

AGROMETEROLOGIA E MODELAGEM DA PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO

CLAYTON ALCARDE ALVARES¹; JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES²

¹ Engenheiro Florestal, Doutorando Direto, Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Depto. de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba/SP. Email: calvares@esalq.usp.br

² Professor Titular, Depto. de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba/SP. Email: jlmgonca@esalq.usp.br

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi implantar em escala regional o modelo ecofisiológico 3-PG. O modelo foi reescrito com potencial de aplicação em Sistemas de Informações Geográficas, baseando-se em variáveis agrometeorológicas. Nesta primeira etapa do trabalho, os resultados mostraram coerência na magnitude da simulação nos diversos projetos florestais da região. Os resultados foram produzidos em nível de hectare e talhão. Os mapas mostraram que a produtividade do *Eucalyptus* no Distrito Florestal de Capão Bonito é marcadamente controlada pelas variações climáticas mensais.

PALAVRAS-CHAVE: modelo 3-PG, *Eucalyptus*, Sistemas de Informações Geográficas.

AGROMETEROLOGICAL AND EUCALYPTUS PRODUCTIVITY MODELING

ABSTRACT: Ecophysiological model 3-PG implementation on a regional scale was the objective of this paper. The model was rewritten with potential application in Geographical Information Systems, using several agrometeorological variables. In this first stage, the results showed consistency in the magnitude of the simulation in various forest projects in the region. The results were produced at the level hectare and stand. The maps showed that the productivity of *Eucalyptus* in the Capão Bonito Forest District is strongly controlled by climate change monthly.

KEY-WORDS: 3-PG model, *Eucalyptus*, Geographical Information Systems.

INTRODUÇÃO: Os primeiros trabalhos no Brasil buscando identificar locais potenciais para a produção florestal vêm do período dos incentivos fiscais destacando os trabalhos de GOLFARI (1974) e CARPANEZZI et al. (1988). Após este período incorpora-se no setor florestal brasileiro o uso de Sistemas de Informações Geográficas (COUTO e VETTORAZZI, 1990). Durante esta época é que se desenvolve a modelagem empírica da produção de bens madeireiros, onde os métodos relacionam a variável dependente de interesse com as variáveis independentes, como os atributos do solo (GONÇALVES, 1990), do clima (STAPE et al., 1997) e da vegetação primitiva (CORRÊA e MARCOLIN, 1993). Porém, objetivando entender os processos que governam o crescimento das árvores, faz-se necessário o uso dos chamados modelos ecofisiológicos, por exemplo, o modelo 3-PG (*Physiological Processes Predicting Growth*), publicado por LANDSBERG e WARING (1997), o qual tem produzido resultados satisfatórios quanto à estimativa da produtividade florestal, com aplicações na Austrália (LANDSBERG e WARING, 1997), na África do Sul (DYE, 2001), no Chile (FLORES & ALLEN, 2004) e no Brasil (STAPE, 2002). Deste modo, objetivou-se neste trabalho implantar o modelo 3-PG em escala espacial para estimar a produtividade do *Eucalyptus* na região de Capão Bonito, sul do estado de São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS: O modelo 3-PG foi reescrito em linguagem computacional do tipo VBA (*Visual Basic for Applications*), com resultados compatíveis aos programas de sistemas de informações geográficas. Foi utilizado o ArcGIS 9.3 (ESRI, 2008) para a espacialização e interpretação dos mapas obtidos com o modelo. Utilizou-se o conceito de área mínima mapeável (IBGE, 2005), neste caso, ela foi de 1 ha, para compor os mapas finais na escala de publicação de 1:15.000. O modelo foi construído integrando toda a área de efetivo plantio do Distrito Florestal de Capão Bonito, sul do estado de São Paulo. Foi programado para simular a produção florestal a partir do 3º ano das parcelas de inventário de validação do modelo. A Figura 1 apresenta a estrutura básica do modelo 3-PG, com as suas principais variáveis de entrada e saída. As variáveis agrometeorológicas temperatura máxima média mensal (°C), temperatura mínima média mensal (°C), temperatura média mensal (°C), umidade relativa média mensal (%), precipitação total mensal (mm), insolação diária (h) e dias com geadas foram resgatadas dos bancos de dados da Votorantim Celulose e Papel e do Centro de Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO, 2008). Os dados pontuais das estações meteorológicas foram interpolados e espacializados obtendo-se a entrada destas variáveis no modelo 3-PG. O cálculo da radiação solar global e radiação líquida foram realizados conforme PEREIRA et al. (2002) e corrigidos segundo os valores observados na estação meteorológica. Os dados do relevo (altitude, declividade e aspecto) foram obtidos de cartas topográficas na escala de 1:10.000. A fertilidade dos solos foi baseada na CTC dos solos de Capão Bonito. A capacidade máxima de armazenamento de água no solo, e os parâmetros modificadores do potencial de disponibilidade de água foram calculados conforme a curva de retenção de água nos solos do distrito florestal. As legendas dos mapas foram compostas em quantidades equivalentes, isto é, dividindo-se a distribuição em cinco classes, as quais contêm a mesma área de ocorrência. A demonstração de validação do modelo foi realizada confrontando resultados simulados no modelo 3-PG com os dados do inventário florestal contínuo.

