obtida pela combustão de lenha para aquecimento de água ou de ambientes é calculada como a densidade energética da madeira ( $\text{Mj m}^{-3}$ ) que provem da multiplicação da densidade básica pelo poder calorífico. Assim, madeira mais densa e mais seca libera maior quantidade de energia.

A Embrapa junto com a COMIGO avaliou alguns problemas locais quanto a aquisição de madeira de cooperados e/ou terceiros e o aspecto da umidade relativo ao tempo de secagem da mesma antes do consumo. Nesses casos, comercialmente restava a dúvida sobre valores que poderiam ser pagos, considerando diferentes idades das árvores e, principalmente, a umidade contida na madeira. O outro fator a se considerar é que madeiras para fins energéticos são comercializadas por volume (geralmente metros estéreos) e não por biomassa (t). Dessa forma, para esclarecer as dúvidas foi determinada a umidade retida em quatro amostras de madeira, de diferentes fornecedores e da própria Cooperativa, estimada a densidade básica e algumas variáveis energéticas, conforme apresentado na Tabela 1 com vistas a se criar um índice energético. A metodologia utilizada considerou a umidade em base úmida como sendo:  $U_{bu} (\%) = ((PU-PS)/PU) * 100$ , onde:  $U_{bu}$ , umidade em base úmida; PU, peso úmido e PS, peso seco.

**Tabela 1.** Umidade em base úmida ( $U_{bu}$  %), densidade básica da madeira (DB), poder calorífico superior (PCS), densidade energética (DE) e índice energético (IE) de quatro amostras de madeira recebidas pela Cooperativa COMIGO.

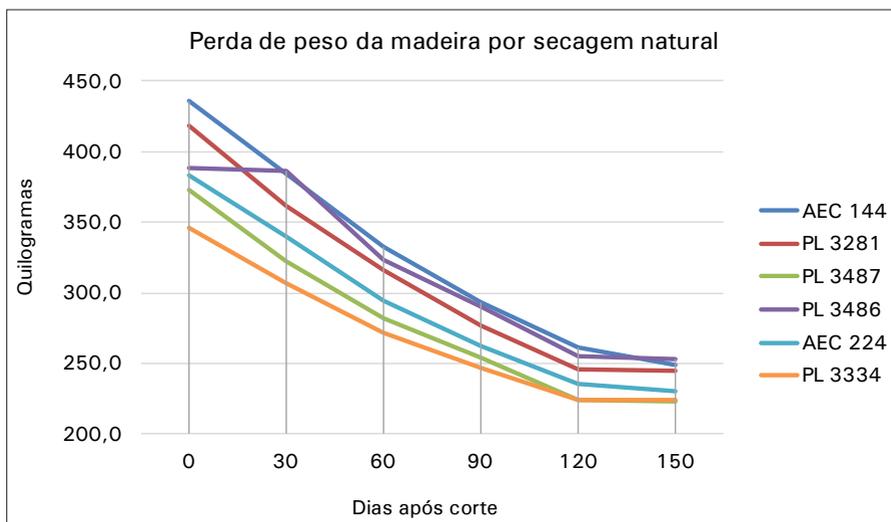
Fornecedor e espécie de eucalipto	$U_{bu}$ (%)	DB (kg m <sup>-3</sup> )	PCS (MJ kg <sup>-1</sup> )	DE (MJ m <sup>-3</sup> )	IE
A - Eucalipto urograndis	33,6	454	19,11	8676	1,00
B - <i>E. urophylla</i>	33,9	467	18,93	8841	1,02
C - <i>E. urophylla</i>	23,4	588	18,65	10964	1,26
D - Eucalipto urograndis	19,3	568	18,68	10610	1,22

A densidade básica da madeira e o poder calorífico superior foram determinados de acordo com normas da ABNT; a densidade energética é o produto da densidade básica da madeira pelo poder calorífico, e fornece uma informação importante que é a quantidade de energia contida em 1 m<sup>3</sup>. Já o índice energético é a razão da densidade energética da madeira de maior densidade energética pela madeira de menor densidade energética. Como exemplo, temos que o índice energético da amostra de madeira do fornecedor C,  $IE_c = 10.964 \text{ (MJ/m}^3) / 8.676 \text{ (MJ/m}^3) = 1,26$ .

Foi observado que nas amostras as maiores variações ocorreram entre a densidade básica da madeira; o poder calorífico variou em 2,5%, comparando a madeira de maior PCS para a de menor PCS; a densidade energética mostrou que a madeira do fornecedor C apresenta maior quantidade de energia; o índice energético indica que a madeira do fornecedor C seria a preferida, considerando apenas o conteúdo energético.

Como resultado, a Cooperativa pode remunerar até 26% a mais a madeira do fornecedor C, comparada com a madeira do fornecedor A. Vale ressaltar que as observações consideram apenas as variáveis avaliadas (densidade e poder calorífico). Portanto, as discussões somente podem ser centradas nesses resultados. Para uma avaliação mais conclusiva deveríamos considerar o poder calorífico útil (energia disponível, considerando a umidade presente na madeira). Esse levantamento ressalta a importância comercial da secagem da madeira antes de seu uso para fins de obtenção de energia.

Quanto à presença de umidade na madeira, foi realizado um teste de secagem visando conhecer o tempo médio de secagem natural da madeira após o corte e antes do fornecimento à indústria para geração de energia. Em plantios pilotos (entendidos como precursores de plantios comerciais) na Fazenda Monte Alegre – Florestal III aos sete anos de idade foi avaliada a madeira de seis clones de eucalipto na idade de sete anos, identificados como, AEC 144, AEC 224, 3281, 3334, 3486, 3487. Quinze árvores foram abatidas por clone em maio de 2011, seccionados em toras de 2,20 m até o comprimento comercial do tronco (4 cm a 6 cm de diâmetro), sendo medidos o diâmetro com e sem casca e o peso de cada tora, em intervalos de 30 dias até completarem 150 dias no campo. Na Figura 6 é possível de observar a perda em peso da madeira ao longo de 120 dias dos seis clones no período de menor precipitação do ano (junho-agosto) na região, sendo desnecessário prolongar a secagem natural, uma vez que a média da redução estimada de peso aos 150 dias foi menor em apenas um ponto percentual (38%). Esse parâmetro indica que a madeira estocada atingiu um índice de umidade aceitável para processamento energético.



**Figura 6.** Peso médio de uma árvore no corte e após secagem ao ar livre em Rio Verde, GO, de seis clones aos sete anos de idade.

