

Colombo, PR / Maio, 2026

## Cultivar BRSGTR 0701 Versátil de *Eucalyptus benthamii*

Paulo Eduardo Telles dos Santos<sup>(1)</sup>, Estefano Paludzyszyn Filho<sup>(1)</sup><sup>(1)</sup>Pesquisadores, Embrapa Florestas, Colombo, PR.

### Introdução

A produtividade e a adaptação de *Eucalyptus benthamii* em regiões sujeitas às geadas severas no Sul do Brasil dependem, em grande medida, da amplitude de sua base genética (Santos et al., 2020; Bush et al., 2023). Entretanto, as primeiras introduções da espécie no país partiram de um número reduzido de matrizes, o que limitou o potencial de ganho genético e elevou os riscos de endogamia (Santos et al., 2020).

Para ampliar a variabilidade genética da espécie e sustentar estratégias de melhoramento voltadas à produção de madeira e à adaptação às condições edafoclimáticas restritivas, a Embrapa introduziu, a partir de 2005, novos acessos provenientes de diferentes regiões da Austrália, como Kedumba Valley e Bents Basin, Nova Gales do Sul (Santos et al., 2020). Esse acervo incluiu progênies de polinização aberta e lotes de pomares de sementes.

Esses materiais foram incorporados ao programa de melhoramento genético conduzido pela Embrapa, em parceria com a Golden Tree Reflorestadora Ltda., em áreas experimentais localizadas nos municípios de Cândói e Guarapuava, Paraná (Santos et al., 2020). Isso possibilitou a avaliação comparativa de desempenho e a estruturação de uma base genética mais ampla.

O ingresso dessas novas fontes de variabilidade fortaleceu a base do programa de melhoramento e criou condições para a seleção de materiais

superiores destinados à produção de sementes e, também, mudas para plantios comerciais em regiões sujeitas ao frio intenso. Como primeiro resultado tecnológico desse processo, obteve-se a cultivar seminal BRSGTR 0701 Versátil. Este comunicado tem como objetivo apresentar os principais elementos relacionados à sua origem, desenvolvimento e potencial de uso.

Atualmente, a espécie é considerada o melhor material genético disponível para viabilizar plantios comerciais em condições de elevada altitude no Brasil e tolerar geadas moderadas a severas. Nesta última situação, desde que o abaixamento de temperatura aconteça de forma gradual e limitado a -10 °C. Esta é sua principal característica e razão pela qual a Embrapa Florestas se dedicou ao seu melhoramento genético. No país, a oferta de material genético melhorado de outras espécies subtropicais capazes de resistirem às geadas é extremamente limitada e, por vezes, inexistente. *E. benthamii* apresenta também rápido crescimento e boa forma de fuste, além de produtividade de madeira condizente em proporcionar satisfatórios retornos econômicos aos empreendimentos florestais.

A principal aplicação do ativo é a obtenção de volumes sustentáveis de madeira em localidades sujeitas às geadas, especialmente na região Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul),

assim como em áreas montanhosas de Minas Gerais e São Paulo. Para o seu pleno desenvolvimento, é preferível efetuar o plantio no início da primavera em locais sob condições de temperatura média anual entre 13 e 17 °C.

A madeira é utilizada para usos múltiplos, mas é predominantemente aproveitada para a geração de energia, tanto na forma primária como após agregação tecnológica, sendo uma das principais alternativas para as cooperativas agrícolas localizadas em regiões de clima frio, que dependem da biomassa florestal para a produção de cavacos destinados à secagem de grãos, aquecimento de água e geração de vapor. É também muito usada na forma de madeira roliça em construções civis e rurais, tendo, portanto, alto potencial para usos gerais.

## Clima e solo do local de desenvolvimento da cultivar

O município de Candói, no qual se situa o experimento transformado no campo de sementes da Versátil (Pomar de Sementes Melhoradas - PSM) encontra-se inserido na Região Bioclimática 1 (Carpanezzi, 1986). Portanto, está sob influência do clima tipo temperado quente (Cfb), de acordo com a classificação de Köppen, com grande número de horas de frio acumuladas durante o inverno, temperatura média do mês mais frio menor que 18 °C e temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C. O risco de geadas é alto, em decorrência da posição meridional e da elevada altitude. O relevo da região varia de tipicamente suave ondulado a ondulado. A Região Bioclimática 1 apresenta: altitude entre 650 e 1.100 m, temperatura média anual entre 15 e 19 °C, temperatura mínima absoluta entre -5 e -10 °C, número médio de geadas por ano entre 1 e 40, precipitação média anual entre 1.250 e 2.500 mm, distribuição de chuvas uniforme ou intermediária e ausência de déficit hídrico.

