

## ESTIMATIVA DO DESENVOLVIMENTO DE *Eucalyptus grandis* (HILL ex MAIDEN) A CAMPO

Fabrina Bolzan Martins<sup>1</sup>, Nereu Augusto Streck<sup>2</sup>, Joel Cordeiro da Silva<sup>3</sup>, Magnos Alan Vivian<sup>4</sup>, Márcio Carlos Navroski<sup>4</sup>, Wesley Wilker Morais<sup>4</sup> e Felipe Susin<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eng. Florestal, aluna do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, DEF/UFV, Viçosa-MG, [fabrina@vicosa.ufv.br](mailto:fabrina@vicosa.ufv.br)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto do Departamento de Fitotecnia CCR/UFV, Santa Maria - RS

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, aluno do Programa de Pós-graduação em Eng. Agrícola CCR/UFV, Santa Maria -RS

<sup>4</sup> Alunos de graduação em Engenharia Florestal, CCR/UFV, Santa Maria - RS

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 –  
Aracaju – SE

**RESUMO:** Com o aumento da demanda por produtos oriundos do eucalipto tornou-se necessário elevar a produtividade da cultura. Para tanto, é importante conhecer a relação entre desenvolvimento da planta na fase de muda e o ambiente. O objetivo desse trabalho foi avaliar e comparar dois modelos: filocrono e Wang Engel (WE), para estimativa do aparecimento de folhas na espécie *Eucalyptus grandis* na fase de muda. Os coeficientes dos modelos foram estimados utilizando-se dados coletados em dois experimentos conduzidos a campo e em casa de vegetação, em épocas de semeadura distintas e valores diários da temperatura do ar. A performance dos modelos foi avaliada utilizando-se os dados independentes. Para comparar os modelos utilizaram-se os valores ponderados dos escores estatísticos para o coeficiente de correlação (r), índice “dw” de Willmott, índice “c”, RQME e BIAS. O modelo de WE foi o que melhor estimou o número de folhas na haste principal em mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em diferentes épocas a campo e na casa de vegetação.

**Palavras-chave:** modelagem, temperatura do ar, espécie florestal.

### Estimating the development of *Eucalyptus grandis* (HILL ex MAIDEN) in the field

**ABSTRACT:** With increase of the demand for products originated from of the eucalyptus there is a need to increase the productivity of this crop. Therefore, it is important to know the relationship between development of the plant during seedling phase and the environment. The objective of this study was to evaluate and to compare two models, the phyllocron model and Wang Engel model, to estimate leaf emergence in *Eucalyptus grandis* during seedling phase. Coefficients of the models were estimated using data collected in two experiments carried out at field and in the greenhouse, in different sowing times and daily data of air temperature. The performance of the models was evaluated using observed values from an independent data set. Statistics used for evaluating models performance included statistical scores for the correlation coefficient (r), Willmott index, "c" index, RMSE and BIAS. The WE model had the best performance in simulating the number of main stem leaves in seedlings of *Eucalyptus grandis* grown in different times at field and in greenhouse.

**Keywords:** modeling, air temperature, forestry species.

**INTRODUÇÃO:** O desenvolvimento das plantas é afetado por fatores bióticos e abióticos. Entre os abióticos, a temperatura do ar é o fator que mais influencia o desenvolvimento das plantas (HODGES, 1991) incluindo o eucalipto (SCURFIELD, 1961). O número de folhas acumuladas na haste principal (NF) é uma excelente medida de desenvolvimento vegetal (HODGES, 1991). O NF pode ser estimado através da taxa de aparecimento de folhas (TAF).

Uma das maneiras de estimar a TAF é através do conceito de filocrono (MATTHEWS & HUNT, 1994). Outra forma de estimar a TAF é através de modelos multiplicativos, como o modelo de Wang e Engel (WANG & ENGEL, 1998).

No modelo do filocrono assume uma relação linear entre TAF e temperatura do ar (XUE et al., 2004). Com o tempo expresso em soma térmica (ST) com unidade °C dia, o filocrono tem como unidade °C dia folha<sup>-1</sup> (STRECK et al., 2006). O modelo do filocrono é bastante utilizado para estimar o desenvolvimento na maioria das culturas, mas apresenta algumas desvantagens, entre elas a pressuposição de que a resposta da TAF é linearmente proporcional a temperatura (XUE et al., 2004). Processos biológicos, incluindo a TAF, tem resposta não linear à temperatura (STRECK et al., 2006). No Modelo de Wang e Engel (WE), a função de resposta da TAF à temperatura do ar [f(T)] é não linear e descrita por uma função beta (WANG & ENGEL, 1998). A f(t) é multiplicada pela TAF máxima e dessa multiplicação têm-se a taxa de aparecimento das folhas atual (XUE et al., 2004).