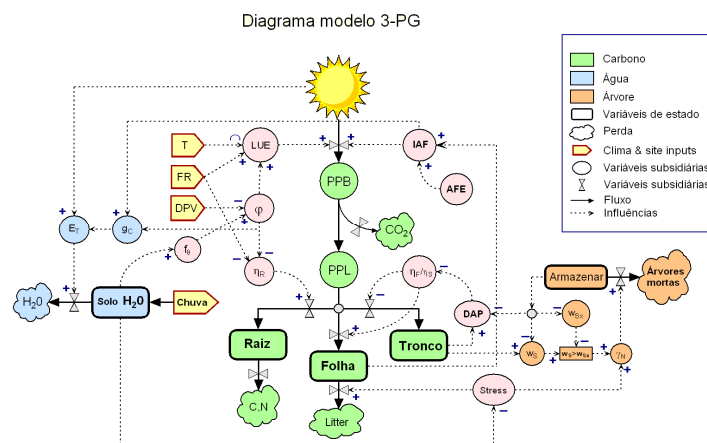


Figura 1 – Estrutura básica do modelo 3-PG e as influências de suas variáveis causais e dos seus processos (SANDS, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÕES: A Figura 2 apresenta a relação linear entre a temperatura média mínima mensal e o número de dias com geadas na região de Capão Bonito. O estudo dessa relação, para a entrada no modelo 3-PG é inédita no Brasil, tanto pela sua detecção quanto pela localidade de aplicação do modelo. O gráfico mostra que nos meses de temperatura média mínima mensal acima de 12°C não ocorre geadas e nos meses com temperatura mínima de 8°C ocorrem em média 8 dias de geadas. A Figura 3 apresenta o incremento mensal da biomassa de fuste (lenho+casca+galho) durante o sexto ano da rotação. Os mapas mostram a alternância da produtividade entre as diversas fazendas que formam o

Distrito Florestal conforme as variações climáticas das estações do ano. Nos meses de novembro de 2005 (Figura 3l) e dezembro de 2005 (Figura 3m) no mínimo 20% da área atingiu incremento de biomassa de fuste superior a 4 Mg ha⁻¹ mês⁻¹. Por outro lado, os meses de junho (Figura 3f) e julho (Figura 3g) apresentaram produtividade inferior a 2,4 Mg ha⁻¹ mês⁻¹ em pelo menos 40% da área. O mês de setembro de 2005 (Figura 5i) apresenta um cenário típico de déficit hídrico, onde a produtividade foi fortemente reduzida. Este efeito é mostrado principalmente nos solos com menor capacidade de armazenamento de água.