## 5. Cooperação entre Embrapa Florestas e COMIGO

O foco da cooperação com a COMIGO é o desenvolvimento de clones de eucaliptos apropriados para usos múltiplos da madeira. Para isso, a COMIGO e a Embrapa estabeleceram uma parceria com vistas ao desenvolvimento de uma base de melhoramento genético de eucaliptos. Essa parceria vem de encontro à missão da Embrapa Florestas que é viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para a sustentabilidade florestal em benefício da sociedade brasileira. Neste sentido, o estabelecimento de contratos de cooperação técnica com instituições privadas é um importante instrumento para operacionalização de atividades que culminem com a geração de tecnologias, produtos e processos.

Assim, o contrato de cooperação técnica entre a Embrapa Florestas e a COMIGO foi estabelecido em 2010. Esse tem por finalidade a execução de trabalhos de pesquisa em

melhoramento genético de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* por parte da Embrapa Florestas, com suporte operacional da Cooperativa.

O objetivo comum é disponibilizar materiais genéticos que propiciem incremento da produção florestal e melhoria da qualidade de madeira para múltiplos usos na Região Centro-Oeste brasileira. Com isso, futuras demandas da COMIGO, além de produtores rurais, agricultores familiares e de outras empresas regionais, ligadas ao setor florestal, podem ser atendidos de forma mais efetiva.

## 6. Melhoramento genético do eucalipto

O melhoramento genético contribui para o aumento da produtividade das culturas agrícolas, florestais e das criações animais. No âmbito florestal, o objetivo da Embrapa é o de desenvolver cultivares que apresentem bom desempenho em crescimento e que produzam matérias-primas que atendam às múltiplas necessidades dos usuários.

Para os eucaliptos têm sido estimados ganhos genéticos da ordem de 1% ao ano (RESENDE et al., 2011), o que significa que em uma década de trabalhos continuados é possível se obter incrementos de 3 m<sup>3</sup> a 5 m<sup>3</sup> na produtividade da madeira. Por ser uma atividade de longo prazo e de custos elevados, a pesquisa em melhoramento florestal, efetuada em múltiplos laboratórios e no campo, necessita de parcerias efetivas.

Para estabelecimento da base de melhoramento genético de Rio Verde, diversas espécies e procedências de eucaliptos e de corímbias da Embrapa foram utilizadas em forma de populações, testes de progênies e testes clonais (Tabela 2). Com isso, foram plantados os seguintes germoplasmas: i) progênies híbridas de *E. grandis* e *E. urophylla* e possíveis híbridos interespecíficos destes,

selecionados em Campo Grande, MS, Goiânia, GO; ii) progênies de *E. pellita*, importadas na forma de sementes da Austrália; iii) clones de domínio público e também experimentais da Embrapa Florestas e Anglo American Níquel do Brasil – Codemin; iv) progênies híbridas de multiespécies de eucaliptos do programa da Vale Florestar S.A. e, v) populações de *Corymbia* spp.

**Tabela 2.** Espécies de eucaliptos e de corimbias em desenvolvimento nas Fazendas Florestais da COMIGO, Rio Verde, GO.

Testes de avaliações e formação de base de material elite	Fazenda Florestal, material genético em desenvolvimento na cooperação e procedências		
	I	II	IV
População base de melhoramento	<i>Corymbia maculata</i> ; <i>C. citriodora</i>	<i>E. cloeziana</i>	<i>C. maculata</i>
Teste de progênies híbridas	-	Eucalipto urograndis (Campo Grande, MS); Multi - espécies (Vale Florestar - MA)	Eucalipto urograndis (Goiânia, GO)
Teste de progênies de polinização aberta	-	-	<i>E. pellita</i>
Teste clonal fase I	Multi espécies	-	Multi espécies
Teste clonal fase II	-	Eucalipto urograndis e <i>E. cloeziana</i> (Goiânia)	-
Unidades de Referência Tecnológica (URT's)		Cultivar seminal de <i>E. cloeziana</i>	Cultivares clonais BRS 362 e BRS 363
Pomar de Cruzamento em Vaso (PCV)	-	Multi espécies	-

Por meio destes experimentos, vários clones com desempenho superior para densidade energética e volume de madeira têm sido selecionados (Tabela 3) e estão em fase de produção de mudas e/ou já em avaliação em testes. Ressalta-se que no caso da COMIGO a produção energética é o fator mais importante do produto florestal. Observa-se que um clone como o AAC 645, mesmo não apresentando a maior densidade da madeira,

destaca-se pela produção de biomassa, o que o faz liderar a classificação para produtividade energética aqui medida em giga joules (Gj). Após aferição em testes clonais que são realizados ao longo de quatro anos e em plantios pilotos ou pré-comerciais com duração de ao menos seis anos, os clones comprovadamente superiores poderão ser utilizados em plantios comerciais.

**Tabela 3.** Desempenho de alguns clones híbridos naturais para produtividade de biomassa e de energia avaliados precocemente (2,5 anos de idade) em Rio Verde, GO.

Clone	Produção de biomassa (t ha <sup>-1</sup> )	Densidade básica (kg m <sup>-3</sup> )	Massa seca anual no período (t ha <sup>-1</sup> )	Produção de energia em 2,5 anos (Gj) <sup>1</sup>
AAC 645	181,45	413	74,98	12.554
AAC 33	135,90	507	68,90	11.537
AEC 144	153,55	404	61,96	10.374
AEC 1528	148,85	410	61,03	10.219
AAC 86	149,40	383	57,22	9.581
BRS 363	140,40	400	56,16	9.403
AEC 224	131,30	405	53,18	8.904

<sup>1</sup> Poder calorífico superior considerado como 4.500 (kcal kg<sup>-1</sup>) para todos os clones.

Após a seleção, os melhores clones denominados “clones-elite” também são aproveitados em cruzamentos, visando à formação de híbridos dentro da mesma espécie ou entre diferentes espécies. Isso é possível de ser realizados em estruturas controladas que são chamadas de pomares de cruzamento em vasos (Figura 7). Concluída a fase de hibridação de um ciclo de seleção são obtidas sementes e inicia-se o programa de seleção recorrente intrapopulacional em populações sintéticas (SRIPS), estratégia de melhoramento escolhida para a base de Rio Verde.

Foto: Estéfano Paludzyszyn Filho



**Figura 7.** Genótipos de eucaliptos em vasos no pomar de cruzamento em vaso em Rio Verde, GO.

A seleção recorrente se caracteriza por qualquer processo cíclico de melhoramento que envolve a obtenção das progênes, 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 (exemplo volume de madeira) (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; DARRAH, 1985). Desse modo, serão geradas, continuamente, novas combinações genotípicas e, conseqüentemente, ganhos genéticos adicionais.

Na COMIGO, pretende-se conduzir populações sintéticas, sendo uma para espécies afins e com características complementares, pertencentes ao gênero *Eucalyptus*, e outra para o gênero *Corymbia*. Essa estratégia visa à formação de novas populações

ou raças e melhoramento do valor genético aditivo médio via SRI e, de forma indireta, do valor genotípico (RESENDE; BARBOSA, 2005). Assim, as populações serão originárias de cruzamentos controlados entre os genótipos-elite em pomar de cruzamento em vaso (são clones na forma de cultivares e/ou experimentais devidamente testados para as características de interesse silvicultural).