O objetivo do trabalho foi avaliar e comparar dois modelos: filocrono e WE, para estimativa do aparecimento de folhas na espécie *Eucalyptus grandis* na fase de muda.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram conduzidos dois experimentos no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (Santa Maria, RS, latitude: 29° 43' S, longitude: 53°43' W e altitude: 95 m). O primeiro experimento foi conduzido a campo, utilizando o delineamento blocos ao acaso com três repetições, em nove épocas de semeadura e o segundo experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando o delineamento inteiramente casualizado com 14 repetições, em duas épocas de semeadura. As sementes foram adquiridas da Estação Experimental de Silvicultura da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), localizada no distrito de Boca do Monte, município de Santa Maria, RS.

No primeiro experimento cada parcela foi constituída de dois vasos de 12 litros enterrados no solo a fim de minimizar a radiação solar e no segundo experimento com vasos de 8 litros revestidos com papel jornal. Todos os vasos foram preenchidos com solo do horizonte B pertencente a unidade de mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho-amarelo distrófico típico). Na tabela 1 estão as datas de semeadura e de emergência nos dois experimentos.

TABELA 1 – Datas de semeadura e emergência das deferentes épocas de semeadura a campo e em casa de vegetação.

Épocas de semeadura	Data de semeadura	Data de emergência
CA1	25/05/2005	08/06/2005
CA2	20/06/2005	01/07/2005
CA3	15/07/2005	01/08/2005
CA4	22/09/2005	29/09/2005
CA5	20/10/2005	25/10/2005
CA6	21/11/2005	26/11/2005
CA7	13/12/2005	19/12/2005
CA8	14/02/2006	14/02/2006
CA9	03/04/2006	03/04/2006
CV1	03/10/2005	11/10/2005
CV2	12/05/2006	30/05/2006

CA = Experimento a campo, CV = Experimento em casa de vegetação. Os números ao lado de cada experimento indicam a época de semeadura.

Os dados de temperatura mínima e máxima do ar a campo foram obtidos em uma estação meteorológica convencional, pertencente ao 8° DISME/INMET. As temperaturas mínima e máxima diárias do ar no interior da casa de vegetação foram medidas com auxílio

de um termômetro de mínima de álcool e de um termômetro de máxima de mercúrio. A correção da acidez e nutrientes do substrato usado nos dois experimentos foi realizada conforme análise de solo e recomendação técnica. O NF foi contado uma vez por semana no experimento de campo e a cada três dias no experimento na casa de vegetação. As folhas foram consideradas visíveis quando tinham um comprimento de 1,0 cm. A contagem iniciou quando haviam 2 folhas visíveis e terminou quando haviam aproximadamente 25, quando se assumiu finalizar a fase de muda (GOMES et al., 2002).

O filocrono é um método linear de estimativa do aparecimento de folhas. É calculado pelo inverso do coeficiente angular obtido através da regressão linear entre NF e soma térmica acumulada (STa). O modelo do filocrono tem a fórmula geral  $NF = a \cdot STa + b$ . O cálculo ST é: quando  $Tb < \bar{T}_m \leq Tot$  e se  $\bar{T}_m < Tb$  então:  $\bar{T}_m = Tb$ , têm-se  $STd = \bar{T}_m - Tb$  . 1 dia. Quando  $Tot < \bar{T}_m \leq Tmax$  e se  $\bar{T}_m > Tmax$  então:  $\bar{T}_m = Tmax$ , têm-se  $STd = (Tot - Tb) \cdot \frac{(\bar{T}_m - Tmax)}{(Tot - Tmax)}$  .1dia (MATTHEWS & HUNT, 1994).  $\bar{T}_m = (TM + Tm)/2$ .

Em que STd é a soma térmica diária (°C dia), Tot é a temperatura ótima da espécie (10°C), Tb é a temperatura base ou mínima da espécie (27°C),  $\bar{T}_m$  é a temperatura média diária do ar (°C), Tmax é a temperatura máxima da espécie (36°C), TM é a temperatura máxima diária do ar (°C), Tm é a temperatura mínima diária do ar (°C). calcula-se a STa por:  $STa = \sum STd$ , a partir da data de emergência. Calcula-se NF por:  $NF = STa/\text{filocrono}$  (STRECK et al, 2006).