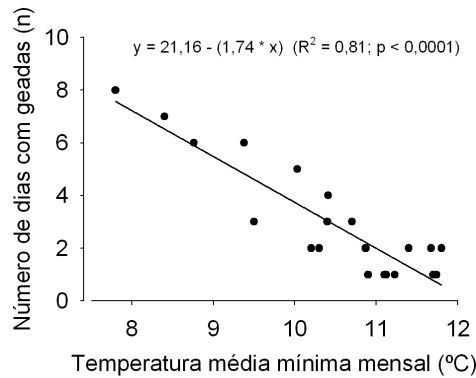


Figura 2 – Relação entre a temperatura média mínima mensal e o número de dias com geadas no mês para o Distrito Florestal de Capão Bonito (Estações meteorológicas de Boa Esperança, Santa Inês, Santa Fé e de Capão Bonito/CIIAGRO/IAC).

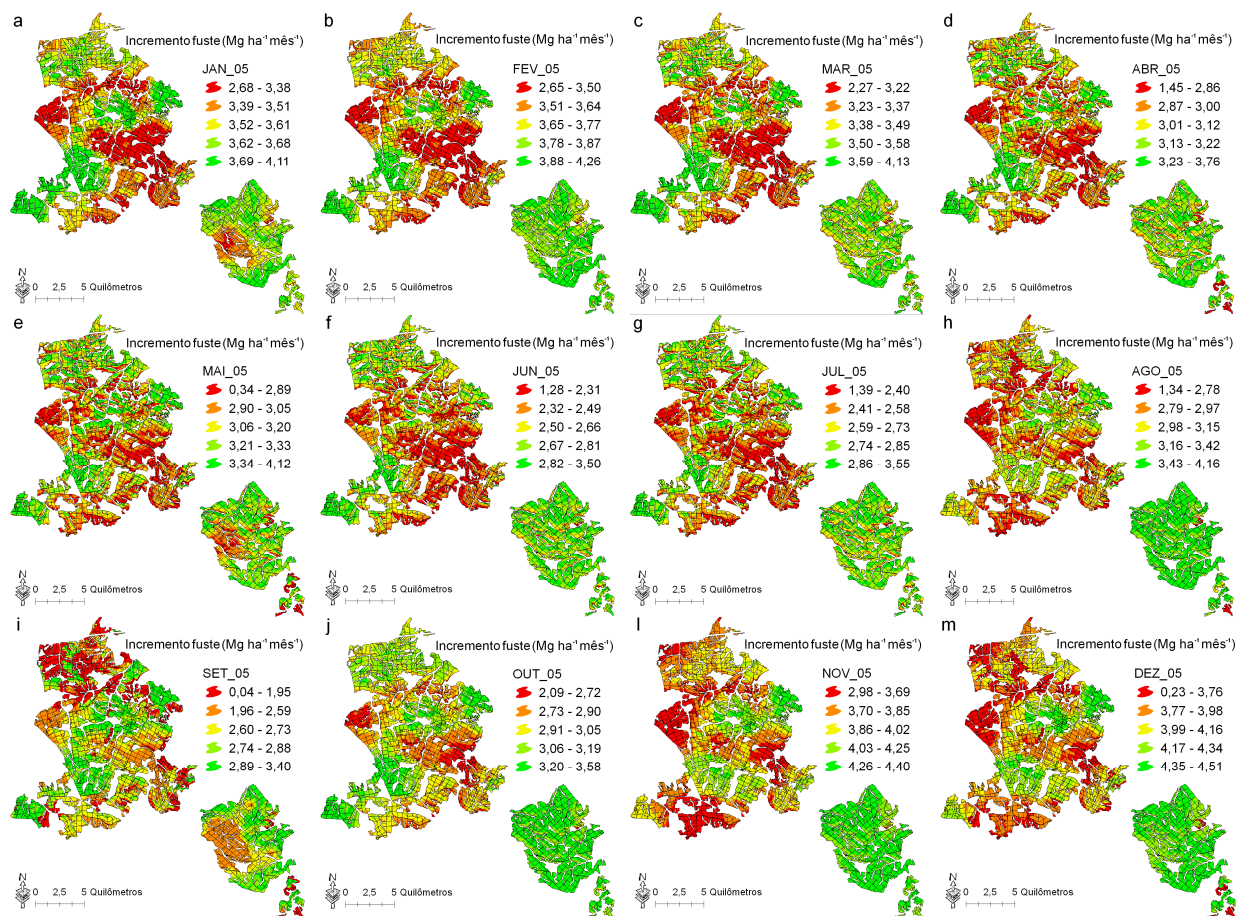


Figura 3 – Mapas mensais durante o sexto ano da produtividade de biomassa de fuste (lenho+casca+galho), em Mg ha⁻¹ mês⁻¹, para o Distrito Florestal de Capão Bonito.

A Figura 4 apresenta a simulação da produtividade no final dos 7 anos, representada pelo IMA (incremento médio anual) para o Distrito Florestal de Capão Bonito. Este mapa mostra que 20% da área de efetivo plantio apresentam produtividade superior a $65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, que são os talhões de maior produtividade. Os sítios florestais de menor produtividade registraram IMA de $32 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

