

PARAMETRIZAÇÃO DE MODELO AGROMETEOROLÓGICO DE ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) A NÍVEL REGIONAL (EDR) PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

MARCO A. DOS SANTOS¹, MARCELO B.P. de CAMARGO².

1. MS, estagiário CONAB - Projeto GeoSafras Café, Campinas-SP, Bolsista CNPq, marcoins@uol.com.br. 2. Pesquisador Científico, MS/PhD, APTA/IAC, Campinas-SP, Bolsista Produtividade em Pesquisa CNPq, mcamargo@iac.sp.gov.br.

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

RESUMO: Muitos relatos sobre os efeitos negativos do aquecimento global sobre a cafeicultura brasileira têm afetado as tomadas de decisões de produtores, órgãos governamentais e privados e demais setores da cadeia do agronegócio café. Deste modo quanto mais preciso forem as previsões de safras melhores serão as tomadas de decisões e maior embasamento científico estas entidades terão para discernir o certo do duvidoso. Assim este trabalho visou parametrizar e testar um modelo agrometeorológico de estimativa de quebra de produtividade para a escala produtiva regional de Escritórios de Desenvolvimento Rural (EDRs). Considerando-se produtividades de seis anos agrícolas (2000/01 à 2005/06) das principais regiões cafeeiras do estado de São Paulo. Análises estatísticas mostraram que para a escala regional os coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico (ky) e o de penalização pelo fator bienalidade (ky0) de acordo com os maiores índices de concordância (d), correlação (R) e precisão/exatidão (C) foi a seqüência ky18 e ky0 igual a 0,20. O modelo parametrizado tem capacidade para estimar de forma consistente as produtividades das diversas regiões cafeeiras do estado de São Paulo.

Palavras-chaves: coeficientes de sensibilidade, déficit hídrico, temperaturas adversas do ar.

CALIBRATION OF AN AGROMETEOROLOGICAL MODEL FOR PREDICTING COFFEE (*Coffea arabica* L.) PRODUCTIVITY FOR REGIONAL LEVEL (EDR) IN SAO PAULO STATE, BRAZIL

ABSTRACT: Many reports on the negative effects of the global warming on the Brazilian coffee growing areas affect the sockets of decisions of producers, government organs and private and other sections of the chain of the coffee agribusiness. These ways the more precision forecasts of better harvests will be the sockets of decisions and larger informs will have such entities to discern the right of the doubtful. This work has the objective of calibration and test an agrometeorological model for predicting coffee productivity on a large scale of EDRs (offices of rural development). The accomplishment of this work considered six grain coffee yield productivity (2000/01 - 2005/06) of the main coffee areas of the state of São Paulo. Statistics analyses for the regional scale the sequence of penalization coefficients to water deficits (ky) and according to the previous yield (ky0) showed the best agreement indexes (d), correlation (R) and precision/accuracy (C) the sequence ky18 and ky0 equal to 0.20. The calibrated agrometeorological mode shows good capacity to estimate coffee grain productivity for a regional scale for the State of Sao Paulo, Brazil.

Keywords: sensibility coefficients, water deficit, adverse air temperatures

INTRODUÇÃO: Apesar de o Brasil ser o maior produtor mundial, maior exportador do grão, expoente na idealização de tecnologias e situado na vanguarda das pesquisas com café, este fato não permite que o País se tranquilize quanto aos cenários presentes e futuros da sua participação no concorrido e versátil comércio do agronegócio mundial. Assim o conhecimento prévio da safra agrícola torna-se cada vez mais uma questão estratégica, quer seja para o planejamento do abastecimento interno como para a orientação das ações referentes ao mercado externo e tomadas de decisões. Para uma previsão de safra consistente é necessário o conhecimento do tripé “Área-Tempo-Produtividade”, onde a *área* pode ser estimada através das tecnologias de imagem de satélite georeferenciadas em campo; o *tempo* é importante, pois uma estimativa consistente deve ser obtida antecipadamente, pelo menos até o último bimestre do ano anterior à produção; e o conhecimento da *produtividade* é fundamental para caracterizar a produção final. SANTOS (2005) e SANTOS e CAMARGO (2006) propuseram modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade do cafeeiro para diferentes escalas produtivas (planta, talhão, propriedade rural e município) e concluíram que os valores dos coeficientes (ky e ky_0) são diferentes para cada escala produtiva. Como os órgãos governamentais (CONAB e IEA) divulgam as previsões de safras por regiões (EDRs), é importante determinar os valores de ky e ky_0 para escala regional. Assim, este trabalho teve o objetivo de determinar os coeficientes de sensibilidade do café ao estresse hídrico (ky) e o coeficiente de penalização pelo fator bienalidade (ky_0) para a escala produtiva de região.