Com base nos registros efetuados em estações meteorológicas e pluviométricas situadas no município de Guarapuava, PR, Wrege et al. (2012) relatam os seguintes dados climáticos complementares: média do total de horas de frio (<7,2 °C), de maio a agosto de 260 horas e, de maio a setembro, de 285 horas; média de insolação anual de 152 horas; média da radiação solar global anual de 12,2 MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>; velocidade média do vento anual de 2,9 m s<sup>-1</sup>; umidade relativa do ar média anual de 78%; média da evapotranspiração potencial acumulada anual de 789 mm e média da precipitação pluviométrica acumulada anual de 1.870 mm.

A precipitação pluviométrica é bem distribuída ao longo das estações do ano, tornando os períodos secos ocasionais, havendo sempre diferença positiva entre a média mensal de chuva e a evapotranspiração potencial.

No que se refere ao tipo de solo, a gleba de desenvolvimento e produção de sementes da cultivar, implantada pela Embrapa Florestas e Golden Tree Reflorestadora, enquadra-se dentro da seguinte classificação taxonômica: LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico, textura argilosa, horizonte A proeminente, relevo suave ondulado. A identificação foi realizada tomando por base os mapas de solos do estado do Paraná (escala 1:250.000), publicados por Bhering et al. (2007) e, também, observações complementares efetuadas especificamente nos referidos locais.

## Detalhamento experimental

A Embrapa, tendo a percepção do potencial da espécie e ciente de sua restrita base genética, decidiu envidar esforços para ampliá-la. Para isso, 30 progênies de polinização aberta de Kedumba Valley, NSW (latitude 33°49'S, longitude 150°23'L e altitude 140 m), seis de Bents Basin, NSW (latitude 33°52'S, longitude 150°38'L e altitude 40 m) e, também, lotes de sementes em "bulk" de Crossley Seedling Seed Orchard (18 árvores, latitude 35°28'S, longitude 145°00'L e altitude 90 m) e Seedling Seed Orchard Barclays Deniliquin (28 árvores, latitude 35°01'S, longitude 145°13'L e altitude 100 m) foram importados e enviados pela CSIRO em 2005. Esse germoplasma contribuiu para aumentar a base genética para a condução do programa institucional de melhoramento visando adaptação, taxa de crescimento e qualidade da madeira.

O delineamento experimental adotado para instalação do material no campo foi o de blocos casualizados contendo 50 repetições, parcelas de uma única planta, espaçamento inicial de três metros entre linhas e de quatro metros entre plantas na linha, resultando uma área de 2,4 hectares. O preparo da área consistiu de operações de subsolagem, adubação de base com super simples (250 Kg ha<sup>-1</sup>) e adubação de cobertura (NPK 5-25-25, 125 Kg ha<sup>-1</sup>). O controle de plantas daninhas foi feito à base de aplicação motorizada de herbicidas pré-emergentes (oxifluorfen e isoxaflutole) e pós emergente (glifosato), além de capinas manuais esporádicas do tipo coroamento. O controle de formigas cortadeiras (saúvas) foi feito por meio da aplicação sistemática pós-plantio de iscas formuladas à base de sulfluramida e, durante o desenvolvimento das plantas, por

meio de percursos periódicos na área para aplicação de isca nas proximidades dos ninhos ativos.

Não foram realizadas intervenções deliberadas de desrama na área experimental por ser desejável a formação de copas amplas de modo a favorecer a futura produção de frutos/sementes. A desrama foi apenas natural devido à perda gradativa da

funcionalidade dos galhos provocada pelo sombreamento. Por outro lado, foram conduzidos diversos desbastes seletivos, conforme indicado na Tabela 1 a seguir. Ocasionalmente, as árvores comprometidas por ação de ventos, raios ou agentes biológicos foram sendo sistematicamente eliminadas da área.

**Tabela 1.** Cronograma de desbastes periódicos realizados na área experimental com as respectivas intensidades aplicadas e o número aproximado de plantas remanescentes.