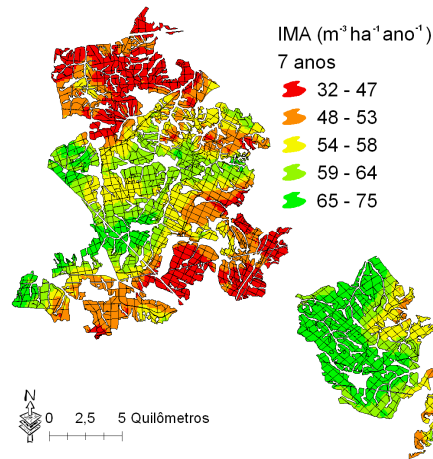


Figura 4 – Mapa do incremento médio anual ao final do sexto ano para o *Eucalyptus* no Distrito Florestal de Capão Bonito.

Os gráficos de validação do modelo aplicado na área estão apresentados na Figura 5. Na simulação do DAP (diâmetro à altura do peito, Figura 5a) o modelo tende a subestimar na idade inicial e superestimar na idade final (aos 6 e 7 anos), como mostra a inclinação da reta (1,24). Na simulação do incremento médio anual (IMA, Figura 5b) os dados foram mais dispersos ($R^2 = 0,59$), porém com inclinação da reta próxima de 1. A simulação do volume de madeira com casca (Figura 5c) mostra que o modelo resultou em bom ajuste com R^2 igual a 0,9 e coeficiente de inclinação próximo de 1.

