

# Uso do modelo de crescimento 3-PG para o zoneamento do potencial produtivo do eucalipto no estado de Minas Gerais

## Use of crop growth model 3-PG for zoning eucalyptus potential productivity in Minas Gerais state, Brazil

Daniel Pereira Guimarães<sup>1</sup>, Gualter Guenther Costa Silva<sup>2</sup>, Luiz Marcelo Aguiar Sans<sup>1</sup>,  
Fernando Palha Leite<sup>2</sup>

- NOTA TÉCNICA/TECHNICAL NOTE -

**Resumo:** O zoneamento do potencial produtivo do eucalipto para o estado de Minas Gerais, a partir das estimativas realizadas pelo modelo de crescimento 3-PG, permite a formulação de políticas para um melhor aproveitamento do espaço rural, direcionamento de programas de fomento florestal, seleção de áreas prioritárias para reflorestamentos e definição de níveis de produtividades locais. A parametrização do modelo levou em consideração o uso de sistemas de produção de médio e alto nível tecnológico. A partir das estimativas realizadas pelo modelo 3-PG identificou-se que o uso de alto nível tecnológico, compreendendo o plantio de materiais selecionados e técnicas adequadas de nutrição e manejo dos povoamentos permite ganhos em produtividade cerca de duas vezes maior do que os valores obtidos em plantios convencionais. O modelo 3-PG mostrou-se uma ferramenta adequada para a estimativa do potencial produtivo do eucalipto, em escala regional, considerando-se as variações climáticas, edáficas e fisiológicas. A maioria dos municípios mineiros apresenta potencial produtivo superior aos limites mínimos estabelecidos como critério de recomendação de cultivo.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produtividade florestal, modelo de simulação florestal

**Abstract:** The zoning of the Minas Gerais State, Brazil, for eucalyptus potential productivity, done with the 3PG model allows policy formulations for rural land use, program guiding and determining of local levels of productivity. The model parameterizations were done for production systems with medium and high technology. The modeling processes for high input systems, which includes the use of clone materials and adequate techniques of plant nutrition and stand management, allows doubling of productivity compared to conventional plantations. The 3PG model appears to be an adequate tool to estimate eucalyptus productivity as a function of climatic, soil and physiological variability. Most of Minas Gerais state area shows potential of eucalyptus wood production at a higher level than the minimum currently recommended.

**Keywords:** *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, forest productivity, forest simulation model

### Introdução

O Brasil tem atualmente cerca de 5,5 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo cerca de 3,4 milhões ocupados pela cultura do eucalipto. O setor florestal contribui atualmente com cerca de 4% do PIB brasileiro e é responsável direta e indiretamente pela geração de cerca de 3 milhões de empregos (LEITE, 2005).

Além dos aspectos sócio-econômicos, o cultivo de florestas apresenta importante função

ambiental, pela sua capacidade de fixação do carbono atmosférico e conseqüente contribuição para a redução do efeito estufa. Uma floresta de eucalipto pode fixar cerca de oito toneladas de carbono por hectare/ano (PAIXÃO et al., 2006). A crescente demanda de madeira, a pressão por produtos oriundos de florestas nativas e a importância das florestas na redução do efeito estufa levaram AB'SABER et al. (1990) a proporem um plano nacional de reflorestamento, até agora não implementado.

<sup>1</sup> Pesquisador, Doutor, Embrapa Milho e Sorgo. Rodovia MG 424 km 65 Caixa Postal 151, Sete Lagoas, MG, Brasil, CEP 35701-970, e-mail: [daniel@cnpms.embrapa.br](mailto:daniel@cnpms.embrapa.br)

<sup>2</sup> Pesquisador, Doutor, Celulose Nipo-Brasileira S.A., Rodovia de Ligação BR 381 km 3, Belo Oriente, MG, Brasil, CEP 35196-000, e-mail: [gualter.silva@cenibra.com.br](mailto:gualter.silva@cenibra.com.br)

A versão do modelo 3-PG utilizada neste trabalho foi desenvolvida por meio de macros do Visual Basic em planilhas do Excel (SANDS, 2004 a,b). Para sua execução, utilizou-se a parametrização obtida por SILVA (2006) para as condições de povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* e do híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* na região Centro-Leste de Minas Gerais, em áreas pertencentes à CENIBRA (Celulose Nipo Brasileira S.A). Nessa parametrização foram obtidas variáveis relacionadas com a planta (biomassa inicial de folha, fuste (tronco + galhos) e raízes, coeficientes de equações alométricas) e com as características fisiológicas (eficiência quântica do dossel

dossel, condutância estomática máxima do dossel, variáveis dependentes do tempo e outras requeridas pelo modelo). Os parâmetros de entrada do modelo, relacionados com as características fisiológicas do eucalipto, são apresentados na Tabela 1. O emprego dos parâmetros obtidos para a região Centro-Leste de Minas Gerais se deve à falta de informações para as diferentes regiões edafoclimáticas de Minas Gerais e às dificuldades de suas obtenções. A parametrização do modelo para sistemas de produção de médio e alto nível tecnológico levou em consideração as taxas de crescimento dos povoamentos definidas pela idade de fechamento do dossel.