Mês/Ano	Número de plantas existentes	Intensidade de desbaste	Número de plantas remanescentes
05/2007	2.000	0%	2.000
03/2009	2.000	30%	1.400
03/2010	1.400	50%	700
12/2010	700	29%	500
04/2014	500	32%	340
2017	340	17,5%	280
2022	280	5,5%	265
2026	265	6,0%	250

## Características e desempenho da cultivar

### Características avaliadas e critérios de seleção

Os atributos de interesse considerados prioritários e avaliados no programa de melhoramento genético da espécie *E. benthamii* foram classificados em quatro categorias, conforme segue:

- Características silviculturais das árvores: retidão do fuste, quantidade e espessura de galhos, circularidade na base e sanidade.
- Características de crescimento das árvores: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e volume de madeira.
- Características tecnológicas da madeira para energia (densidade básica e poder calorífico superior), polpação (teor de lignina Klason, teor de lignina solúvel, teor de açúcares, teor de extrativos e teor de cinzas) e carvoejamento (densidade básica, teor de lignina e teor de cinzas).
- Tolerância ao frio: taxa de mortalidade e de danos às copas das árvores após ocorrência de geadas (queima de folhas e brotos provocada pelas baixas temperaturas).

Essa abordagem orientou a seleção de indivíduos com desempenho superior para produção de madeira e boa adaptação às condições de frio da região Sul do Brasil.

A Tabela 2 reúne os resultados obtidos para características de crescimento (DAP, altura total e volume de madeira por árvore).

**Tabela 2.** Crescimento das árvores da cultivar Versátil, avaliadas aos sete anos de idade, no município de Candói, Paraná.

Atributo	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume de madeira por árvore (m³)
Média	35,2	29,8	1,47
Maior valor	52,8	34,6	2,89
Menor valor	26,1	21,8	0,79
Amplitude	26,7	12,8	2,10
Desvio-padrão	4,190	1,935	0,340
IMA	5,0	4,3	0,21

Nota: Valores referentes a 314 árvores avaliadas. Na estimativa do volume de madeira por árvore, foi adotado fator de forma 0,5. IMA: incremento médio anual (cm ano<sup>-1</sup> para DAP; m ano<sup>-1</sup> para altura; m³ ano<sup>-1</sup> para volume). DAP: Diâmetro à altura do peito.

Avaliações periódicas de desempenho foram realizadas no experimento de Candói. Aos cinco anos foi realizada, além da avaliação de crescimento, uma amostragem, ao acaso, de lenho em 50 árvores para se determinar a densidade básica média da madeira. A média da densidade básica foi de  $0,456 \text{ g cm}^{-3}$ , sendo o limite inferior e superior  $0,371 \text{ g cm}^{-3}$  e  $0,533 \text{ g cm}^{-3}$ , respectivamente. A grande maioria das estimativas (86%) ficou dentro do intervalo de densidade entre  $0,400 \text{ g cm}^{-3}$  e  $0,500 \text{ g cm}^{-3}$ .

Esse padrão indicou aptidão da madeira para uso energético e aplicações convencionais (como madeira roliça para uso geral nas propriedades rurais, trabalhos de carpintaria e de marcenaria). Uma caracterização fenotípica complementar foi realizada, aos sete anos de idade, em todos os 314 indivíduos que foram mantidos ao processo de desenvolvimento da cultivar, na ocasião direcionada para medições de crescimento (diâmetro à altura do peito - (DAP) e altura total, que serviram de base para os cálculos de volume individual de madeira).

Por sua vez, à idade de nove anos, um grupo de 13 matrizes foi submetido a corte raso para caracterização tecnológica da madeira e para se

obter estimativas de volume de madeira adicionais. Dentre essas, três matrizes (203, 206 e 210) foram avaliadas quanto à composição química da madeira, com análises realizadas no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Embrapa Florestas. Foram determinados teores de cinzas, extrativos, lignina e carboidratos, permitindo aprimorar o conhecimento sobre o potencial de uso da madeira. Os resultados indicam aptidão para uso energético (lenha, carvão, pellets e biocombustíveis) e, também, para processos industriais baseados em biomassa lignocelulósica (Tabelas 3 e 4).

