

## Simulação de Povoamentos de Eucalipto para Produção de Biomassa

**Susana Barreiro, Paula Soares e, Margarida Tomé**

UTL. Instituto Superior de Agronomia. Departamento de Engenharia Florestal. Tapada da Ajuda,  
1349-017 LISBOA

Em Portugal, a gestão florestal de povoamentos de eucalipto tem sido orientada maioritariamente para a produção de pasta embora haja outras alternativas de gestão a considerar. O crescimento e produção de povoamentos de eucalipto especificamente plantados para a produção de biomassa para energia começam agora a ser estudados. Na ausência de modelos de crescimento desenvolvidos especificamente para este efeito, utilizou-se o modelo GLOBULUS 3.0, concebido para simular o crescimento de povoamentos puros regulares, quer em alto fuste quer em talhadia, fazendo a ligação entre as sucessivas rotações.

O modelo GLOBULUS [1, 2] é um modelo de crescimento e produção desenvolvido para povoamentos puros regulares de eucalipto ao nível do povoamento. Este modelo integra toda a informação disponível para povoamentos de eucalipto em Portugal e resulta do esforço combinado da indústria e universidades que ao longo dos anos têm realizado diversos projectos de investigação. Este modelo integra dois tipos de variáveis e dois módulos principais. As variáveis que caracterizam o estado do povoamento ao longo do tempo (variáveis de estado) podem dividir-se em variáveis principais caso sejam preditas directamente a partir de uma função de crescimento ou variáveis derivadas se os seus valores forem preditos a partir de equações alométricas ou a partir de outras equações que as relacionem com as variáveis principais. Por sua vez, as variáveis externas controlam o desenvolvimento das variáveis de estado e podem ser de três sub-tipos diferentes: ambientais, relacionadas com o regime cultural ou intrínsecas do povoamento. A versão actual do modelo possui alguns dos seus parâmetros expressos em função de variáveis climáticas e variáveis de povoamento: número de dias de chuva, altitude, precipitação total, número de dias com geada e a temperatura. A tabela 1 lista as variáveis incluídas no modelo.

As vantagens desta versão do modelo GLOBULUS comparativamente com a versão anterior são: i) permitir simular o crescimento dos povoamentos após corte antes de ser feita a monda, realizada normalmente três anos depois do corte final e ii) incluir equações de biomassa melhoradas. Um sistema de equações de biomassa compatíveis para estimar a biomassa aérea da árvore e a correspondente por componentes [3] foi aplicado a um conjunto de parcelas permanentes para obter estimativas de biomassa por hectare que foram posteriormente utilizadas para desenvolver equações de biomassa equivalentes para o povoamento [4].

O modelo tem dois módulos, o de inicialização e o de projecção. O módulo de inicialização prediz cada variável principal em função das variáveis de controlo que caracterizam o povoamento e é essencial porque permite inicializar um povoamento quer por plantação quer por talhadia. Em termos da aplicação prática é também importante para estimar os valores das variáveis principais em povoamentos com menos de três anos de idade que não são medidos

no IFN (que são apenas visitados e caracterizados). O módulo de projecção é constituído por um sistema de funções de crescimento compatíveis para cada variável principal em função do seu valor inicial e do valor das variáveis de controlo. Todas as funções do módulo de crescimento são funções de crescimento não lineares formuladas às diferenças. Por outro lado, as variáveis são preditas em função das variáveis principais e das de controlo bem como de variáveis secundárias preditas previamente.

**Tabela 1** - Variáveis incluídas no modelo Globulus 3.0

VARIÁVEIS DE ESTADO	VARIÁVEIS DE CONTROLO
<b>Variáveis principais</b>	<b>Variáveis ambientais</b>
Altura dominante	Índice de qualidade da estação
Área basal	Número de dias de chuva
Número de árvores por hectare	Altitude
Volume total sem casca	Precipitação total
Volume do cepo	Número de dias com geada
Volume da casca	Temperatura
<b>Variáveis derivadas</b>	<b>Variáveis culturais</b>
Número de varas por hectare pré monda	Densidade à plantação (plantação)
Número de varas por hectare pós monda	Número de varas por touça pós monda (talhadia)
Volume mercantil	Duração da rotação
Biomassa aérea por componente (lenho, ramos, folhas, casca)	
Biomassa de raízes	<b>Variáveis do povoamento</b>
Biomassa total	Rotação
	Idade
	Porcentagem de varas que morre na transição entre rotações

O modelo GLOBULUS 3.0 foi aplicado a séries de crescimento longas provenientes de ensaios de compassos, fertilização e rega e clones nos quais estão incluídos tratamentos que correspondem a compassos apertados: Quinta do Paço, Vilar de Luz, Torrebelá, Agolada e Nicolaus.

O ensaio de compassos da Quinta do Paço é constituído por dois blocos, cada um destes constituído por 5 parcelas de diferentes compassos: 2x1, 2x2, 3x1, 3x2 e 3x3. O ensaio foi instalado em 1992 e foi medido desde então com uma periodicidade anual até 2003. Foram definidas sub-parcelas de 8x8 árvores no centro das parcelas para as quais se procedia à medição das alturas. O ensaio de compassos de Vilar de Luz é composto por três blocos formados por 12 parcelas de diferentes compassos: 1x2, 1x3, 1x4, 2x2, 2x3, 3x2, 4x2, 2x4, 3x3, 4x3, 3x4, 4x4. O ensaio foi medido anualmente desde 1993 até 2003. Neste estudo foram utilizadas as parcelas correspondentes aos compassos mais apertados: na Quinta do Paço o compasso 2x1 e em Vilar de Luz os compassos 2x1 e 3x1. Ambos os compassos foram instalados com material de origem seminal.