**Tabela 1.** Parametrização do Modelo 3-PG com base nas características fisiológicas do eucalipto em dois sistemas de produção para o estado de Minas Gerais.

Parâmetro	Unidade	Coefficiente
Partição folha/lenho povoamento jovem	-	1
Partição folha/lenho povoamento adulto	-	0,09
Constante do relacionamento entre massa do tronco x Diâmetro	-	0,1076
Potência do relacionamento entre massa do tronco x Diâmetro	-	2,51
Fração máxima da produção primária líquida para raízes	-	0,5
Fração mínima da produção primária líquida para raízes	-	0,1
Taxa de queda de "litter" na idade inicial	1/mês	0,001
Taxa de queda de "litter" para plantios em idade adulta	1/mês	0,1
Taxa média de ciclagem radicular	1/mês	0,015
Temperatura mínima para o crescimento	°C	8
Temperatura ótima para o crescimento	°C	25
Temperatura máxima para o crescimento	°C	40
Nível de fertilidade	-	Variável
Resposta estomática ao déficit de pressão do vapor	mbar <sup>-1</sup>	0,04
Parâmetro relacionado com disponibilidade de água no solo	-	Variável
Idade máxima do povoamento para computar a idade relativa	ano	9
Condutância máxima do dossel	m/s	0,02
Índice de área foliar em que a condutância do dossel é máxima	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	3,33
Condutância da camada limite do dossel	m/s	0,2
Massa de lenho máxima para cada 1000 árvores/há	kg/arv	300
Área foliar específica para plantios em idade jovem	m <sup>2</sup> /kg	17
Área foliar específica para plantios em idade adulta	m <sup>2</sup> /kg	8,24
Interceptação máxima de água pelo dossel	-	0,15
Índice de Área Foliar em que a interceptação de água pelo dossel é máxima	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	3,33
Coefficiente de extinção da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel	-	0,47
Idade de fechamento do dossel	ano	1 a 3
Eficiência quântica máxima do dossel	-	0,07
Relação entre Produção Primária Líquida/ Produção Primária Bruta	-	0,47
Fração de galho e casca para plantios em idade inicial	-	0,79
Fração de galho e casca para plantios em idade adulta	-	0,11
Densidade básica mínima – plantios em idade inicial	t/m <sup>3</sup>	0,356
Densidade básica máxima – plantios em idade adulta	t/m <sup>3</sup>	0,500

**Tabela 2.** Caracterização dos principais tipos de solos que ocorrem no estado de Minas Gerais.

Solo	Textura	Fertilidade	CAD*
Areia Quartzosa	Arenosa	Baixa	30
Brunizem	Argilosa	Muito Alta	330
Cambissolo	Média	Baixa a Média	20 a 70
Latossolo	Média ou Argilosa	Média	220
Litólico	Média, Siltosa ou Argilosa	Baixa	20
Podzólico	Média ou Argilosa	Alta	300
Solo Aluvial	Siltosa ou Argilosa	Muito Alta	300
Terra Roxa	Argilosa	Muito Alta	300

\* Capacidade de Água Disponível (CAD), expressa em mm de água por metro de solo

As variáveis climatológicas foram obtidas a partir de dados disponibilizados pelo Agritempo ([www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br)), pela Agência Nacional de Águas (<http://hidroweb.ana.gov.br/>), INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)) e pela Cooperativa de Cooxupé ([www.cooxupe.com.br](http://www.cooxupe.com.br)). Eles foram relacionados com as variações de latitude, longitude e altitude com o uso de redes neurais artificiais, obtendo-se as normais climatológicas para cada município mineiro. As variáveis requeridas foram: médias mensais da temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), precipitação (mm), dias de chuva por mês (n), radiação solar líquida (MJ/m<sup>2</sup>/dia) e dias com ocorrência de geadas (n).