A despeito das boas produtividades obtidas com os clones de *E. urophylla* na região de Rio Verde, a incorporação aos plantios comerciais de clones de combinações intra e/ou interespecíficas entre espécies de *E. grandis*, *E. pellita* e também entre *C. citriodora*, *C. maculata* e *C. torelliana* podem proporcionar madeira mais adequada ao uso final. Isso é possível através da seleção de novos materiais genéticos que apresentaram, nas condições locais, alto desempenho em produtividade e qualidade da madeira para os fins desejados. O uso de diferentes espécies, afins e com características complementares, em combinações híbridas consiste na forma mais rápida e eficiente de obtenção de ganhos genéticos no melhoramento do eucalipto, com reflexos diretos e significativos na indústria florestal (ASSIS; MAFIA, 2007). Além do uso para fins energéticos, que é o principal interesse da COMIGO, a Embrapa busca na diversidade do eucalipto madeiras que atendam usos múltiplos.

Vale ressaltar que existem vários fatores que interferem no processo seletivo e o conhecimento dos mesmos é essencial, como forma de obter o máximo sucesso com a seleção. Ao se comparar o melhoramento de espécies anuais com perenes, observa-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 às pragas, fogo e às adversidades climáticas. Nessa análise, os dados são obtidos

em grandes quantidades e os resultados da pesquisa gerados em médio e em longo prazos (DIAS; RESENDE, 2001).

Nesta conjuntura, 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), em pomares de cruzamento em vaso (PCV) têm contribuído de forma substancial para a 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). Desta forma, essas técnicas também têm sido adotadas na base de melhoramento de Rio Verde.

A seguir são apresentados detalhes dos experimentos existentes na base de melhoramento de Rio Verde.

### **6.1. Testes de Progênies Híbridas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla***

A espécie *E. grandis* é tradicionalmente muito plantada no Brasil, pois apresenta elevada taxa de crescimento volumétrico e excepcional forma do fuste (FONSECA et al., 2010). Entretanto, é bastante suscetível ao ataque de ferrugem (*Puccinia psidii*) e cancro (*Chrysosporthe cubensis*), embora haja variabilidade genética dentro de espécie para tolerância a esses patógenos (ALFENAS et al., 2004).

Entre os usos mais comuns, destacam-se construção civil, serraria, polpação de celulose e fabricação de papel. Pode também ser utilizada na produção de lâminas decorativas, chapas compensadas e embalagens. A espécie não é cultivada para usos energéticos por apresentar o indicador da densidade de madeira abaixo de 0,50 e pouca adaptação às condições edafoclimáticas do bioma Cerrados, sendo que o mais comum e adequado tem sido o seu uso na composição de híbridos interespecíficos com *E. urophylla*.

A espécie *E. urophylla* se desenvolve em quase todo o território nacional, notadamente nas regiões sem frios de fortes intensidades causadores de geadas. Observa-se alto potencial de crescimento em zonas tropicais, grande plasticidade adaptativa das populações e de clones, o que de certa forma revela que o material é tolerante a estresses térmicos e hídricos. Outra e forte característica de *E. urophylla* é de apresentar resistência a diversas e importantes doenças que assolam os eucaliptos, como ferrugem e cancro do tronco. Além disso, contribui no sistema clonal de reprodução, por apresentar elevadas taxas de rebrotações e facilidade de enraizamentos.

Alguns híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis* destacam-se em cenário nacional, como é o caso do I 144 (atual AEC 144), pela adaptabilidade a vários tipos de ambientes, heterose para caracteres de crescimento, alta eficiência nutricional para os macronutrientes, principalmente para N, P, K, Mg e S, com maior eficiência na absorção e na utilização desses nutrientes na produção de biomassa (PINTO et al., 2011), além da tolerância ao cancro e ferrugem e às principais pragas do eucalipto, tais como percevejo bronzeado e psílídeo da concha. Além dessas características, híbridos como o citado representam cerca de 80% dos plantios clonais brasileiros e devem constituir o germoplasma básico para combinação com clones desenvolvidos pela Embrapa em Rio Verde, visando, além da produção energética, outros usos da madeira.

Neste sentido, alguns cruzamentos entre espécies pertencentes à seção Transversaria, como *E. grandis*, *E. pellita* e *E. urophylla*, têm produzido indivíduos com elevado potencial de incremento volumétrico e propriedades da madeira adequadas para uso energético (ASSIS; MAFIA, 2007). Nessa conjuntura, o programa cooperativo preparou uma base de germoplasma elite de *E. grandis*, resgatando em três estados sementes de mais de mil matrizes geneticamente selecionadas (PALUDZYSZYN FILHO;

SANTOS, 2011), além de matrizes de *E. urophylla* e da importação de *E. pellita* da Austrália (procedências de Papua New Guiné). O germoplasma de *E. grandis* e *E. urophylla* foi avaliado e selecionado em Goiânia, GO, e Campo Grande, MS, no período 2003/2008. Matrizes selecionadas nesses locais forneceram sementes para implantação da base de melhoramento de Rio Verde.

A expectativa é seleção de genótipos na forma de clones, com desempenho superior para uso comercial, e também inclusão dos mesmos em SRIPS para avanço de gerações de melhoramento.

### **6.1.1. Procedência Goiânia, GO**

Um teste de progênies de *E. grandis* e *E. urophylla*, composto por sementes de 106 progênies de polinização aberta, foi implantado em 2009 na Fazenda Florestal IV, em área situada a 650 m de altitude no Município de Rio Verde.

As mudas são provenientes de sementes colhidas em 72 matrizes de *E. grandis* e em 34 de *E. urophylla* em pomar de segunda geração de melhoramento da Embrapa Florestas, implantado em Goiânia, GO. Como as espécies foram implantadas em linhas intercaladas e, em virtude da polinização aberta envolvida na produção de sementes de Goiânia, é esperada a existência de híbridos intra e interespecíficos dessas espécies nas sementes coletadas. A origem do material plantado em Goiânia remonta às sementes coletadas em árvores elites em diversos locais de Minas Gerais e São Paulo.

Em setembro de 2011 foi conduzida mensuração de circunferência à altura do peito em indivíduos com aptidão de crescimento. Os dados a nível individual foram analisados utilizando-se o software Selegen REML-BLUP, obtendo-se a média geral para o experimento de 25,4 cm para circunferência à altura do peito (CAP). No processo seletivo, conduzido ao longo de mais de dois anos, foram selecionados indivíduos com CAP igual ou superior a 27 cm. Esse critério de seleção

foi estabelecido com base na média de desempenho de clones experimentais e comerciais, implantados nas proximidades ao teste de progênies. Como resultado inicial do processo seletivo, aos três anos de idade, foram selecionados em campo, 80 candidatos a clones, que apresentaram crescimento superior e/ou igual a de clones controle, bem como não apresentaram fuste tortuoso, inclinado, ovalado, alta conicidade, bifurcado, com grã retorcida, galhos grossos, além de incidência de doenças e insetos-praga.