O ensaio de compassos de Nicolaus é constituído por três blocos, cada um com cinco parcelas de diferentes áreas, nas quais foram distribuídos por casualização cinco compassos diferentes (3x0.5, 3x1, 3x2, 3x3 e 3x4). Cada parcela (com 12x16 = 192 árvores à plantação) foi subdividida em 4 sub-parcelas, com 15 (3x5) árvores úteis cada, sendo que cada sub-parcela corresponde a um clone diferente. Entre cada sub-parcela da mesma parcela existem sempre duas linhas de bordadura. Entre parcelas adjacentes existem quatro linhas de bordadura. O ensaio foi instalado em 1996 e começou a ser medido em 1997 aos 8 meses de idade com uma periodicidade semestral até Julho de 1999. A partir dessa data optou-se pela realização de

medições com uma periodicidade anual. Efectuaram-se medições todos os anos até 2008 com excepção dos anos de 2001 e 2007.

O ensaio de fertilização e rega da Torrebelá considera três factores: a disponibilidade hídrica (rega), a competição intraespecífica (compasso de plantação) e a constituição genética (clone). A rega é o factor principal, com três níveis: controlo, rega de complemento e rega total. Na rega total as regas são semanais, perfazendo uma dotação anual de 1000 mm. Na rega complementar, a dotação é de aproximadamente 500 mm por ano, sendo as regas distribuídas mensalmente. Ambas as regas foram aplicadas, no período de Maio a Setembro. O factor de 2ª ordem é o compasso de plantação, com quatro níveis: 2x1, 4x1, 4x2, 4x4, os quais correspondem, respectivamente, a 5000, 2500, 1250 e 500 árvores por ha. Por fim, o factor de terceira ordem é o clone, tendo sido utilizados dois clones distintos. Cada um dos blocos (repetições) está dividido em três parcelas principais, as quais correspondem aos três níveis do tratamento de rega. Cada uma das parcelas principais, por sua vez, está subdividida em quatro sub-parcelas, as quais correspondem aos diferentes compassos de plantação. A parcela correspondente a um compasso de plantação está ainda subdividida em duas metades, correspondendo cada uma delas a um dos clones. Cada parcela de terceira ordem (correspondendo portanto a uma combinação de rega, compasso e clone) é constituída por 11 linhas de plantação, cada uma com 8 plantas. O ensaio foi instalado em 1998 e medido anualmente até 2004.

O ensaio de fertilização da Agolada é composto por dois blocos cada um dividido em duas parcelas principais correspondentes ao tratamento fertilizado ou não fertilizado. Cada parcela principal é constituída por sete sub-parcelas, correspondendo a cada uma destas um compasso (1x1, 2x1, 2x2, 3x3, 4x1.5, 4x2, 4x4) o que origina diferentes densidades de plantação, respectivamente: 10000, 5000, 2500, 1667, 1111, 1250 e 625 árvores/ha. Finalmente existem ainda três sub-sub-parcelas, consoante o clone, totalizando 84 sub-sub-parcelas. Cada sub-sub-parcela contém 35 árvores dispostas em 5 linhas de 7 indivíduos, incluindo uma faixa de bordadura com uma linha, o que perfaz um total de 15 árvores úteis. O ensaio foi instalado em 1994 e passou a ser medido com uma periodicidade mensal até ao ano de 2003. Antes da altura do abate em 2008º ensaio voltou a ser remedido.

As medições provenientes destes ensaios foram reunidas numa base de dados contendo informação ao nível do povoamento e o modelo GLOBULUS 3.0 foi utilizado para simular o crescimento de cada uma das parcelas. Uma vez estimadas as variáveis do povoamento, foi feita uma análise gráfica preliminar que permitiu comparar as simulações com os valores reais. Esta comparação prévia permitiu estudar a relação entre os resíduos e as variáveis do povoamento ou estação de forma a seleccionar variáveis para modelar os resíduos. O modelo desenvolvido para os resíduos foi posteriormente utilizado para corrigir as estimativas do modelo GLOBULUS 3.0 quando aplicado para simular povoamentos de elevada densidade.

O trabalho ainda se encontra em curso e por este motivo ainda não existem resultados definitivos.

Com esta versão adaptada do modelo GLOBULUS foram feitas simulações para diferentes qualidades da estação combinadas com diferentes densidades à plantação variando desde as 2500 às 10000 árvores por hectare de modo a tentar avaliar o potencial desta espécie para a produção de biomassa.

**Bibliografia**

- [1] P. SOARES, T. OLIVEIRA, M. TOMÉ, 2006. O modelo GLOBULUS 3.0. Dados e equações. Publicações GIMREF RC2/2006. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa.
- [2] M. TOMÉ, J.G. BORGES, A. FALCÃO, 2001. The use of Management-Oriented Growth and Yield Models to Assess and Model Forest Wood Sustainability. A case study for Eucalyptus Plantations in Portugal. In: J.M. CARNUS, R. DENWAR, D. LOUSTAU, M. TOMÉ, C. ORAZIO (Eds.), *Models for Sustainable Management of Temperate Plantation Forests*, European Forest Institute, Joensuu, pp. 81-94.
- [3] N. ANTONIO, M. TOMÉ, J. TOMÉ, P. SOARES, L. FONTES, 2007. Effect of tree, stand and site variables on the allometry of *Eucalyptus globulus* tree biomass. *Can. J. For. Res.* **37**: 895-906.
- [4] T. OLIVEIRA, 2008. Sistema para a predição de biomassa aérea total e por componentes em povoamentos puros regulares de *Eucalyptus globulus* Labill. Master Thesis, Lisbon Technical University, Lisbon.