As variáveis edáficas foram obtidas a partir do mapa georreferenciado dos solos do estado de Minas Gerais disponibilizado pela Embrapa Solos (AMARAL et al. 2004) e do limite dos municípios mineiros disponibilizado pela Geominas ([www.geominas.mg.gov.br](http://www.geominas.mg.gov.br)). Foi possível identificar os principais tipos de solos que ocorrem em cada município, com estabelecimento de parâmetros para a determinação da fertilidade natural, textura, profundidade média e capacidade de retenção de água, agrupados em: Neossolos Quartzarêmicos (Areias Quartzosas), Neossolos litólicos (Litólicos), Cambissolos, Neossolo Flúvicos (Solos Aluviais), Argissolos (Podzólicos), Nitossolos (Terra Roxa Estruturada), Chernossolos (Brunizem) e os Latossolos. A Tabela 2 apresenta as características dos tipos de solos em função da textura, fertilidade e capacidade de armazenamento de água.

O zoneamento levou em consideração a utilização de dois sistemas de produção:

a) Sistema de Produção de Alto Nível Tecnológico, baseado nos sistemas adotados pelas principais empresas de reflorestamento que atuam no estado de Minas Gerais, com características de:

de fertilizantes e corretivos do solo de modo a suprir as necessidades do povoamento durante o ciclo do crescimento e controle efetivo de pragas, doenças e ervas daninhas; atenção especial ao controle de incêndios florestais; tendência atual de utilização de densidade de 1.111 plantas por hectare.

b) Sistema de Produção de Médio Nível Tecnológico refere-se a um nível tecnológico recomendável para utilização por produtores rurais, com características de: utilização de mudas obtidas de sementes de *Eucalyptus grandis* certificadas, na impossibilidade de emprego de material clonal; adubação inicial feita na cova e dosada em função da fertilidade natural do solo; recomendação de parcelamento da adubação nitrogenada. De modo geral, são plantadas 1.666 plantas por hectare (espaçamento de 3 x 2 metros) podendo o espaçamento ser alterado para a composição de sistema agro-silvo-pastoril.

A diferenciação entre os sistemas de produção no modelo 3-PG se deu pela alteração no parâmetro determinante do fechamento do dossel, sendo considerado o período de um ano para o sistema de Alto Nível tecnológico e de três anos para o sistema empregando Médio Nível Tecnológico. Esse procedimento permite que o modelo 3-PG simule diferentes taxas de crescimento inicial do povoamento florestal.

No modelo 3-PG o nível de fertilidade do solo (FR) é incorporado atribuindo-se um índice, que pode variar de zero (baixa fertilidade) a 1 (sem limitação nutricional). De acordo com os diferentes sistemas de produção (alto e médio nível tecnológico) definiu-se o índice de fertilidade (FR) para cada sistema. Após proceder as simulações para avaliação da sensibilidade do modelo 3-PG às variações climáticas, edáficas e fisiológicas da cultura, definiu-se a calibragem da fertilidade dos solos e a eficiência quântica do dossel para os sistemas de produção em Minas Gerais pela comparação entre as produtividades simuladas e as

utilização de clones de alta produtividade; aplicação

A partir da obtenção das variáveis climáticas e edáficas e, considerando os sistemas de produção com alto e médio nível tecnológicos foram realizadas estimativas de produtividade (incremento médio anual - IMA) para plantios aos sete anos de idade. A recomendação de viabilidade de produção baseou-se em limites mínimos de produtividades de  $25 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$  para o nível tecnológico alto e  $15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$  para o nível tecnológico médio. A espacialização do potencial produtivo de *Eucalyptus* em Minas Gerais foi efetuada usando-se o procedimento geoestatístico de krigagem ordinária.