Em 2012, houve tentativas de resgate de brotações via anelamento basal das matrizes. Entretanto, o resgate não foi bem sucedido, provavelmente, em razão da falta de chuvas e baixa incidência de radiação solar nos anelamentos, aspectos esses cruciais ao sucesso na indução das brotações. Assim, em 2013, houve nova tentativa de clonagem via corte das matrizes selecionadas. Foram obtidas rebrotas em 61 matrizes, sendo essas encaminhadas para tentativa de enraizamento no viveiro. Ao final, foram obtidos 24 clones que foram implantados em teste clonal na Fazenda Florestal IV, em março de 2013.

Em seguida, também em 2013, houve nova seleção de 56 indivíduos com abrangência de 34 progênies no referido teste. Com isso, foram obtidas mudas clonais de 54 matrizes, que após propagação vegetativa em escala experimental, serão incluídas em teste clonal ao final de 2014.

### **6.1.2. Procedência Campo Grande, MS**

Um teste de progênies de *E. grandis* e *E. urophylla*, procedência Campo Grande, foi implantado na Fazenda COMIGO Florestal II, em agosto de 2011. As sementes das matrizes de Campo Grande são também originárias de coletas em árvores-elite em diversos locais de Minas Gerais e São Paulo. Como as espécies foram implantadas em linhas intercaladas e, em virtude da polinização aberta envolvida na produção de sementes de Campo Grande, é esperada a existência de híbridos intra e interespecíficos dessas espécies.

Esse teste foi composto por 81 progênies de polinização aberta e implantado na Fazenda Florestal II. As coordenadas geográficas da área experimental são 17° 51'7,5" de latitude Sul, 51°03'25,04" de longitude Oeste e 820 metros de altitude. As parcelas tiveram número variável, de plantas de acordo com o número de mudas produzidas em cada progênie. O espaçamento utilizado foi 3 m x 2 m.

Como forma de melhor aproveitar a variabilidade genética presente, em segunda etapa de plantio, optou-se por implantar uma população com sobras de mudas. Essa população foi implantada adjacente ao experimento anterior, em novembro de 2011.

A seleção de árvores superiores por meio de medições e observações estão previstas para serem iniciadas aos três anos de idade. Posteriormente, será feita condução para indução de brotações, resgate via clonagem e por fim avaliação dos genótipos selecionados em testes clonais. Esses testes geralmente são conduzidos em campo por cerca de uma década (testes clonais Fase I e Fase II) e fornecem dados de crescimento e amostras de madeira, visando resultados confiáveis sobre a qualidade da madeira, para a indicação de plantios comerciais.

## **6.2. Teste de progênies multiespécies – procedência Açailândia, MA**

Este teste é composto por 24 progênies híbridas multiespécies, sendo cinco de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, duas de *E. urophylla* x *E. brassiana*, duas de *E. tereticornis* x *E. urophylla*, treze de *E. urophylla* x *E. grandis*, uma de *E. grandis* x *E. tereticornis* e uma de *E. grandis* x *E. camaldulensis*. Esses cruzamentos foram obtidos em razão das espécies das seções Transversaria, como *E. grandis*, *E. urophylla* e Enxertaria, como *E. brassiana*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* possuírem elevado grau de complementariedade na formação de híbridos interespecíficos, com elevado potencial produtivo e qualidade da

madeira adequada para uso energético (ASSIS; MAFIA, 2007). As progênies foram obtidas por meio de polinização controlada, em pomar de campo da Fazenda São José III, pertencente à Empresa Vale Florestar, em Açailândia, MA. Os genitores utilizados consistem em clones-elite obtidos por seleção no programa de melhoramento genético iniciado em 1986 pela antiga Companhia Vale do Rio Doce.

As principais características das espécies *E. grandis*, *E. urophylla* e de seus híbridos interespecíficos já foram abordadas em tópico anterior. As espécies pertencentes à seção Enxertaria *E. brassiana*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* caracterizam-se pela elevada densidade da madeira e teor de lignina, sendo fonte de qualidade da madeira para uso energético (ASSIS; MAFIA, 2007). Além disso, entre as espécies introduzidas no Brasil, são tidas como mais importantes na formação de híbridos interespecíficos tolerantes à seca, principalmente quando usadas procedências do norte do *Queensland*, Austrália (ASSIS; MAFIA, 2007). Atualmente, ressalta-se que o uso do *E. camaldulensis*, mesmo em combinações interespecíficas, precisa ser analisado com rigor, em função de sua alta suscetibilidade a alguns insetos-praga.

O teste de progênies híbridas foi implantado na Fazenda Florestal II, em novembro de 2011. As parcelas tiveram número variável de plantas de acordo com o volume de mudas produzidas para cada progênie. O espaçamento utilizado foi 3 m x 2 m.

Em 2012, foi observada elevada suscetibilidade à ferrugem e ao percevejo bronzeado. Aos três anos de idade, os indivíduos serão avaliados quanto às características fenotípicas de interesse. Em 2014 serão selecionados indivíduos e submetidos à clonagem e testes em campo em ambientes contrastantes, para confirmação de superioridade genética quanto a caracteres de crescimento, tolerância a estresses bióticos e abióticos e adequadas propriedades tecnológicas da madeira.

### 6.3. Teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus pellita*

Uma das características de *E. pellita* procedente da Austrália na década de 1980 foi o baixo desempenho em crescimento no país, de forma que não há cultivares clonais e nem tampouco interesse por sementes no Brasil. A outra é pela proximidade genética com *E. urophylla*, que demonstrou vantagens em múltiplas características.

Entretanto, a opção por germoplasma de *E. pellita* de outras procedências como de Papua Nova Guiné foi uma opção, devido à necessidade de inserir no Programa fontes promissoras para superar novas pragas e doenças, além de avaliar o desempenho em ambientes em que o eucalipto não era cultivado. Algumas características da espécie *E. pellita* são: adaptabilidade a vários ambientes, bom crescimento em condições de estresse hídrico, boa forma do fuste, elevada densidade da madeira, capacidade de rebrota e variabilidade para resistência a doenças, como ferrugem (*Puccinia psidii*); murcha do eucalipto (*Ceratocystis fimbriata*) e mancha foliar (*Cylindrocladium pteridis*) (FONSECA et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2010).

