

# ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS E DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM DIFERENTES MODELOS DE PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

LEYDIMERE J. C. OLIVEIRA<sup>(1)</sup>, MARCELO J. DE OLIVEIRA<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Eng. Ambiental, Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV- Viçosa - MG, Fone: (0 XX 31) 3899 1902, leydimere.oliveira@ufv.br.

<sup>(2)</sup> Eng. Agrimensor, Prof. Mestre, Depto. de Engenharia de Minas, UFG, Catalão-GO.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**RESUMO:** Neste trabalho, foi realizada análise de sensibilidade dos parâmetros de quatro modelos de estimativa de produtividade agrícola para as culturas de milho e feijão. Em tais modelos, a assimilação de carbono foi calculada por meio das equações exponencial negativa, hipérbole retangular, de Blackman e hipérbole não retangular. Também foi realizada análise de sensibilidade desses modelos à temperatura média do ar e à radiação solar. Em geral, os modelos para a cultura do milho foram menos sensíveis aos parâmetros testados e à radiação solar, em comparação aos modelos referentes ao feijão. Os modelos de milho também foram menos sensíveis às variações positivas na temperatura, enquanto que, em variações negativas na temperatura, tais modelos apresentaram maior sensibilidade. **PALAVRAS-CHAVE:** modelo agrometeorológico, análise de sensibilidade e assimilação de carbono.

## SENSITIVITY ANALYSIS OF PARAMETERS AND CLIMATE VARIABLES IN DIFFERENT AGRICULTURAL PRODUCTIVITY MODELS

**ABSTRACT:** In this study, sensitivity analysis of parameters of four models to estimate agricultural productivity for maize and beans was done. In such models, the carbon assimilation was calculated using the equations: negative exponential, rectangular hyperbole, Blackman's and non-rectangular hyperbole. Also performed was sensitivity analysis of these models to the mean air temperature and solar radiation. In general, the models for maize were less sensitive to the tested parameters and to solar radiation, compared to the models for the beans. The models for maize were also less sensitive to positive changes in temperature but showed higher sensitivity to negative changes in temperature. **KEYWORDS:** agrometeorological model, sensitivity analysis, carbon assimilation.

**INTRODUÇÃO:** Modelos de crescimento têm sido gradativamente usados na agricultura, para estimativa da produtividade, tomada de decisão e pesquisa. Esses modelos simulam o aumento diário do crescimento das culturas por meio de vários processos, como a fotossíntese, a partição de matéria seca, além da transpiração baseada no balanço de água no solo e nas condições de manejo. Cada um dos processos fisiológicos é caracterizado por certos parâmetros, os quais dependem da cultura e da variedade específica (AGGARWAL, 1995). Alguns desses parâmetros devem ser calibrados por meio de processos de otimização, de modo que as diferenças ente os valores simulados e os observados sejam minimizadas. Quanto maior o número de parâmetros, maior é a dificuldade da calibração. Essa dificuldade pode ser amenizada através da análise de sensibilidade dos parâmetros, pois, no contexto de calibração de modelos, a análise de sensibilidade investiga como certo modelo computacional responde às variações nos seus parâmetros, determinando: (1) os parâmetros (ou partes do próprio modelo) que são insignificantes para determinado tipo de saída e podem ser

desconsiderados no processo de calibração; (2) a região ótima no espaço de parâmetros para ser usada no estudo subsequente de calibração; e (3) se e quais parâmetros interagem uns com os outros (VAREJÃO JR, 2009).

**MATERIAL E MÉTODOS:** A análise de sensibilidade dos parâmetros consistiu em medir em que magnitude uma alteração prefixada em determinado parâmetro, enquanto os outros parâmetros são mantidos constantes, altera o resultado final do modelo. Dessa forma, os parâmetros mais importantes no modelo podem ser identificados. Os valores dos parâmetros, obtidos na literatura e utilizados nos modelos, foram acrescidos e reduzidos em 10 e 20% individualmente, enquanto os demais parâmetros foram mantidos inalterados. As estimativas de produtividade dos grãos - obtidas nas simulações realizadas com cada um dos valores atribuídos aos parâmetros - foram comparadas às estimativas geradas na simulação realizada com os parâmetros originais. Desse modo, foi possível avaliar a influência desses parâmetros nas estimativas de produtividade dos grãos, geradas pelos modelos. De maneira similar, testou-se a sensibilidade dos modelos às variáveis climáticas: temperatura média do ar e radiação solar. A assimilação de carbono foi calculada, diariamente, por meio das equações (1) exponencial negativa; (2) hipérbole retangular; (3) Blackman e (4) hipérbole não retangular:

$$F_g = F_{g \max} \left( 1 - \exp \left( - \frac{\varepsilon I}{F_{g \max}} \right) \right) \quad (1)$$

$$F_g = F_{g \max} \left( \frac{\varepsilon I}{F_{g \max}} / \left( 1 + \left( \frac{\varepsilon I}{F_{g \max}} \right) \right) \right) \quad (2)$$