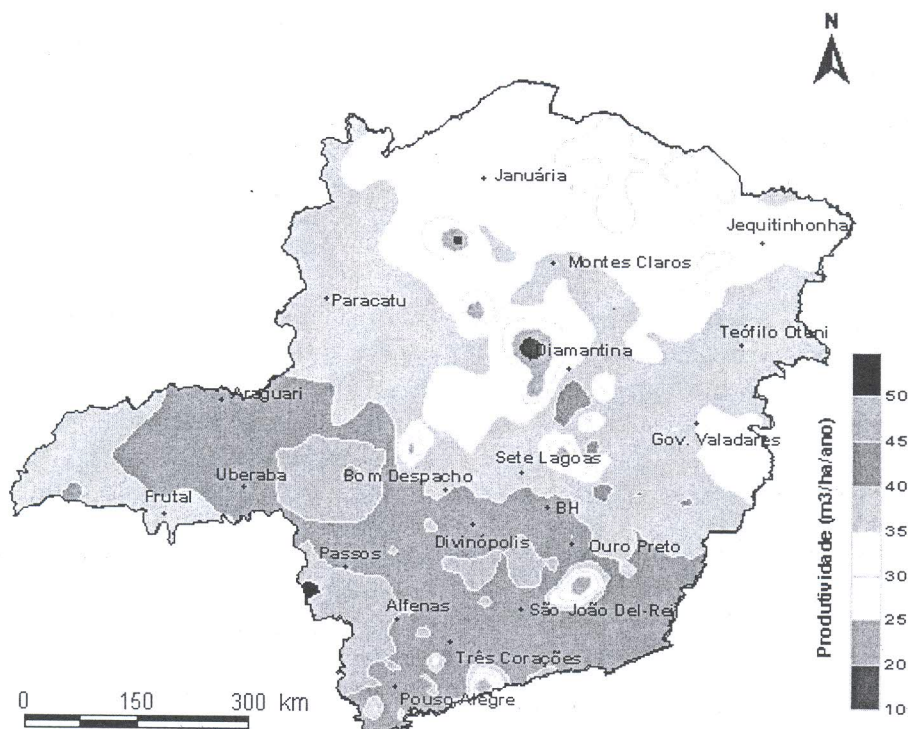
## Resultados e Discussão

As simulações feitas pelo modelo 3-PG mostram que a produtividade obtida no nível tecnológico alto (Figura 1) tende a ser cerca de duas vezes superior à obtida pelo nível tecnológico médio (Figura 2). Tal situação leva à necessidade de melhoria do nível tecnológico a ser adotado em povoamentos conduzidos nas propriedades rurais. A melhoria da capacidade produtiva resultaria, ainda, em melhor qualidade e maior variabilidade de uso da madeira produzida. Árvores de maior

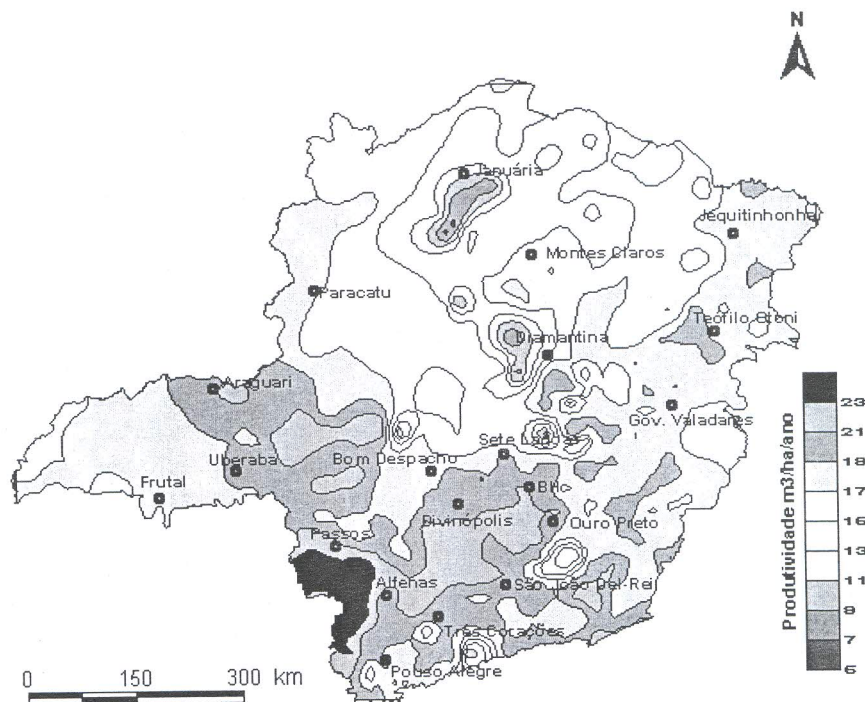
observadas em diferentes regiões do estado.

porte poderiam ser destinadas a usos mais nobres como postes e madeira para serraria.

Não foram recomendados plantios de eucaliptos em áreas com ocorrências de solos dos tipos Chernossolos (Brunizem), Neossolos Flúvicos (Aluviais) e Nitossolos eutróficos (Terras roxa), uma vez que estes devem ter destinação preferencial para a agricultura. Com base nos critérios estabelecidos para recomendação de plantio em função dos níveis de produtividade, verificou-se que os plantios em Neossolos litólicos (Litossolos) ou Neossolos Quartzaresmicos (Areias Quartzozas) não atingem os limites mínimos de produtividade previamente estipulados. Para o plantio em Latossolos, o uso de alta tecnologia permite a viabilização do cultivo em todo o estado de Minas Gerais. Para o uso de nível tecnológico médio, não é recomendável o plantio nas regiões Norte de Minas e Vale do Jequitinhonha onde o limite mínimo de  $15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$  para a produtividade não é atingido. Os níveis mínimos de produtividade são superados em todas as regiões quando os plantios são feitos em solos do tipo Argissolos (Podzólicos). Os plantios em áreas de ocorrência de solos do tipo Cambissolos dependem da fertilidade natural, profundidade efetiva e sua capacidade de retenção de água e das condições climáticas.