Neste contexto, a Embrapa Florestas importou sementes para estruturar uma população base de melhoramento de *E. pellita* adaptada às condições tropicais nas novas fronteiras da silvicultura brasileira. A rede experimental tem por finalidade a recombinação de genótipos, formando novas populações base, e seleção de indivíduos com possibilidade de se tornarem clones comerciais. Dessa forma, estão sendo selecionados indivíduos, para caracteres de crescimento, adaptativos, propriedades tecnológicas da madeira, além de resistência a doenças e insetos-praga, e submetidos à clonagem. A seleção enfoca ideótipos adequados tanto para monocultivos quanto para sistemas de integração (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011).

As sementes de progênies de polinização aberta de *E. pellita* foram coletadas em árvores matrizes de pomar clonal de segunda geração de melhoramento, implantado na localidade de Mareeba, Estado de Queensland, Austrália. O germoplasma deste pomar é procedente de coleção base instalada na região de Morehead, Papua Nova Guiné. Em 2008, foram importadas sementes de 24 matrizes pela Embrapa Florestas.

A partir desse germoplasma, testes de progênies foram implantados em quatro ambientes da Região Centro-Oeste do Brasil, sendo um deles na Fazenda Florestal IV, em Rio Verde, em altitude de 656 m.

O experimento foi implantado no ano de 2009, no delineamento experimental de blocos completos casualizados, com 40 repetições, parcelas de uma planta e espaçamento de 3 m x 3 m.

Em 2012, aos três anos de idade, foram coletados em campo dados de diâmetro à altura do peito (DAP). A avaliação genético-estatística do teste de progênies para esse caráter foi feita por meio do procedimento de modelos mistos: Máxima Verossimilhança Residual/Melhor Predição Linear Não Viciada (REML/BLUP) (RESENDE 2007).

Nas análises de *deviances* não foram observados efeitos significativos de progênies pelo teste de LRT, a 5% de probabilidade, em Rio Verde. Isto pode ser decorrente da menor variabilidade genética e/ou melhor qualidade do sítio e dos tratos silviculturais, o que proporcionaram aos genótipos maior oportunidade de uniformidade no desempenho.

O teste de progênies de Rio Verde obteve o melhor desempenho médio em diâmetro à altura do peito (DAP) entre os quatro experimentos implantados no Centro-Oeste brasileiro. A média experimental foi, pelo menos, 14% superior a cada um dos demais testes. Ao total, foram selecionadas 44 árvores matrizes candidatas a clonagem.

Em junho de 2012, foram também coletadas folhas e amostras de madeira de 773 árvores. As matrizes amostradas foram selecionadas com base no DAP, ausência de danos no fuste e copa e/ou portadoras de estresses bióticos marcantes. As folhas foram enviadas ao Laboratório de Genética de Plantas e Biotecnologia da Embrapa Cenargen para extração de DNA. Em 2013, foi concluída a genotipagem. Constatou-se que o nível de diversidade é inferior ao de populações de *E. grandis* e *E. urophylla*, com somente cerca de 20 mil SNPs polimórficos. Esse fato sugere que se trata de uma população com tamanho efetivo relativamente restrito, provavelmente oriundas de árvores mães geneticamente aparentadas<sup>1</sup>.

Em 2013 foram realizados anelamentos (Figura 8) para indução de brotação e coleta de rebrotes para resgate dos genótipos e submissão ao sistema de multiplicação clonal (Figura 9). Assim, foi possível propagar vegetativamente 24 genótipos, ou seja, uma eficiência de resgate de 54,5%.

---

<sup>1</sup>Comunicação por correio eletrônico do pesquisador Dario Grattapaglia, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - Cenargen, Brasília (DF), para o pesquisador Estefano Paludzyszyn Filho, da Embrapa Florestas, Colombo, PR, em 22 abril de 2013.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 8.** Rebrotos basais em matriz de *E. pellita* anelada parcialmente.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 9.** Mudas clonais a partir de mini estacas enraizadas de *E. pellita*.

Considerando o índice obtido por anelamento parcial, optou-se por abater todas as 44 árvores (Figura 10) para nova indução de brotações em 2014. Na oportunidade, foram retirados discos de madeira (Figura 11), de todas as árvores selecionadas, na base (0%), (DAP), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial (diâmetro até 5 cm). O volume real médio com casca por árvore, à idade de quatro anos, foi de 0,244 m<sup>3</sup>. Suprimindo-se a casca, o volume médio de madeira foi de 0,200 m<sup>3</sup>, equivalendo a 82% do volume total. A relação cerne/alburno indicou que 39% do volume de madeira é representada pelo cerne. Comparativamente, em eucaliptos *urograndis* aos seis anos, Arantes (2009) observou uma média de 35% de cerne, o que confere vantagens aos genótipos de *E. pellita* que estão sendo desenvolvidos para fins energéticos.

A média da densidade básica da madeira de 43 genótipos, determinada a partir de amostras na forma de baguetas, foi de 470 kg m<sup>-3</sup> aos 3,5 anos, valor considerado elevado para essa idade. O maior valor de densidade para as amostras analisadas foi de 573 kg m<sup>-3</sup>. Alguns clones comerciais como o GG100, apresentam densidade básica de 450 kg m<sup>-3</sup>, em idades semelhantes (CARNEIRO et al., 2014).

Na ocasião do corte, foram também coletados propágulos para realização de enxertias para inclusão no pomar de cruzamento em vaso. Para produção de porta-enxertos foram utilizadas mudas de sementes coletadas no teste de progênies de Rio Verde.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 10.** Corte de matrizes de *E. pellita* que não apresentaram emissão de brotações basais.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 11.** Discos coletados em diferentes posições do tronco em matrizes de *E. pellita*.

#### 6.4. Testes clonais de eucaliptos multiespécies

Os experimentos foram compostos por 41 (Florestal IV) e 45 (Florestal I) clones, sendo 41 comuns aos dois experimentos. Entre os tratamentos avaliados, constam vinte clones de *E. saligna*, oito de *E. urophylla*, cinco de *E. benthamii* x *E. dunnii*, quatro de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, dois de *E. grandis*, um de *E. tereticornis* x *E. camaldulensis*, dois de *E. urophylla* x *E. grandis* e um de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Os testes clonais foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com 20 repetições, parcelas de uma única planta, espaçamento de 3 m x 2 m, em dezembro de 2010 (Florestal I) e março de 2011 (Florestal IV). As coordenadas geográficas dos experimentos são: Florestal I - 18°01'31,56" de latitude Sul e 50°54'30,11" de longitude Oeste e Florestal IV - 18°13'41,37" de latitude Sul e 51°03'1,21" de longitude Oeste.

Em maio de 2013, aos dois anos e dois meses de idade, foram mensurados, de cada árvore, circunferência à altura do peito, com fita métrica, e altura, com hipsômetro. A partir destas mensurações foi estimado o volume de madeira total por indivíduo. As análises estatísticas foram efetuadas por meio do procedimento de modelos mistos de Máxima Verossimilhança Restrita e Melhor Predição Linear não Viesada (*Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction* – REML/BLUP). Para isso, utilizou-se o programa computacional Seleção Genética Computadorizada – Selegen (RESENDE, 2007).