Considerando a variabilidade presente unicamente para a característica densidade básica da madeira na referida população, há possibilidade de canalizar esforços direcionados à obtenção de variantes tecnológicas dentro da própria cultivar. Ao confrontar com dados de literatura, é possível considerar perspectivas promissoras em melhorar os rendimentos para aproveitamento tanto para carvão industrial (idealmente acima de  $0,560 \text{ g cm}^{-3}$ , conforme citado por Kruchelski et al., 2021) como para polpação (entre  $0,450$  e  $0,550 \text{ g cm}^{-3}$ , segundo Wehr; Barrichelo, 1992).

**Tabela 3.** Crescimento e propriedades da madeira de 13 matrizes de *Eucalyptus benthamii*, aos nove anos de idade, no município de Candói, Paraná.

Identificação da árvore matriz	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume madeira com casca ( $\text{m}^3$ )	Volume madeira sem casca ( $\text{m}^3$ )	Casca (%)	Volume do cerne ( $\text{m}^3$ )	Volume do alburno ( $\text{m}^3$ )	Relação cerne/alburno	Densidade básica ( $\text{g cm}^{-3}$ )
202	51,9	32,6	2,49	2,06	17,4	0,84	1,22	0,69	0,458
203	48,7	33,7	2,60	2,14	17,8	1,13	1,00	1,13	0,537
204	44,9	29,2	1,65	1,32	20,1	0,56	0,76	0,73	0,572
206	50,3	38,3	3,16	2,73	13,8	1,25	1,48	0,85	0,474
207	55,7	35,1	3,26	2,75	15,7	1,56	1,19	1,31	0,481
208	48,7	37,8	3,06	2,50	18,2	1,30	1,20	1,09	0,519
209	46,8	33,1	2,13	1,73	19,0	0,79	0,94	0,84	0,491
210	42,0	34,9	2,13	1,68	21,0	0,69	0,99	0,70	0,512
211	49,0	32,6	2,44	1,99	18,7	0,89	1,10	0,81	0,516
212	44,2	38,8	2,39	1,97	17,4	0,96	1,02	0,94	0,533
213	47,7	39,9	2,94	2,49	15,4	1,18	1,31	0,90	0,471
214	49,7	34,1	2,04	1,69	17,0	0,98	0,72	1,36	0,460
215	45,5	35,2	2,62	2,16	17,5	1,09	1,07	1,02	0,518
Média	48,1	35,0	2,53	2,09	17,61	1,02	1,08	0,95	0,503
Maior	55,7	39,9	3,26	2,75	21,01	1,56	1,48	1,36	0,572
Menor	42,0	29,2	1,65	1,32	13,76	0,56	0,72	0,69	0,458
Amplitude	13,7	10,7	1,61	1,43	7,25	1,00	0,76	0,67	0,113
Desvio padrão	3,555	3,007	0,479	0,432	1,934	0,273	0,209	0,219	0,034
IMA	5,3	3,9	0,28	0,23	-	0,11	0,12	-	-

DAP: Diâmetro à altura do peito. IMA: incremento médio anual ( $\text{m ano}^{-1}$  para altura total;  $\text{cm ano}^{-1}$  para DAP;  $\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$  para volume de madeira).

A determinação da densidade básica da madeira aos cinco e nove anos de idade, revelou, considerando o conjunto de árvores amostradas, que os valores encontrados são característicos de madeiras das espécies de eucalipto classificadas como de média densidade (Wehr; Barrichelo, 1992; Foelkel, 2026). A título de comparação, nas condições da Área de Proteção Ambiental de Iraí, localizada no município de Pinhais, Paraná, num experimento conduzido

por Kruchelski et al. (2021) com *E. benthamii* para comparar sistemas integrados de produção versus sistema de monocultivo florestal, em solos classificados como Oxisols e Inceptosols e de mesmo tipo climático de Candói (Cfb), as densidades da madeira, aos seis anos de idade, variaram de 0,435 a 0,490 g cm<sup>-3</sup>, estando, portanto, dentro da faixa normalmente encontrada em estudos dessa natureza.

**Tabela 4.** Caracterização química da madeira de três matrizes de *Eucalyptus benthamii*, aos nove anos de idade, em Candói, PR, com base em amostras de lenho obtidas nas posições 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial.