$$F_g = F_{g \max} \min \left\{ \frac{\varepsilon I}{F_{g \max}}, 1 \right\} \quad (3)$$

$$F_g = F_{g \max} \left( 1 + \left( \frac{\varepsilon I}{F_{g \max}} \right) - \sqrt{\left( 1 + \left( \frac{\varepsilon I}{F_{g \max}} \right) \right)^2 - 4 \left( \frac{\varepsilon I}{F_{g \max}} \right) \theta} / 2\theta \right) \quad (4)$$

em que:  $F_{g \max}$  = taxa máxima de fotossíntese da cultura ( $\text{gCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ );  $\varepsilon$  = eficiência fotossintética ( $\text{gCO}_2 \cdot \text{MJ}^{-1}$ );  $F_g$  = taxa de fotossíntese bruta ( $\text{gCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) e  $\theta$  = parâmetro de forma (0 - 1).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na análise de sensibilidade, foram testados os parâmetros  $F_{g \max}$  e  $\varepsilon$ , para o modelo de Blackman, exponencial negativa e hipérbole retangular. Para o modelo da hipérbole não retangular, também foi testado o parâmetro  $\theta$ . Para todos os modelos, foi realizada análise de sensibilidade da temperatura média do ar e da radiação solar. Na Figura 1, encontram-se os resultados da análise de sensibilidade de cada modelo para a cultura do feijão e, na Figura 2, para a cultura do milho.

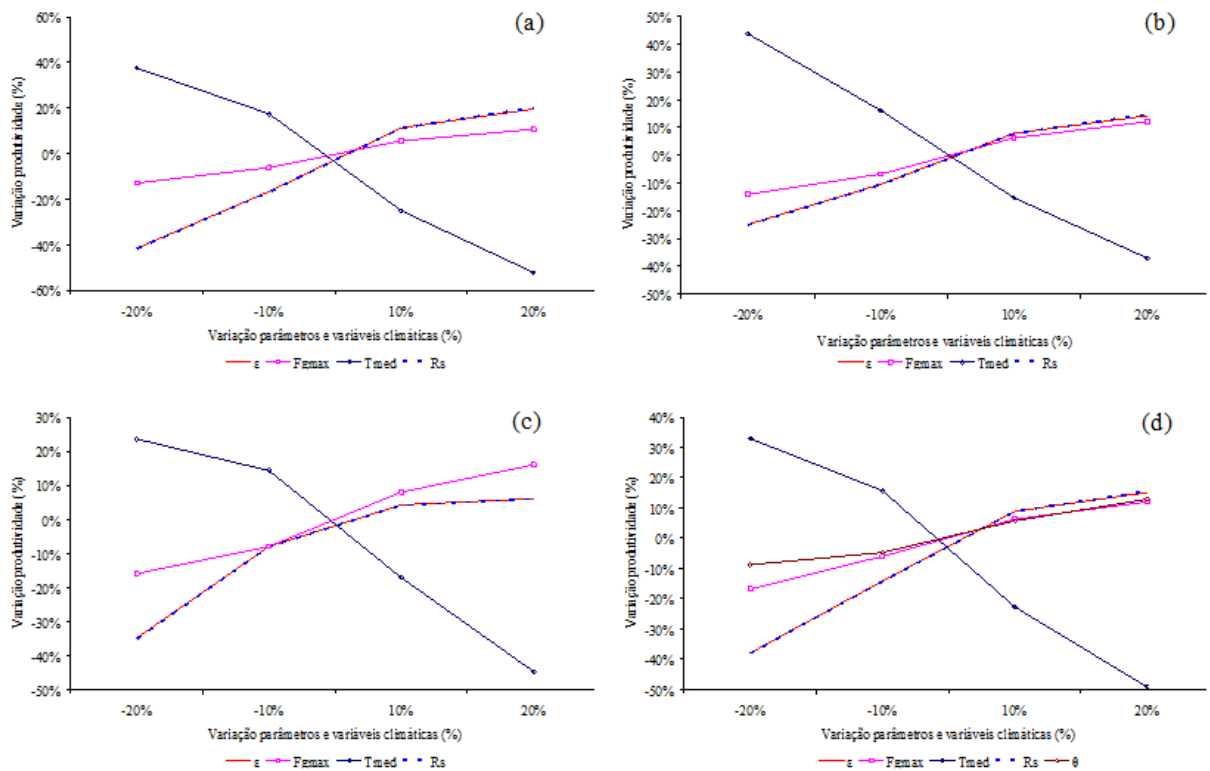


Figura 1. Análise de sensibilidade da produtividade do feijão, relativa aos parâmetros do modelo e às variáveis climáticas, para o método da exponencial negativa (a); da hipérbole retangular (b); de Blackman (c) e da hipérbole não-retangular (d).