O modelo de WE (WANG & ENGEL, 1998) utiliza uma função de resposta não linear de temperatura [f(T)], conhecida por função beta, combinada com um fator multiplicativo (TAF<sub>max</sub>). O modelo de WE tem a fórmula geral:  $TAF = TAF_{max} f(T)$ , em que TAF é a taxa de aparecimento de folhas (folhas dia<sup>-1</sup>). A f(T) é definida por (XUE et al., 2004), quando  $Tb < \bar{T}_m \leq Tmax$ , têm-se  $f(T) = [2(\bar{T}_m - Tb)^\alpha (Tot - Tb) - (\bar{T}_m - Tb)^{2\alpha}] / (Tot - Tb)^{2\alpha}$ . A  $f(T) = 0$  quando  $\bar{T}_m < Tb$  ou  $\bar{T}_m > Tmax$ . O coeficiente  $\alpha$  é definido como:  $\alpha = \ln 2 / \ln[(Tmax - Tb) / (Tot - Tb)]$ . Em que Tb, Tot e Tmax são as temperaturas cardinais da espécie (°C),  $\bar{T}_m$  é a temperatura média diária do ar (°C). Para calcular o NF, somam-se os valores diários de TAF, ou seja,  $NF = \sum TAF$ , a partir da data de emergência.

Os coeficientes “a” do modelo do filocrono e “TAF<sub>max</sub>” do modelo de WE são dependentes da espécie e foram estimados usando-se os dados das épocas de semeadura 1, 2, 3 e 4 do experimento a campo. O valor do coeficiente “a” foi 0,03239 (filocrono = 30,9 °C dia folha<sup>-1</sup>) e do “TAF<sub>max</sub>” de 0,4107 folhas dia<sup>-1</sup>.

Para avaliar a performance dos modelos foram utilizados os valores de NF estimados pelos modelos e os valores de NF observados nas épocas 5, 6, 7, 8, 9 do experimento à campo e nas duas épocas do experimento em casa de vegetação. As estatísticas utilizadas para avaliar a performance dos modelos foram: o coeficiente de correlação (r), índice “dw” de Willmott, índice “c” (CAMARGO & SENTELHAS, 1997), raiz do quadrado médio do erro (RQME) (XUE et al., 2004), BIAS (LEITE & ANDRADE, 2002) e valores ponderados dos escores estatísticos (Vp) (THIERSCH, 1997). Para a obtenção do Vp adotou-se os valores 1 e 2, em que o valor 1 é atribuído a melhor indicador estatístico e o valor 2 é atribuído ao pior indicador estatístico. Obteve-se o Vp somando todos os pesos atribuídos a cada indicador estatístico em cada época de semeadura. O melhor modelo foi o que apresentou o menor valor ponderado.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Para *Eucalyptus grandis* o modelo de WE foi superior ao modelo do filocrono em todas as épocas de semeadura a campo e também no experimento em casa de vegetação.

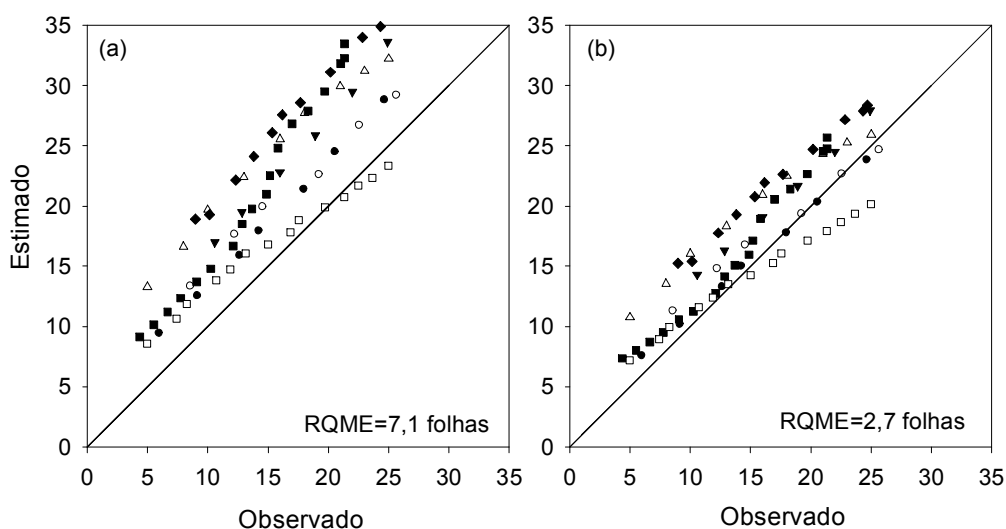


FIGURA 1 - Número de folhas na haste principal observado versus estimado pelos modelos do filocrono (a) e pelo modelo de WE (b) para *Eucalyptus grandis*. A linha cheia é a linha 1:1.

O modelo de WE estimou melhor o NF que o modelo do filocrono para *Eucalyptus grandis*, com valores menores de RQME (Figura 1). Nota-se na Figura 1 que os valores estimados pelo método de WE estão mais próximos da linha 1:1 do que os valores estimados pelo método do filocrono.