As estimativas das acurácias seletivas foram elevadas, o que demonstra boa precisão na condução dos experimentos. Nas análises de *deviances*, houve efeitos significativos de clones tanto em nível de ambientes quanto na conjunta de ambientes, pelo teste de LRT, a 5% de probabilidade.

As produtividades de madeira, aos 29 meses de idade, dos clones de maior desempenho em volume de madeira foram apresentadas na Tabela 3 (página 25). O melhor clone, de acordo com valores genotípicos preditos, foi AAC 645. Este consiste em clone de *E. urophylla* e foi selecionado em plantios comerciais seminais da Empresa Anglo American Níquel Brasil, Unidade Codemin, situada em Niquelândia, norte de Goiás. As características mais marcantes desse clone são excelente taxa de crescimento, ausência de seca de ponteiros e brotação lateral, boa desrama natural, fuste retilíneo e tolerância ao déficit hídrico. Como este clone consiste em raça local de Goiás (raça não nativa adaptada a uma determinada área geográfica), o seu excelente desempenho também em Rio Verde é bastante justificado.

### **6.5. Teste clonal Fase I**

O teste clonal é composto por 180 clones, sendo selecionados em teste de progênies de *E. urophylla* e *E. grandis* e os demais selecionados em plantios comerciais seminais de *E. urophylla* da COMIGO. Este foi implantado em março de 2013, em delineamento em blocos completos casualizados, vinte repetições e parcela de uma planta. O espaçamento utilizado foi de 3 m x 2 m. A avaliação desses clones deve ocorrer aos três anos de idade.

### **6.6. *Eucalyptus cloeziana***

Em 2004, uma população de *E. cloeziana* foi implantada pela Embrapa Florestas em área experimental da Embrapa Produtos e Mercado, em Goiânia. As sementes utilizadas foram obtidas de 96 matrizes de primeira geração de seleção da rede de experimentos de *E. cloeziana* plantadas, em Minas Gerais e São Paulo.

No decorrer dos anos, foram realizados vários desbastes seletivos de árvores inferiores. Em 2013, foram selecionadas para clonagem 28 matrizes com maior desempenho em

crescimento, forma, além de ausência de doenças, insetos-praga e bifurcações. Eventualmente, aparecem galhos grossos, provavelmente em razão da baixa competição após desbastes realizados na área. Algumas matrizes experimentais da série brs 809, 810, 813, 815, 816, 819, 821 e 824 se destacam por copa pequena e rala, ideal para uso em sistemas de integração.

Em razão de tentativa de indução de brotações não ter sido bem sucedida, optou-se pelo corte das referidas matrizes em novembro de 2013. As brotações foram coletadas e enviadas ao viveiro da COMIGO, para tentativa de clonagem. Entre as 28 árvores matrizes selecionadas, houve produção de mudas de 25, ou seja, uma eficiência de resgate de 89%. Essas mudas serão encaminhadas para minijardim clonal para produção de mudas em escala experimental via miniestquia.

Esses genótipos de *E. cloeziana* serão testados em vários testes clonais na região Centro-Oeste, inclusive na base de melhoramento de Rio Verde.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 12.** Mudas clonais de *E. cloeziana*, procedentes de brotações basais de matrizes de Goiânia, em viveiro da COMIGO.

## 6.7. Espécies pertencentes ao gênero *Corymbia*

Atualmente, há consenso por parte de instituições públicas e privadas brasileiras, ligadas ao setor de florestas plantadas, sobre o enorme potencial a ser explorado com combinações híbridas entre espécies do gênero *Corymbia*. Cruzamentos entre *C. torelliana* e espécies como *C. citriodora* e *C. maculata* têm apresentado forte heterose ou vigor híbrido, para características de crescimento e as chances de clonagem em níveis operacionais melhoram consideravelmente, em virtude da participação de *C. torelliana* no cruzamento (LEE et al., 2005; LEE, 2007). Essa característica, normalmente, é repassada aos seus híbridos interespecíficos.

Além de elevada heterose, esses híbridos têm apresentado elevada densidade da madeira e tolerância a estresses bióticos e abióticos, como ventos, déficit hídrico, geadas (LEE et al., 2005; LEE, 2007) e seca de ponteiros do Vale do Rio Doce (ABAD et al., 2013). A madeira é apropriada para produção de celulose e papel, madeira serrada e também uso energético.

Neste contexto, esforços têm sido direcionados pela Embrapa Florestas e COMIGO na identificação de híbridos interespecíficos espontâneos entre *C. torelliana* e *C. citriodora* e de árvores com bom desempenho em teste de uso múltiplo da madeira (TUME), previamente instalado na COMIGO em parceria com ESALQ/USP em 2006. Esse teste foi composto por várias espécies dos gêneros *Corymbia* e *Eucalyptus*, entre elas *C. citriodora* e *C. torelliana*, com sementes procedentes da Estação Experimental de Itatinga, SP, em espaçamento de 2,8 m x 2,2 m.

Em 2013, árvores selecionadas nas populações de *C. citriodora* e *C. torelliana* foram abatidas para coleta de sementes e formação de mudas seminais, para seleção de possíveis híbridos interespecíficos obtidos por polinização natural e também para clonagem de árvores matrizes das referidas espécies puras para uso em pomar de cruzamentos em vaso.

Mudas seminais de *C. torelliana* foram plantadas na Fazenda Florestal I entre matrizes remanescentes de *C. citriodora* (Figura 13). O objetivo desta é também seleção de possíveis híbridos interespecíficos de *Corymbia* spp., devido à proximidade com a população adulta de *C. torelliana*.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 13.** População de *C. citriodora*, em Rio Verde, GO. Observa-se o desenvolvimento de mudas de *C. torelliana* em fase inicial de crescimento sob as árvores da

A partir de sementes coletadas de *C. citriodora*, foram produzidas mudas e, por meio de análise da característica morfológica de formato de folhas e ausência de aroma de citronelal, foram identificados 28 mudas de *C. citriodora* x *C. torelliana* em mudas formadas por sementes coletadas em *C. torelliana* foram obtidas seis mudas de *C. torelliana* x *C. citriodora* (Figura 14) com aromas de diferentes intensidades de citronelal. As mudas dos híbridos foram inseridas em sistema clonal de propagação vegetativa, visando avaliação dos genótipos em testes clonais, em ambientes contrastantes, para comprovação de desempenho e seleção de clones superiores.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 14.** Minicepas de *C. torelliana* x *C. citriodora*, em minijardim clonal, em viveiro em Rio Verde, GO.