**Figura 1.** Potencial produtivo de eucalipto em Minas Gerais com o uso de alto nível tecnológico, obtido pelo modelo de crescimento 3-PG



**Figura 2.** Potencial produtivo de eucalipto em Minas Gerais com o uso de médio nível tecnológico, obtido pelo modelo de crescimento 3-PG.

### Conclusão

O modelo 3-PG mostrou-se uma ferramenta adequada para a estimativa da produtividade de eucalipto em Minas Gerais em função das variações climáticas, edáficas e fisiológicas. O uso de alto nível tecnológico, compreendendo o plantio de clones selecionados e técnicas adequadas de nutrição e manejo dos povoamentos permite ganhos em produtividade cerca de duas vezes maior do que as obtidas em plantios convencionais. A maioria dos municípios mineiros apresenta potencial produtivo superior aos limites mínimos estabelecidos como critério de recomendação de cultivo.

### Referências Bibliográficas

AB'SABER, A.; GOLDEMBERG, J.; RODES, L. Identificação de áreas para o florestamento no espaço total do Brasil. **Estudos Avançados**, v.4, n.9, p.63-119, 1990.

ALMEIDA, A.C. et al.. Needs and opportunities for using a process-based productivity model as a practical tool in fast growing Eucalyptus

ALMEIDA, A.C.; LANDSBERG, J.J. & SANDS, P.J. Parameterisation of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.179-195, 2004b.

ALMEIDA, A.C. et al. Linking process-based and empirical forest models in Eucalyptus plantations in Brazil. In: Amaro, A.; Tomé, M. (Eds.), **Modelling Forest Systems**. CABI, Wallingford, UK, p.63-74, 2003.

AMARAL, F. C. S. et al. **Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2004. 95 p. - (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 63)

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65 p. (PRODEPEF. Série Técnica, 3).

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil: 2ª aproximação**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do

plantations. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.167-177, 2004a.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (Piracicaba, SP). **Ciência e tecnologia no setor florestal brasileiro: diagnóstico, prioridades e modelo de financiamento**. Relatório final. Piracicaba, 2002. 187 p.

LANDSBERG, J.J.; WARING, R.H. A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. **Forest Ecology and Management**, v.95, p.209-228, 1997.

LEITE, N.B. Avanços da silvicultura brasileira são significativos. **Visão Agrícola**, v.4, Jul/Dez, p.58-61, 2005.

MORA, A. L.; BALLONI, E. A. **Produtividade Florestal**. IPEF, nov. 1988, 7p. Circular Técnica nº 164.

PAIXÃO, F. A.. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.411-420, 2006.

SANDS, P.J. & LANDSBERG, J.J. Parameterisation of 3-PG for plantation grown *Eucalyptus globulus*. **Forest Ecology and Management**, v.163, p.273-292, 2002.

Cerrado, 1978. 66 p. (PRODEPEF. Série técnica, 11).

SANDS, P.J. **3-PGPJS vsn 2.4 – a user-friendly interface to 3-PG, the Landsberg and Waring model of forest productivity**. Technical Report, N0 140, CRC for Sustainable Production Forestry and CSIRO Forestry and Forest Products, Hobart, Tasmania, Australia. 2004a. (on [www.landsberg.com.au](http://www.landsberg.com.au) and [www.ffp.csiro.au](http://www.ffp.csiro.au)).

SANDS, P.J. **Adaptation of 3-PG to novel species: guidelines for data collection and parameter assignment**. Technical Report, N0 141, CRC for Sustainable Production Forestry and CSIRO Forestry and Forest Products, Hobart, Tasmania, Australia. 2004b. (on [www.landsberg.com.au](http://www.landsberg.com.au) and [www.ffp.csiro.au](http://www.ffp.csiro.au)).

SILVA, G. G. C. **Nutrição, crescimento e sua modelagem em povoamentos de eucalipto em resposta à disponibilidade de água e nutrientes**. Viçosa, UFV, 2006. 84p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

STAPE, J.L.; RYAN, M.G.; BINKLEY, D. Testing the 3-PG process-based model to simulate *Eucalyptus* growth with an objective approach to the soil fertility rating parameter. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.219-234, 2004.