Identificação da matriz	Teor de cinzas (%)	Teor de extrativos (%)	Teor de lignina Klason (%)	Teor de lignina solúvel em ácido (%)	Teor de holocelulose (%)	Teor de celulose (%)	Teor de arabinana (%)	Teor de galactana (%)	Teor de xilana (%)
203	0,28	2,20	24,25	1,89	71,38	56,91	0,43	1,39	12,65
206	0,36	1,19	24,52	2,88	71,05	57,04	1,94	0,42	11,65
210	0,32	2,77	28,34	1,08	67,49	54,76	0,33	1,64	10,75

Os valores apresentados correspondem à média ponderada considerando os volumes de cada seção do tronco.

Conforme visto, a madeira de *E. benthamii* é utilizada para usos múltiplos, sendo predominantemente aproveitada para a geração de energia, tanto na forma primária como após agregação tecnológica. A obtenção de produtos energéticos de alto valor agregado, a partir da madeira bruta, envolve processos sofisticados de conversão que transformam a biomassa sólida em combustíveis líquidos, gasosos ou sólidos densificados de alta eficiência. Esses processos se enquadram no conceito de biorrefinaria florestal, que visa maximizar o valor dos componentes da madeira (celulose, hemicelulose e lignina).

Os principais processos e produtos dentro dessa categoria são apresentados didaticamente a seguir, ressaltando que estudos específicos a partir da madeira de *E. benthamii* são ainda incipientes.

### Processos termoquímicos (calor e reações químicas)

São os mais utilizados para converter a estrutura da madeira em energia e combustíveis:

- Pirólise (rápida ou lenta): Decomposição térmica da madeira na ausência de oxigênio. Produz bio-óleo (combustível líquido, que pode ser refinado), biocarvão (sólido com alto poder calorífico) e gases combustíveis.
- Gaseificação: Conversão da madeira a temperaturas muito altas em um ambiente com oxigênio controlado, resultando em gás de síntese (syngas), composto de hidrogênio e

monóxido de carbono. Este gás pode ser usado para gerar eletricidade ou transformado em combustíveis líquidos (via Fischer-Tropsch).

- Torrefação: Torrefação da madeira a baixas temperaturas (200-300 °C) para aumentar sua densidade energética e hidrofobicidade (não absorção de água), gerando um produto superior para a queima.
- Liquefação hidrotérmica: Processo que utiliza água em alta pressão e temperatura para converter a biomassa em bio-óleo, ideal para matérias-primas úmidas.

### Processos físicos e mecânicos (densificação)

Aumentam o valor energético e facilitam o transporte da madeira bruta:

- Produção de pellets e briquetes: A madeira é triturada, seca e compactada sob alta pressão. Isso aumenta a densidade energética por volume e padroniza o combustível, permitindo queima automatizada e eficiente.

### Processos bioquímicos e químicos

Utilizam enzimas ou reagentes para quebrar a estrutura da madeira:

- Hidrólise e fermentação (etanol celulósico): A madeira é pré-tratada e hidrolisada (quebrada) para liberar açúcares, que são fermentados

para produzir bioetanol de segunda geração (2G).

- Extração de lignina: Processos químicos (como o licor negro na indústria de celulose) separam a lignina, que pode ser processada para substituir combustíveis fósseis e produzir combustíveis renováveis.

### Principais produtos de alto valor agregado

- Bio-óleo (óleo combustível renovável): Pode substituir óleos minerais.
- Carvão vegetal (para siderurgia): Utilizado para substituir o coque na produção de aço.
- Pellets e briquetes de alta densidade: Para energia térmica industrial ou residencial.
- Biometanol ou biogás: Combustíveis gasosos de alta pureza.
- Açúcares fermentáveis e xilitol: Intermediários químicos.

Essas tecnologias transformam resíduos de madeira (cavaco e serragem) e madeira bruta em fontes de energia renovável, neutras em carbono, e promovem a bioeconomia.

### Adaptação climática

No contexto de adaptação climática, esforços vêm sendo direcionados para aumento da resiliência da cultivar Versátil de *E. benthamii* frente às adversidades climáticas. Nos últimos onze anos (entre os anos de 2015-2026), foram registrados na região Sul do Brasil eventos significativos de geada (com registros de temperaturas inferiores a -7 °C em determinadas localidades) e até neve. O Paraná, em especial, registrou geadas intensas em junho de 2025. Nesse intervalo de tempo também foram registrados episódios notáveis de neve, concentrados principalmente na região Sul, com destaque para a Serra Catarinense e os Campos de Cima da Serra no Rio Grande do Sul. No ano de 2013, particularmente, houve ocorrência significativa de neve na região de Guarapuava, Paraná. Essas ocorrências reforçam a importância da utilização de materiais genéticos, em especial de *E. benthamii*, adaptados ao frio, capazes de manter a sobrevivência e o crescimento sob condições de estresse térmico.