Em fevereiro de 2010, foi implantada uma população de *C. maculata* (Figura 15) na Fazenda Florestal IV da COMIGO. As mudas seminais são provenientes da cultivar BRS 287 (procedência *Wondai St. Forest*), coletadas no Município de Piraju, São Paulo. O objetivo dessa população é a seleção massal de melhores matrizes para clonagem, utilização em hibridação e no processo de seleção recorrente em pomar de cruzamento em vasos.

Em junho de 2012, foi conduzida seleção massal na população e selecionadas 21 árvores com fustes eretos e sem presença de resina ou quinos. A média de DAP das árvores selecionadas foi 12,6 cm, aos 28 meses de idade (Tabela 4). Essa média é bastante satisfatória quando aliada à maior densidade básica de *C. maculata* (Tabela 5), em relação a clones comerciais em uso de *E. urophylla* e de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Foto: Alisson Moura Santos



**Figura 15.** População de *C. maculata* procedente da cultivar BRS 287, plantada em Rio Verde, GO.

**Tabela 4.** Comparativo de estimativas de diâmetro à altura do peito (DAP) de clones e *Corymbia maculata* em plantios pilotos na Fazenda Florestal IV, em Rio Verde, GO.

Clone e/ou espécie	Idade (meses)	Número de árvores	DAP
AEC 144	31	25	12,2
H15	40	25	13,5
GPC 23	28	30	12,6
<i>C. maculata</i>	28	21	12,6

**Tabela 5.** Estimativas de densidade básica da madeira de árvores selecionadas em *Corymbia maculata* frente à média de clones comerciais Fazenda Florestal IV, em Rio Verde, GO.

Germoplasma	Média da densidade básica da madeira ( $\text{kg m}^{-3}$ ) amostrada por baguetas no DAP na idade de 45 meses	Total de árvores amostradas em <i>Corymbia maculata</i> e em clones comerciais
<i>C. maculata</i>	526	10
Clones comerciais*	422	7

\* COP 1277; VM 01; GG 100; AEC 144; AAC 645; AEC 1528 e AAC 33.

Em 2013, foi conduzida seleção de duas árvores matrizes superiores de *C. maculata* em pomar na Embrapa Produtos e Mercado, em Goiânia. Como a emissão de rebrotes não foi bem sucedida por meio de anelamento, optou-se pelo corte das mesmas. Assim, como forma de inserção dos referidos genótipos enxertados em pomar de cruzamento em vaso (PCV), foram coletadas partes aéreas das matrizes de Goiânia. No processo de enxertia foram também usados porta-enxertos de mudas seminais da cultivar BRS 287.

A partir das brotações, foram colhidas estacas e as mesmas encaminhadas para enraizamento em viveiro da COMIGO (Figura 16). Conseguiu-se produção de mudas de um dos genótipos, sendo as mesmas já inseridas em minijardim clonal para produção de mudas em escala experimental para avaliação em teste clonal.



Foto: Alisson Moura Santos

Figura 16. Minicepa de *C. maculata* em minijardim clonal, em viveiro em Rio Verde, GO.

### ● Pomar de cruzamento em vaso (PCV)

Atualmente, a realização de cruzamentos controlados é relevante na condução de programas de melhoramento genético do eucalipto. Isso porque, a partir dessa técnica, é possível a escolha dos genitores superiores e a realização de cruzamentos específicos, com maximização de ganhos e do tempo de obtenção dos genótipos para serem avaliados em testes de progênie, testes clonais e, posteriormente, indicação para os plantios comerciais (ASSIS, 1996).

Neste sentido, com finalidade de recombinar árvores superiores, selecionadas nas populações de melhoramento e sintetizar híbridos intra e interespecíficos (ASSIS, 1996), encontra-se em processo de implantação um pomar de cruzamento em vaso

(PCV) em Rio Verde. A modalidade *outdoor* tem como vantagens menor custo para produção de sementes híbridas, proporciona plantas mais saudáveis e ocorrência mais esporádica de doenças e insetos-praga (SILVA et al., 2012), além de evitar perdas no processo de polinização controlada. Por outro lado, as plantas ficam mais suscetíveis à ocorrência de contaminação de grão de pólen indesejado e à lixiviação de nutrientes no período das chuvas, o que pode afetar a produção de sementes (FONSECA et al., 2010).

Na prática, o PCV consiste no plantio em vasos de réplicas dos genótipos selecionados, o que permite o controle de irrigação, nutrição e fitossanidade (FONSECA et al., 2010). Para a produção dos clones por enxertia, as matrizes foram selecionadas quanto às características de interesse na base de melhoramento de Rio Verde. A enxertia, como outras técnicas de propagação vegetativa, permite reproduzir inteiramente genótipos selecionados, com adicional de garantir precocidade de floração, quando comparada com mudas provenientes de sementes, e proporciona copa mais baixa e esgalhada, a qual facilita a polinização controlada (ASSIS, 1996).

Além da enxertia, o uso adicional da técnica de indução de florescimento, por meio do hormônio paclobutrazol, possibilita antecipar e garantir o florescimento precoce das plantas (por volta dos dois anos de idade) e a realização das polinizações desejadas (FONSECA et al., 2010).

O inibidor de crescimento paclobutrazol atua sobre a planta retardando seu crescimento, agindo também na formação e indução de gemas florais. Por meio da inibição na síntese de giberelina, provoca alterações morfológicas e induz a floração. No caso de angiospermas lenhosas, como é o caso do eucalipto, ocorre a estagnação do crescimento vegetativo e o estímulo ao desenvolvimento reprodutivo, o que acarreta a emissão precoce de brotações florais (ASSIS, 1996).

Quando ocorrer o florescimento das matrizes no PCV, serão realizadas as polinizações artificiais direcionadas, de acordo com a afinidade e complementariedade entre as espécies do gênero *Eucalyptus* e também entre aquelas de *Corymbia*. A técnica de polinização utilizada será protoginia artificialmente induzida (PAI). Essa técnica consiste em remover o topo do opérculo do botão floral por meio do corte do terço superior do pistilo, no estágio de pré-antese, ou seja, com a flor ainda fechada, realizando-se a polinização imediatamente após a indução (ASSIS; MAFIA, 2007).

Entre as técnicas de polinização, a PAI se destaca por: i) reduzir o número de visitas, ii) eliminar a necessidade de emasculação, por viabilizar a obtenção de maior quantidade de sementes em cruzamentos controlados de eucaliptos, iii) proporcionar maior produtividade operacional, com média de 400 flores polinizadas por homem/hora e iv) poder ser executada em áreas não isoladas, quando algum tipo de contaminação é aceitável (ASSIS; MAFIA, 2007).