MATERIAL E MÉTODOS: Dados de produtividade de café com idade superior a seis anos do período de 2000 a 2006, foram coletados no Instituto de Economia agrícola (IEA) referente a catorze EDRs do Estado de São Paulo, conforme pode ser observado no gráfico 1 (Araraquara, Bauru, Botucatu, Bragança Paulista, Franca, Jaú, Lins, Marília, Ourinhos, Pindamonhangaba, Ribeirão Preto, São João da Boa Vista, São José do Rio Preto e Votuporanga). Os valores diários de temperaturas máximas e mínimas e precipitações pluviais foram obtidos junto aos arquivos do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica do IAC. Utilizou-se o modelo fenológico-agrometeorológico de monitoramento e de estimativa da quebra da produtividade do café proposto por SANTOS e CAMARGO (2006), caracterizado basicamente como um modelo matemático-mecânico composto por componente fenológico e fatores de penalização hídricos (DH) e térmicos (temperaturas adversas). O componente fenológico é utilizado para estimar o início da fase do florescimento pleno do cafeeiro, que segundo ZACHARIAS et al. (2007) para ocorrerem, os botões florais deverão estar prontos para a antese quando a somatória de ET_p , a partir do primeiro decêndio de abril, atingir 335 mm e após esta acumulação acontecer chuva igual ou superior a 7 mm. As equações utilizadas para a determinação dos coeficientes de sensibilidade aos fatores hídricos, térmicos e da bienalidade são semelhantes às utilizadas por SANTOS (2005), CAMARGO et al. (2005) e SANTOS e CAMARGO (2006), onde o componente hídrico do modelo é similar aos trabalhos de DOORENBOS e KASSAN (1979) e PICINI et al. (1999), e se baseia nos resultados do balanço hídrico seqüencial (ET_p , ET_r), onde o déficit hídrico é quantificado através de “produtórios decendiais” das relações $[1-(ET_r/ET_p)]$ ajustadas por diferentes coeficientes de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (ky) ocorridos nas quatro fases fenológicas mais críticas (indução floral, florescimento, granação e maturação). Para a estimativa dos valores de ET_p e ET_r , utilizou-se o modelo de balanço hídrico proposto por THORNTHWAITE e MATHER (1955), em escala decendial seqüencial. A capacidade máxima de água disponível (CAD) considerada foi de 100 mm que segundo CAMARGO e PEREIRA (1994) atende a grande maioria dos tipos de solos das áreas cafeeiras do Estado de São Paulo. A parametrização decendial dos valores de ky foi feita a partir de critérios e

observações experimentais de acordo com a fenologia bienal do cafeeiro proposta por CAMARGO e CAMARGO (2001). Foram testadas cinco seqüências de ky, variando a grandeza dos coeficientes durante as fases fenológicas críticas da cultura. Para a penalização por temperaturas adversas foram utilizados modelo gaussiano para determinar a porcentagem de café danificados pela ocorrência de temperaturas mínimas absolutas anuais abaixo de 2°C (registrada no abrigo meteorológico), geada e a penalização por temperaturas máximas durante o florescimento, foi feita a partir do modelo de gompertz que considera temperatura média das máximas a nível decendial de 30°C, durante os três primeiros decêndios após a plena antese, equivalente a temperaturas máximas absolutas do ar superiores a 34°C de acordo com SANTOS e CAMARGO (2006). Para a determinação do fator bienalidade (ky0) foi relacionando a produtividade do ano anterior (Y_{aa}) com a produtividade potencial (Y_p), na qual é ajustado pelo coeficiente de sensibilidade (ky0). Assim o modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade (sacos/ha) fica:

$$Y_{est} = \left\{ \left(Ky_0 \left(\frac{Y_{aa}}{Y_p} \right) \right) * \left[1 - \left(ky \left(1 - \frac{E_{tr}}{E_{tp}} \right) \right) \right] * [1 - f_{geada}] * [1 - f_{Tmáx}] \right\}$$

