

AJUSTE DE FUNÇÃO SENOIDAL PARA MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA DA PRODUÇÃO SAZONAL DE LATEX DA SERINGUEIRA

Altino Aldo ORTOLANI¹, Paulo Cesar SENTELHAS², Marcelo Bento Paes de CAMARGO³,
José Eduardo Macedo PEZZOPANE⁴ e Paulo Souza GONÇALVES⁵

RESUMO

Com o objetivo de se detectar os fatores climáticos limitantes à produção de látex da seringueira, clone RRIM600, avaliou-se as influências dos atributos do clima e do solo (níveis de armazenamento hídrico) sobre esse parâmetro da cultura. Para tanto, foram desenvolvidos, adaptados e testados modelos agrometeorológicos para a estimativa da produtividade a nível mensal e decendial e por sangria, ajustando-se para a produtividade potencial (Y_p) uma função senoidal. Os resultados obtidos permitiram verificar que a função senoidal de Y_p possibilitou bons ajustes para estimativa da produtividade mensal e decendial de borracha seca (Y_a). As estimativas de Y_p através da função senoidal, usados no modelo de estimativa de Y_a , resultaram em valores de r^2 de 0,65 para dados mensais e de 0,73 para decendiais, para $(E_{Tr}/E_{To})^{0,5}$.

INTRODUÇÃO

As curvas anuais de produção de látex da seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.D. de Juss.) Muell. Arg.] obtidas em regiões tropicais, apresentam normalmente uma tendência de uma função senoidal ao longo do ciclo. Isso resulta das interações que são fortemente influenciadas pelos condicionantes cultivar e clima, os quais determinam uma curva fenológica bem típica. As variações ou desvios da produção sazonal ao longo desse ciclo estão relacionadas com a disponibilidade hídrica, temperatura do ar e seus valores extremos e fitossanidade. Análises de regressão linear, sem considerar a fenologia, resultam em baixas correlações e não caracterizam bem as influências energéticas e hídricas sazonais sobre a produção, a exemplo de Jiang (1988).

MATERIAL E MÉTODOS

Na Fazenda Santa Helena, município de José Bonifácio - SP, foram obtidos dados de produção de borracha seca mensais, decendiais e por sangria em quarenta plantas do clone RRIM 600, usando S/2.d/4 no horário entre 6 e 10 horas, no período de fevereiro de 1994 a agosto de 1995. Ao longo desse período foram registrados dados diários da temperatura do ar e da chuva e calculado o extrato do balanço hídrico decendial sequencial, segundo Camargo e Camargo (1993).

As estimativas de produção foram feitas pelo modelo de Doorenbos & Kassan (1979), com modificações propostas em Camargo et al (1986), que incorporam no modelo a penalização pelo fator excedente hídrico e pelo fator estresse térmico. O modelo geral testado se resume no produtório:

$$Y_a = Y_p * F_{def} * F_{exc} * F_{térmico}$$

onde: Y_a = produtividade estimada de borracha seca; Y_p = produtividade potencial de borracha seca; F_{def} = penalização por deficiência hídrica; F_{exc} = penalização por excedente hídrico; $F_{térmico}$ = penalização por estresse térmico.

As produtividades potenciais mensais e decendiais foram calculadas com base na produtividade anual, desde o primeiro até o nono ano de sangria, segundo uma função senoidal:

$$y = a + b \cdot \text{sen}(c \cdot x)$$

¹ Dr. Pesquisador Científico, Seção de Climatologia Agrícola, IAC, C.P.28, 13001-970, Campinas, SP. Bolsista CNPq

² MS, Professor Assistente, Dep.de Física e Meteorologia, ESALQ-USP, C.P 9, 13418-970, Piracicaba, SP.

³ Ph.D, Pesquisador Científico, Seção de Climatologia Agrícola, IAC, Bolsista CNPq

⁴ McS, Professor Assistente, Centro Agropecuário da UFPES, C.P. 28, 29500-000, Alegre, ES

⁵ Dr. Pesquisador Científico da Embrapa, Programa Seringueira do IAC, Bolsista do CNPq

onde: a e b e c são coeficientes da equação e x se refere ao dia juliano do ano.