Entre 1991 e 2024, ocorreram 177 eventos significativos de geadas no Brasil, com alta frequência no Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul,

Santa Catarina e Minas Gerais, e registros de desastres relacionados às geadas, com Santa Catarina e Rio Grande do Sul destacando-se na frequência do fenômeno. O Paraná registrou, em 2024 e 2025, algumas das madrugadas mais frias da última década, com ocorrência de geada branca intensa, inclusive na região de Cândói.

### Aprimoramento genético da cultivar

#### Contribuições da seleção genômica

A incorporação da seleção genômica ao programa de melhoramento de *E. benthamii* permitiu aprimorar o processo de seleção de genótipos com características de melhor desenvolvimento das mudas e que se mostraram mais tolerantes às geadas.

Inicialmente, as seleções foram baseadas em avaliações fenotípicas, genealógicas e em métodos de genética quantitativa. Com a introdução da abordagem genômica, passou a ser possível aumentar a precisão das estimativas de valor genético e antecipar decisões de seleção.

Como resultado, a seleção genômica tem contribuído para reduzir riscos de endogamia, aumentar a eficiência do melhoramento e acelerar a obtenção de materiais mais adaptados às condições de frio.

#### Produção de sementes melhoradas

O experimento, implantado em Cândói, foi conduzido por meio de sucessivos desbastes seletivos, com base principalmente em critérios de crescimento, forma do fuste, sanidade das árvores e adaptação geral. Esse processo permitiu a eliminação progressiva de indivíduos inferiores e a concentração de genótipos superiores na área.

Após as intervenções de manejo e seleção ao longo do tempo, a área foi convertida em Pomar de Sementes Melhoradas (PSM), consolidando-se como fonte qualificada de sementes com base genética ampliada e maior valor genético.

Atualmente, o PSM constitui a principal fonte de sementes melhoradas de *E. benthamii* sob responsabilidade técnica da Embrapa. Os materiais oriundos desse pomar apresentam elevado potencial produtivo e adaptação às condições de frio.

Como resultado desse processo de seleção recorrente, foi obtida a cultivar seminal Versátil, inscrita no Registro Nacional de Cultivares (RNC) sob o número 40871.

## Desempenho de materiais de alta capacidade específica de combinação

Com base em informações de parentesco, posicionamento em campo e comportamento de florescimento, foram identificadas combinações entre matrizes com potencial para gerar materiais mais produtivos.

A colheita de sementes dessas combinações e a implantação de testes em campo na região de Guarapuava permitiu verificar que parte desses materiais (progênies) apresentou desempenho superior em crescimento quando comparados a uma testemunha comercial. Como resultado, observou-se

a formação de descendentes mais vigorosos, com maior produtividade de madeira por área.

Esses resultados indicam potencial para aumento da produtividade por hectare, podendo contribuir para a manutenção da produção em áreas menores ou para ampliação da produção na mesma área.

A Tabela 5 apresenta uma síntese dos resultados obtidos em experimento de campo em idade compatível com a metade da rotação habitual.

A Tabela 6 ilustra a evolução da produção de madeira em nível de médias, aos 43 meses de idade, considerando os diferentes graus de melhoria das sementes produzidas.

**Tabela 5.** Porcentagem de plantas ativas em diferentes idades e volume de madeira em progênies de alta capacidade específica de combinação.

Material genético	3 meses pós geada (%)	12 meses (%)	37 meses (%)	43 meses (%)	Volume de madeira (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
Progênies seminais híbridas	94	95	92	84	186
Material seminal de 2ª geração	95	90	90	63	119

Nota: A expressão "plantas ativas" refere-se a indivíduos da parcela experimental com sobrevivência, integridade estrutural e crescimento compatíveis com o padrão da progênie, aptos a contribuir para a estimativa do potencial produtivo; o material seminal de 2ª geração corresponde a sementes provenientes de Área de Produção de Sementes (APS).

**Tabela 6.** Incremento médio da produção de madeira (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) em função do aprimoramento no uso de ferramentas de melhoramento genético.