## 7. Considerações gerais

A partir de germoplasmas de diferentes espécies introduzidas pela Embrapa Florestas em Rio Verde, vários clones foram selecionados nas populações base implantadas. Estes já estão e/ou serão avaliados em testes clonais e em plantios piloto, de forma a comprovar seu desempenho, seguido da indicação de plantio. Duas Unidades de Referência Tecnológica (URTs) foram implantadas em 2013 na Fazenda Florestal IV das cultivares clonais BRS 362 e BRS 363, indicadas para usos múltiplos da madeira. Em 2014 estão sendo instaladas duas URTs de *E. cloeziana* (sementes de APS de Goiânia) na Florestal II.

O clone AAC 645 tem bom desempenho para produção de madeira na região de Rio Verde comprovado, sendo portanto estimulado o seu plantio nesta região.

A inserção de espécies e híbridos interespecíficos do gênero *Corymbia*, na base de melhoramento de Rio Verde, promete trazer importantes ganhos relacionados, principalmente, à qualidade da madeira para uso energético e à tolerância a estresses bióticos e abióticos.

Encontra-se em estágio de implantação o pomar de cruzamentos em vasos. Neste, o uso de ferramentas como propagação vegetativa (clonagem e enxertia), indução de florescimento e polinização controlada, por meio da protoginia artificialmente induzida contribuirão de forma substancial para a redução do tempo gasto no programa de melhoramento genético do eucalipto e, conseqüentemente, para a maximização dos ganhos genéticos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Diretoria da Cooperativa COMIGO, pela contribuição inestimável ao setor florestal brasileiro. Também à participação efetiva dos pesquisadores Abílio Rodrigues Pacheco e Ailton Vítor Pereira (Embrapa Produtos e Mercado), na consolidação da parceria com a Cooperativa COMIGO. Aos técnicos florestais Harry Albino Hoffmann (Embrapa Florestas) e Antônio Sadao Kodama, pelo apoio na condução das atividades em campo e treinamento de técnicos da COMIGO. Aos técnicos, Marcelo Fernandes Pirozzi e Tharles Wemerson, da COMIGO, pela ajuda irrestrita em todos os momentos. À equipe de engenheiros florestais da Anglo American Níquel do Brasil- Codemin, Niquelândia, GO, Antonio Elias Fardin, André Montagner Machado e Bruno Reis, pela cessão de clones experimentais e confiança depositada no trabalho da Embrapa. À Teotônio Francisco de Assis, pelas contribuições na seleção de híbridos de *Corymbia* e ensinamentos.

## Referências

- ABAD, J. I. M.; ASSIS, T. F. de; MAFIA, R. G.; AGUIAR, A. M. Melhoramento genético do eucalipto para resistência à doenças bióticas e abióticas. In: PATOLOGIA florestal: desafios e perspectivas. Lavras: Núcleo de Estudos em Fitopatologia, UFLA, 2013. p. 137-155.
- 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**. Disponível em: <[http://www.ipef.br/geodatabase/repository/651da1d8va615cz1ad1da8s4rq8146a1dsa2132c1zn1/bra\\_1\\_zoneamento.pdf](http://www.ipef.br/geodatabase/repository/651da1d8va615cz1ad1da8s4rq8146a1dsa2132c1zn1/bra_1_zoneamento.pdf)>. Acesso em: 07 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](http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf)>. Acesso em: 06 fev. 2014.
- ARANTES, M. D. C. **Varição nas características da madeira e do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. 2009. 149 f. Tese (Doutorado Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: Ed da UFV. 2007. p. 93-121.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Cidade Nova, v. 189, n. 185, p. 32-51, 1996.
- 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.
- BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MÜLLER, M. D.; COUTO, L. O estado da arte da qualidade da madeira para produção de energia: um enfoque nos tratamentos silviculturais. **Biomassa & Energia**, Viçosa, MG, v. 2, n. 2, p. 141-158, 2005.

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.

CARNEIRO, A. C. O.; MENDES, A. F. N. C.; CASTRO, R. V. O.; SANTOS, R. C.; FERREIRA, L. P.; DAMÁSIO, R. A. P.; VITAL, B. R. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 375-381, 2014.

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

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: Ed da UFV, 2010. 200 p.

GOIÁS. Secretaria de Estado e Infraestrutura. Superintendência de Energia. **Balço Energético do Estado de Goiás**: BEGO 2013: Goiânia, 2013. 88 p. (Série 2001-2012).

GOIÁS. Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás. **Perfil competitivo das regiões de planejamento do Estado de Goiás**. Goiânia, 2010. 109 p. Disponível em: < <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/anexos/2011-04/f40892f24f7def77a05e7bce682943ff.pdf> >. Acesso em: 06 fev. 2014.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Brasília, DF: PNUD/FAO/IBDF/brA-45, 1978. 66 p. (Série Técnica 11).

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.; DARRAH, L. L. Compendium of recurrent selection methods and their applications. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 3, p. 1-33, 1985.

IBGE. **Banco de dados SIDRA**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=291&z=t&o=29>>. Acesso em: 06 fev. 2014.

INDICADORES econômicos: estatísticas básicas. **Revista Economia & Desenvolvimento**, Goiânia, v. 13, n. 31, 2013. Disponível em: <<http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2013-05/revistaeconomia.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2014.

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: **CORYMBIA RESEARCH MEETING, 2005**, Gympie, Queensland. [Proceedings...]. Gympie: The State of Queensland, Department of Primary Industries and Fisheries, 2005. p. 5-7.

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).

PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, J. C.; FAQUIN, V. MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 523-533, 2011.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T. do; ANDRADE, A. P. A. de; ABREU, A. L. S.; AZEVEDO, A. C. dos S. Poder calorífico da madeira e resíduos lignocelulósicos. **Biomassa & Energia**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

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: Ed da UFLA, 2012. 522 p.

RESENDE, M. D. V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 560 p.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 130 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. 2011. p. 413-440.

SILVA, P. H. M.; MORAES, C. B.; MORI, E. S. Polinização controlada em eucaliptos nas empresas florestais brasileiras. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 204, 2012, 15 p.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Areia quartzosa / Neossolo quartzarênico. In: MIRANDA, Z. de J. G.; SOUSA, E. dos S. de; KINPARA, D. I.; VILELA, M. de F.; SANZONOWICZ, C.; FIGUEREDO, S. F. (Ed.). **Árvore do conhecimento: bioma cerrado**. Brasília, DF: Embrapa, [ano]. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_2\\_10112005101955.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html)>. Acesso em: 11 jul. 2013.

VITAL, B. R.; Carneiro, A. C. O.; PEREIRA, B. L. C. Qualidade da madeira para fins energéticos. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. de (Org.). **Bioenergia e biorrefinaria**. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2013. v. 1. p. 321-354.

WALKER, J. C. F. Drying of timber. In: WALKER, J. C. F. (Ed.). **Primary wood processing: principles and practice**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 251-296.

**Embrapa**

---

**Florestas**