A penalização por deficiência hídrica foi expressa pela razão ETr/ETo ou $(ETr/ETo)^{0.5}$, para redução da ordem de grandeza desse fator na produtividade final. Essas relações foram calculadas por balanço hídrico, considerando-se 100 mm de armazenamento de água no solo.

A penalização por excedente hídrico foi expressa por:

$$F_{exc} = (1 - K_1 \cdot f_{exc}),$$

sendo:

$$f_{exc} = [1 - (EXC - ETo)/EXC],$$

onde EXC é o excedente hídrico em mm.

A penalização por estresse térmico foi considerada no modelo com base na revisão de literatura (Ortolani, 1993), adotando-se limites térmicos superior de 32°C e inferior de 4°C.

Dessa forma a penalização por estresse térmico corresponde a

$$F_{term} = Ft > 32, Ft < 4,$$

sendo:

$$Ft > 32 = [1 - K_2 \cdot (NDCT > 32 / N)] \text{ e } Ft < 4 = [1 - K_3 \cdot (NDCT < 4 / N)],$$

onde: NDCT = número de dias com temperatura maior do que 32°C ou menor do que 4°C; N = período considerado.

Os valores de K_1 , K_2 e K_3 foram obtidos através de simulações sucessivas adotando-se o valor que proporcionou melhor ajuste entre o parâmetro e a produtividade de borracha seca.

Para a análise mensal foram considerados os dados do mês em questão e do mês anterior, com as produtividades Y_a e Y_p em kg.b.s./ha. Para a análise decendial foram considerados os dados do decêndio em questão e do decêndio anterior, com as produtividades Y_a e Y_p em g.bs/planta e g.bs/sangria.

Para a avaliação dos resultados dos modelos, além dos coeficientes de determinação, foi calculado o índice de concordância d , proposto por Wilmott et al (1985), além de outros indicadores estatísticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tanto a curva de produtividade observada como a da estimada (Figura 1a e 1b), com pequenas alterações mostram a tendência de periodicidade senoidal da produtividade da seringueira, relacionada à fenologia e à disponibilidade de energia. Na Tabela 1 são apresentados os coeficientes da equação senoidal, ajustados em função do ano de sangria, para a produtividade potencial mensal (kg/ha).

Tabela 1. Comportamento senoidal ($y = a + b \cdot \text{sen}(c \cdot x)$) da curva de produtividade potencial mensal (kg/ha) de borracha seca, clone RRIM600, para a localidade de José Bonifácio, Estado de São Paulo.

Ano de Sangria	Coeficiente da Equação - $r = 0,82$		
	a	b	c
1	49.843	26.462	0,017453
2	58.150	30.873	0,017453
3	74.764	39.694	0,017453
4	107.993	57.335	0,017453
5	124.607	66.156	0,017453
6	157.835	83.798	0,017453
7	182.757	97.029	0,017453
8	199.371	105.850	0,017453
9	215.985	114.670	0,017453

A utilização dessas equações para determinação de Y_p resultaram em estimativas razoáveis de Y_a , como pode-se observar na Tabela 2. Melhores ajustes para a estimativa da produtividade, tanto mensal como decendial, ocorreram quando utilizou-se a relação $(ETr/ETo)^{0.5}$ como fator hídrico de penalização da produtividade, resultando em coeficientes de correlação de 0,65, 0,68 e 0,73, para as produtividades mensal (kg/ha), decendial (g/pl) e decendial (g/pl.sg), respectivamente, todos com índice d superior a 0,88. A relação entre as produtividades (Y_a) observadas e estimadas pelo modelo podem ser verificadas nas Figuras 1a e 1b, para a produtividade mensal (kg/ha) e decendial (g/pl.sg).

Tabela 2. Análise estatística dos modelos utilizados para a estimativa da produtividade de borracha seca do clone de seringueira RRIM600, em José Bonifácio, Estado de São Paulo.