Para os testes do modelo foram comparadas as produtividades estimadas e observadas utilizando-se de plotagem gráfica e análises de regressão envolvendo coeficientes de correlação (R), erro sistemático (Es), erro aleatório (Ea) e o índice “d” (índice de concordância) proposto por WILLMOT et al. (1985). O “R” indica a precisão do modelo, ou seja, quanto à variação da variável dependente é explicada por aquela das variáveis independentes. O índice “d”, com variação entre 0 e 1, indica o grau de exatidão entre os valores estimados e observados, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor a exatidão do modelo em estimar a variável dependente. Também foi utilizado o índice “C” de acordo com CAMARGO e SENTELHAS (1997), que associa os coeficientes de correlação “R” (precisão) com o de concordância “d” (exatidão) em forma de produtórios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: De acordo as análises estatísticas apresentada na tabela 1, o ky que demonstrou melhor desempenho nas estimativas de produtividade foi a seqüência ky18 (gráfico 2) e ky0 igual a 0,20. Cujos valores do coeficiente “R”, “d” e do índice “C” foram, 0,68, 0,82 e 0,56, respectivamente. Os erros aleatório (Ea) e sistemático (Es) apresentaram valores baixos, sendo para Ea igual 3,7 sacos/ha e Es igual a 1,5 sacos/ha. O valor do erro médio aleatório (EMA) também foi baixo com valor de 3,2 sacos/ha. Os maiores valores de ky estão compreendidos nas fases fenológicas de florescimento e granação, e os menores valores na fase de indução floral e maturação, pois nessas duas fases as perdas na produtividade pelos fatores climáticos, principalmente no estágio de maturação do grão, são bem menos significativas. Testes indicam que o modelo agrometeorológico parametrizado para a escala produtiva regional de EDR considerando a série ky18 de coeficientes de sensibilidade à deficiência hídrica e coeficientes de penalização pela produtividade do ano anterior (ky0=0,20), mostrou ter potencial para estimativas de produtividade do cafeeiro no Estado de São Paulo. Produtividades estimadas pelo modelo possuem um bom grau de exatidão e precisão, apresentando pequenos valores de erros aleatórios.

CONCLUSÃO: O modelo agrometeorológico parametrizado para a escala produtiva regional (EDR), considerando o fator de penalização por déficit hídrico (seqüência ky18), o coeficiente de penalização pela produtividade do ano anterior (ky0) igual a 0,20, mostrou desempenho consistente na estimativa de produtividade para as condições do Estado de São Paulo.

Gráfico 1. Produtividades anuais observadas de café (sacos/ha) para o nível produtivo de EDR para o Estado de São Paulo, para o anos agrícolas de 2000/01 a 2005/06.

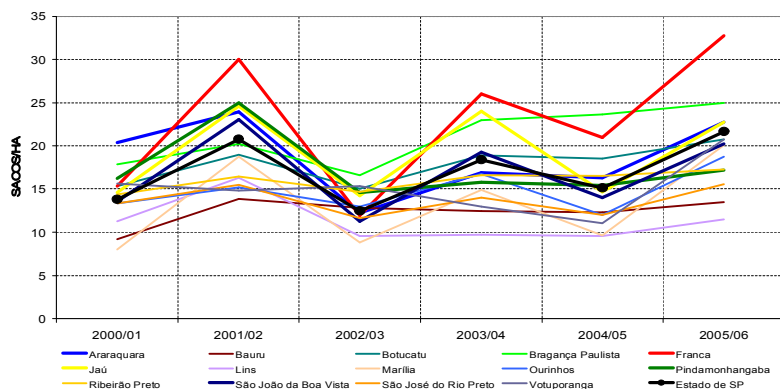


Gráfico 2. Diferentes seqüências de coeficientes de sensibilidade da cultura do café arábica ao déficit hídrico (ky11, ky15, ky16, ky17 e ky18) e as respectivas fases fenológicas.