Grau de melhoramento	Origem	Volume de madeira (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Incremento em relação ao grau anterior (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
Cruzamentos aleatórios	Sem melhoramento	52	–
APS (2ª geração)	Sementes melhoradas	119	+ 67
PSM - seleção fenotípica	Sementes por desempenho em campo	150	+ 31
PSM - seleção genética	Seleção genômica	162	+ 12
Cultivar Versátil - colheita de frutos orientada	Sementes altamente selecionadas	186	+ 24

APS: Área de Produção de Sementes; PSM: Pomar de Sementes por Mudanças.

## Comparativo de desempenho

*E. benthamii* apresenta adaptações fisiológicas interessantes quando comparado às espécies *E. grandis* e *E. dunnii* (Tabela 7).

**Tabela 7.** Comparação entre espécies de eucalipto quanto ao uso da água e resposta ao estresse hídrico.

Espécie	Eficiência hídrica	Comportamento sob estresse
<i>E. benthamii</i>	Alta	Mantém produtividade e reduz perdas por controle estomático.
<i>E. grandis</i>	Moderada	Maior consumo de água e maior sensibilidade à seca.
<i>E. dunnii</i>	Alta	Boa tolerância ao frio, com consumo hídrico moderado.

O consumo de água pelos eucaliptos está diretamente relacionado à sua elevada taxa de crescimento. No entanto, os indicativos são de que apresentam inclusive uma maior eficiência no uso da água, não consumindo mais água por unidade de biomassa produzida do que qualquer outra espécie florestal (Lima, 2010).

## Resumo de indicações técnicas comprovadas e em validação para a cultivar Versátil

A cultivar Versátil é indicada para plantios comerciais em regiões de clima frio do Sul do Brasil, especialmente em áreas sujeitas à ocorrência de geadas.

### Ambientes recomendados

- Regiões com altitude média a elevada ( $\geq 700$  m).
- Áreas com ocorrência frequente de geadas.
- Clima do tipo Cfb (temperado úmido).
- Solos bem drenados, preferencialmente de média a alta fertilidade.

### Finalidades de uso

- Geração de energia: produção de cavacos e lenha para secagem de grãos, aquecimento de água e geração de vapor.

- Uso estrutural leve: madeira roliça para construções rurais.
- Sistemas agroindustriais: fornecimento regular de biomassa em cooperativas e propriedades agrícolas.

## Desempenho esperado

- Alta sobrevivência em áreas sujeitas às geadas.
- Maior produtividade de madeira em comparação com materiais genéticos não melhorados, ampliando a eficiência produtiva da área e maior rentabilidade ao produtor.

## Recomendações de manejo

- Realizar o plantio preferencialmente entre setembro e março, evitando o período de maior risco de geadas.
- Priorizar áreas com boa drenagem e preparo adequado do solo.
- Adotar práticas silviculturais compatíveis com a finalidade de uso (energia ou uso múltiplo).

## Limitações e cuidados

- Evitar plantios em áreas sujeitas ao encharcamento.
- Em regiões com geadas muito severas e recorrentes, recomenda-se atenção especial no estabelecimento inicial do plantio.
- A produtividade pode ser influenciada pela qualidade do sítio e pelo manejo adotado.

## Contribuições ecossistêmicas do cultivo

Embora seja frequentemente visto sob a ótica estritamente produtiva (obtenção de madeira), segundo Lima (1993) e Parron et al. (2021), os eucaliptos de forma geral também desempenham papéis ambientais cruciais, especialmente quando manejados sob princípios de silvicultura sustentável, como por exemplo:

- Fixação de carbono: devido ao rápido crescimento, a espécie apresenta elevada

capacidade de sequestro de carbono, com armazenamento na biomassa e no solo.

- Proteção do solo: a deposição de serapilheira contribui para redução da erosão, manutenção da umidade e ciclagem de nutrientes.
- Integração em paisagens produtivas: em sistemas com áreas de preservação, os plantios podem atuar como zonas de amortecimento e favorecer a conectividade entre fragmentos florestais.

Em relação ao uso da água, *E. benthamii* apresenta boa eficiência em converter água em biomassa, sendo adequado para regiões de clima frio, onde mantém produtividade mesmo sob variações hídricas moderadas.