Modelo	a	b	r ²	d	Ea	Es	EAM
Mensal (kg/ha) ¹	20,01	0,91	0,63	0,88	50,11	9,24	40,93
Mensal (kg/ha) ²	8,52	0,87	0,65	0,88	55,08	17,06	44,91
Decendial (g/pl) ¹	24,92	0,77	0,53	0,85	49,84	17,74	44,26
Decendial (g/pl) ²	-1,86	0,85	0,68	0,88	61,45	23,92	40,63
Decendial (g/sg) ¹	5,50	0,81	0,61	0,88	11,19	3,58	9,86
Decendial (g/sg) ²	-0,48	0,87	0,73	0,90	13,89	5,35	9,17

¹ Fator hídrico = ETr/ETo ; ² Fator hídrico = $(ETr/ETo)^{0,5}$; d = índice de concordância de Willmott; Ea = erro aleatório; Es = erro sistemático; EAM = erro absoluto médio.

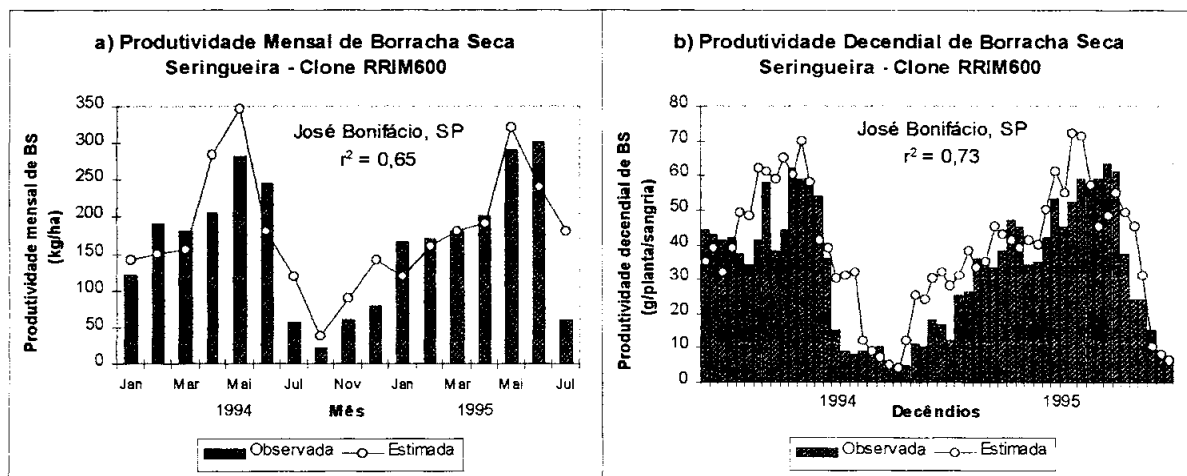


Figura 1. Produtividade mensal (a) e decendial (b), observadas e estimadas pelo modelo de penalização da FAO adaptado, para o clone de seringueira RRIM600, para a localidade de José Bonifácio, nos anos de 1994 e 1995, considerando-se $(ETr/ETo)^{0,5}$.

CONCLUSÕES

A função senoidal possibilitou bons ajustes para estimativa da produtividade potencial mensal e decendial de borracha seca. As estimativas de Y_p através da função senoidal, usados no modelo de estimativa de Y_a , resultaram em valores de $r^2 = 0,65$ para dados mensais e de $r^2 = 0,73$ para decendiais, utilizando-se $(ETr/ETo)^{0,5}$.

BIBLIOGRAFIA

- CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Est. S.Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.45, n.2, p.279-292. 1986.
- CAMARGO, M.B.P. & CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato de balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. *Bragantia*, Campinas, v. 52, n. 1, p.169-172. 1993.
- DOORENBOS, J. e KASSAN, A.H. Yield response to water. Rome, FAO. 197p. **FAO - Irrigation and Drainage Paper**, 33, 1979.
- JANG, A. Climate and natural production of Rubber (*Hevea brasiliensis*) in Xishuang-barra, Southern part of Yunnan province, China. *Inst. J. Biometeor.* v. 32, p.280-282. 1988.
- ORTOLANI, A.A.; SENTELHAS, P.C.; CAMARGO, M.B.P.; PEZZOPANE, J.E. e GONÇALVES, P.S. Modelos agrometeorológicos para estimativa da produção anual e sazonal de latex da seringueira. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 4, n. 1, p.147-150. 1996.
- WILLMOTT, L.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. *J. Geophys. Research.* v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.