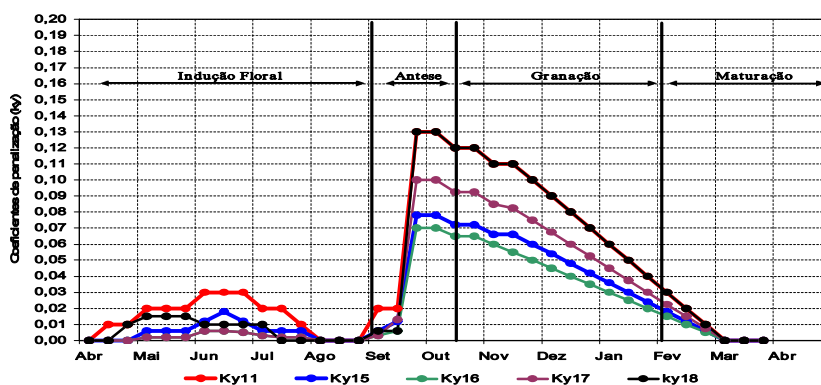


Tabela 1. Resultados das análises estatísticas (d, R, EMA, Ea e Es) do desempenho do modelo agrometeorológico parametrizado para o nível regional considerando diferentes séries de coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico (ky) e coeficientes de produção do ano anterior (ky0).

Combinação	d	R	C	EMA (sc/ha)	Ea (sc/ha)	Es (sc/ha)
ky11 ky0=0,50	0,64	0,69	0,44	5,5	3,0	5,5
ky11 ky0=0,20	0,79	0,68	0,54	3,6	3,6	2,3
ky11 ky0=0,10	0,81	0,67	0,54	3,4	3,8	1,5
ky18 ky0=0,50	0,71	0,68	0,48	4,5	3,3	4,2
ky18 ky0=0,20	0,82	0,68	0,56	3,2	3,7	1,5
ky18 ky0=0,10	0,80	0,67	0,54	3,3	3,9	1,9

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das estádio fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, Campinas, SP v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. Agrometeorology of the coffee crop. Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 96p. (Agricultural Meteorology CaM Report, 58).

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CAMARGO, M. B. P. ; SANTOS, M.A. ; LORENA, B.. Análise do desempenho de um modelo agrometeorológico de estimativa de quebra de produtividade do cafeeiro para a escala de propriedade rural e município. In: 31º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2005, Guarapari-ES. Trabalhos Apresentados. Brasília-DF : Ministério da Agricultura e Pecuária - PROCAFÉ, 2005. v. 1. p. 315-317.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 197p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).

PICINI, A.G.; CAMARGO, M.B.P.; ORTOLANI, A.A.; FAZUOLI, L.C.; GALLO, P.B. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Bragantia*, Campinas, SP, v.58, n.1, p.157-170, 1999.

SANTOS, M.A. Parametrização de coeficientes de sensibilidade e teste de modelos agrometeorológicos de estimativa de quebra de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), Campinas, 2005. 138p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agrônomo (IAC), Campinas, SP.

SANTOS, M.A., CAMARGO, M.B.P. de. Parametrização de modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) nas condições do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, SP. v.65, n.1, p.173-183, 2006.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, N.J. 1955, 104p. (Publications in Climatology. v.8, n.1).

WILLMOT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K.M.; KLINK, D.R. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal Geography Research*, v.90, p.8995-9005, 1985.

ZACHARIAS, A.O.; CAMARGO, M.B.P.; FAZUOLI, L.C. Parametrização de modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro arábica. In: V Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2007, Aguas de Lindoia-SP. Anais. Brasília-DF : Consorcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Cafee, 2007. v. 1. p. 1-5.