A cultivar BRSGTR 0701 Versátil de *E. benthamii* está alinhada aos princípios da Agenda 2030 das Nações Unidas, contribuindo de forma direta para quatro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Destaca-se sua contribuição para: ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), ao viabilizar a produção sustentável de biomassa florestal para geração de energia renovável; ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao promover o uso eficiente e multifuncional da madeira; ODS 15 (Vida Terrestre), ao possibilitar a produção de madeira em áreas aptas, reduzindo a pressão sobre florestas nativas e ODS 17 (Parceria em Prol das Metas), uma vez que essa cultivar é fruto de uma parceria público-privada estabelecida entre a Embrapa Florestas e a Golden Tree Reflorestadora.

## Referências

- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P. de; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 73 p. (Embrapa Solos. Documentos, 96). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/339505/2/PR-600.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- BUSH, D.; ANDREJOW, G. M. P.; ENGLAND, N.; ESTOPA, R. A.; GORE, P.; GRATTAPAGLIA, D.; HEBERLING, M.; TAMBARUSSI, E. V.; VAUGHAN, B. Conservation, domestication and breeding of *Eucalyptus benthamii*, a threatened, cold tolerant subtropical species with a restricted genetic base and lot of potential. **Agrociencia Uruguay**, v. 27, e1270. DOI: <https://doi.org/10.31285/AGRO.27.1270>.
- CARPANEZZI, A. A. (coord.). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Curitiba, 1986. 89 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 17). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17021/1/doc17.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- FOELKEL, C. Classificação da densidade básica da madeira de eucaliptos. **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, pergunta n. 1037, [s.d.]. Disponível em: [https://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/1037\\_Classificacao%20madeiras%20eucalipto%20pela%20densidade.pdf](https://www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/1037_Classificacao%20madeiras%20eucalipto%20pela%20densidade.pdf). Acesso em: 30 abr. 2026.
- KRUCHELSKI, S.; TRAUTENMULLER, J. W.; DEISS, L.; TREVISAN, R.; CUBBAGE, F.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de. *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage growth and wood density in integrated crop-livestock systems. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 8, p. 1577-1588, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00672-0>.
- LIMA, W. de P. **A silvicultura e a água: ciência, dogmas, desafios**. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2010. 64 p. (Cadernos do Diálogo, 1).
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; CAMPANHA, M. M.; MAIA, C. M. B. de F.; QUEIROZ, D. L. de; PEIXOTO, R. T. dos G.; FRITZSONS, E.; WREGE, M. S. Serviços ecossistêmicos e eucalipto. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO JUNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 611-666. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1131886/1/EmbrapaFlorestas-2021-LV-EucaliptoEmbrapa-cap14.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- SANTOS, P. E. T. dos; PALUDZYSZYN FILHO, E.; MAGALHÃES, W. L. E.; BEN, T. J.; MOREIRA, S. **Melhoramento genético de eucaliptos subtropicais: contribuições para a espécie *Eucalyptus benthamii***. Colombo: Embrapa Florestas, 2020. 82 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 347). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- WEHR, T. R.; BARRICHELO, L. E. G. Cozimentos kraft com madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes densidades básicas e dimensões de cavacos. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 25. 1992, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABTCP, 1992. v. 25, p. 161-177.
- WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de (ed.). **Atlas climático da região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 333 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1045852/1/AtlasclimaticoderegiaoSuldoBrasil.pdf>. Acesso em 30 abr. 2026.

**Embrapa Florestas**

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba  
Caixa Postal 319  
83411-000 Colombo, PR  
Fone: (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 Local de Publicações

Presidente: *Cristiane Aparecida Fioravante Reis*

Vice-presidente: *Marina Moura Morales*

Secretária-executiva: *Elisabete Marques Oaida*

Membros: *Annete Bonnet, Douglas Lau, Elene Yamazaki Lau, Guilherme Schnell e Schühli, José Elidney Pinto Júnior, Luís Cláudio Maranhão Froufe, Paulo Marcelo Veras de Paiva e Sandra Bos Mikich.*

**Comunicado Técnico 521**

ISSN 1517-5030 / e-ISSN 1980-3982  
Maio, 2026

Edição executiva: *Cristiane Aparecida Fioravante Reis*

Revisão de texto: Paula Geron Saiz

Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche*  
(CRB-9/1204)

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Diagramação: *Celso Alexandre de Oliveira Eduardo*

Publicação digital: PDF



**Ministério da  
Agricultura e Pecuária**

Todos os direitos reservados à Embrapa.