TABELA 2 - Valores das estatísticas utilizadas na avaliação dos modelos do filocrono (FIL) e WE para estimativa do aparecimento de folhas em *Eucalyptus grandis* para as diferentes épocas de semeadura a campo (CA5, CA6, CA7, CA8, CA9) e em casa de vegetação (CV1 e CV2).

Épocas	modelos	Estatísticas					
		dw	r	c	RQME	BIAS	Vp
CA5	FIL	0,923 (2)	0,998 (2)	0,923 (2)	3,583 (2)	0,237 (2)	10
	WE	0,994 (1)	0,999 (1)	0,994 (1)	0,857 (1)	0,024 (1)	5
CA6	FIL	0,869 (2)	0,995 (2)	0,864 (2)	4,642 (2)	0,256 (2)	10
	WE	0,971 (1)	0,997 (1)	0,968 (1)	4,270 (1)	0,063 (1)	5
CA7	FIL	0,706 (2)	0,998 (2)	0,705 (2)	4,972 (2)	0,409 (2)	10
	WE	0,906 (1)	0,999 (1)	0,905 (1)	4,543 (1)	0,177 (1)	5
CA8	FIL	0,490 (2)	0,997 (1)	0,489 (2)	4,708 (2)	0,572 (2)	9
	WE	0,868 (1)	0,991 (2)	0,860 (1)	4,441 (1)	0,277 (1)	6
CA9	FIL	0,744 (2)	0,991 (1)	0,737 (2)	4,573 (2)	0,527 (2)	9
	WE	0,951 (1)	0,989 (2)	0,941 (1)	4,006 (1)	0,171 (1)	6
CV1	FIL	0,936 (2)	0,995 (2)	0,949 (1)	4,145 (2)	0,087 (2)	9
	WE	0,953 (1)	0,997 (1)	0,933 (2)	3,800 (1)	-0,072 (1)	6
CV2	FIL	0,694 (2)	0,997 (2)	0,696 (2)	5,668 (2)	0,474 (2)	10
	WE	0,911 (1)	0,998 (1)	0,907 (1)	5,077 (1)	0,180 (1)	5

Valores entre parênteses são os valores dos escores estatísticos.

Os resultados deste estudo mostram que deve ser dada preferência ao modelo de WE para estimar o aparecimento de folhas em mudas de *Eucalyptus grandis*. O modelo de WE também foi melhor para estimar o aparecimento de folhas em espécies agrícolas anuais como cevada, sorgo e milho (YAN & HUNT, 1999), trigo (XUE et al., 2004), melão (STRECK et al., 2006) comparado com o modelo do filocrono. A melhor performance do modelo de WE tem sido atribuída a resposta não linear do aparecimento de folhas à temperatura (XUE et al., 2004). No modelo do filocrono a resposta do aparecimento de folhas à temperatura é linear, o que não é completamente aceito do ponto de vista biológico, pois próximo às temperaturas cardinais a resposta da TAF à temperatura é não linear (XUE et al., 2004).

**CONCLUSÕES:** O modelo de WE foi o que melhor estimou o número de folhas na haste principal em mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em épocas diferentes em experimentos a campo e casa de vegetação. O valor de RQME obtido com o modelo de WE foi de 2,7 folhas, comparado com o modelo do filocrono de 7,1 folhas. A principal razão atribuída para a melhor performance do modelo de WE é a resposta não linear da taxa de aparecimento de folhas em função da temperatura assumida neste modelo.

#### **BIBLIOGRAFIA:**

- CAMARGO, A.P. de; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- GOMES, J.M.; et al. Parâmetros morfofisiológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- HODGES, T.F. **Predict crop phenology**. Boca Raton: CRC, 1991, 233p.
- LEITE, H.G.; ANDRADE, V.C.L. de. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, v.26, n.3, p.321-328, 2002.
- MATTHEWS, R.B.; HUNT, L.A. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot esculenta*). **Field Crops Research**, v.39, p.69-84, 1994.
- SCURFIELD, G. The effects of temperature and day length on species of *Eucalyptus*. **Australian Journal of Botany**, v.9, n.1, p.37-56, 1961.
- STRECK, N. A. et al. A non-linear model to simulate node appearance in muskmelon (*Cucumis melo* L.) grown inside plastic greenhouse as a function of air temperature. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, p. xx-xxx, 2006. (article in press)
- THIERSCH, A. **Eficiência das distribuições diamétricas para prognose da produção de *Eucalyptus camaldulensis***. 1997. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- WANG, E.; ENGEL, T. Simulation of phenological development of wheat crops. **Agricultural Systems**, v.58, n.1, p.1-24, 1998.
- XUE, Q., WEISS, A.; BAENZIGER, P.S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, v.175, p.261-270, 2004.
- YAN, W.; HUNT, L.A. An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. **Annals of Botany**, v.84, n.5, p.607-614, 1999.