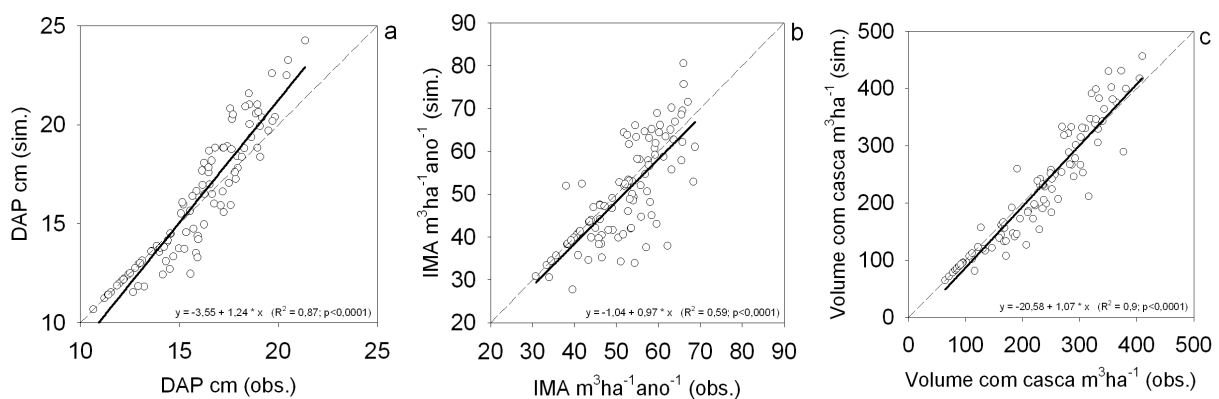


Figura 5 – Gráficos de dispersão entre os valores observados e simulados do diâmetro à altura do peito, incremento médio anual e volume com casca.

CONCLUSÕES: Nesta primeira etapa do processo de modelagem, o modelo 3-PG aplicado em escala regional mostrou coerência na magnitude da determinação da produtividade do eucalipto no Distrito Florestal de Capão Bonito.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelas bolsas de estudos ao primeiro autor; ao Programa Temático de Silvicultura e Manejo (PTSM/IPEF) e à Votorantim Celulose e Papel pelo auxílio financeiro à pesquisa e total apoio nos trabalhos de campo, e ao pesquisador Orivaldo Brunini (CIIAGRO/IAC) pelos dados agrometeorológicos gentilmente cedidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CARPANEZZI, A.A.; et al. Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná. Documentos EMBRAPA/CNPQ, n.17, p.1-89, 1986.
- CIIAGRO – CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS – Dados agrometeorológicos de Capão Bonito (SP). Disponível em www.ciiagro.sp.gov.br. Acesso em: 08 maio 2008.
- CORREIA, J. J. L. & MARCOLIN, M. Produtividade florestal de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis* em função da vegetação primitiva e unidades de solos. 7º Congresso Florestal Brasileiro, Curitiba, v.2, p.535-538, 1993.
- COUTO, H.T.Z. & VETTORAZZI, C.A. A tecnologia do Geoprocessamento para a Engenharia Florestal. I Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, São Paulo, Edusp, p. 204-208 1990.
- DYE, P. J. Modelling growth and water use in four *Pinus patula* stands with the 3-PG model. Southern African Forestry Journal, v.191, p. 53-63, 2001.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute, Inc. ArcGIS 9.3. 2008.
- FLORES, F.J.; ALLEN, H.L. Efectos del clima y capacidad de almacenamiento de agua del suelo en la productividad de rodales de pino radiata en Chile: un análisis utilizando el modelo 3-PG. Bosque, v. 25, n. 3, p. 11-24, 2004.
- IBGE. Manual técnico de pedologia. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 300p.
- GOLFARI, L. Esquema de zoneamento ecológico florestal para o Brasil. Rio de Janeiro: IBDF. 1974.
- GONÇALVES, J.L.M. Interações genótipo-ambiente e relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* com as propriedades de alguns solos de São Paulo. Piracicaba, 1990. 160 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP).
- 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.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas. Guaíba. Ed. Agropecuária, 2002. 478 p.
- SANDS, P.J., 3PGpjs—A User-friendly Interface to 3-PG, the Landsberg and Waring Model of Forest Productivity. Technical Report No.29: CRC for Sustainable Production Forestry. Hobart, Australia, 2001. 22 p.
- STAPE, J.L.; GOMES, A.N.; ASSIS, T.F. Estimativa da produtividade de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus grandis* x *urophylla* no Nordeste do estado da Bahia-Brasil em função das variabilidades pluviométrica e edáfica. Conferência IUFRO, v.3, p.192-198, 1997.
- STAPE, J.L. Production ecology of clonal *Eucalyptus* plantations in northeastern Brazil. 2002. 225 p. Ph.D. dissertation, Colorado State University, Ft. Collins.