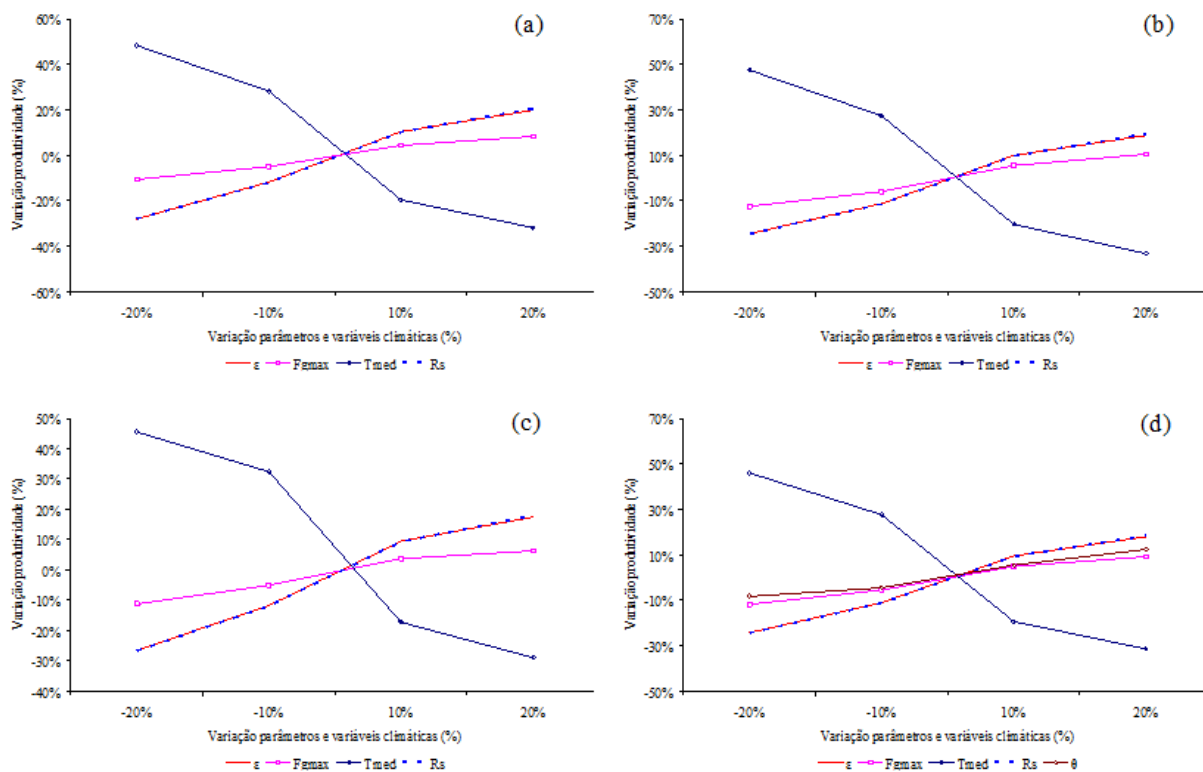


Figura 2. Análise de sensibilidade da produtividade do milho, relativa aos parâmetros do modelo e às variáveis climáticas, para o método da exponencial negativa (a); da hipérbole retangular (b); de Blackman (c) e da hipérbole não-retangular (d).

Nas figuras 1 e 2, para ambas as culturas, observa-se que os modelos apresentaram sensibilidade a todos os parâmetros e variáveis climáticas testadas, especialmente quando estes foram diminuídos em 20%. Todos os modelos foram mais sensíveis às variações de temperatura, variando de +44% no método da hipérbole retangular (Figura 1b), quando variou de -20% até -52% no método da exponencial negativa (Figura 1a), quando variou de +20%, para o feijão. Para o milho, variações na produtividade foram de +48% no método da exponencial negativa (Figura 2a), até -33% no método da hipérbole retangular (Figura 2b), quando a temperatura variou -20% e +20%, respectivamente. Ainda nas figuras 1 e 2, percebe-se que a sensibilidade dos modelos ao parâmetro  $\varepsilon$  é equivalente à sensibilidade à radiação solar ( $R_s$ ), o que pode ser explicado pelo fato de esses dois elementos serem diretamente proporcionais à assimilação de carbono (Equações 1 a 4). Já na cultura do feijão, o modelo exponencial negativa (Figura 1a) mostrou sensibilidade maior ao parâmetro  $\varepsilon$ , em comparação com os outros modelos, sendo que as variações na produtividade foram de -42% e 20%, quando este parâmetro variou -20% e 20%. Quanto à cultura do milho, a sensibilidade ao parâmetro  $\varepsilon$  foi praticamente igual em todos os modelos, sendo que as variações na produtividade foram de -27% e 18%, para variações de -20% e 20% neste parâmetro. Em relação à cultura do feijão, o modelo mais sensível ao parâmetro  $F_{gmax}$  foi o de Blackman (Figura 1c). A produtividade variou de -16% e 16%, quando este parâmetro variou de -20% e 20%. No que se refere à cultura do milho, o modelo mais sensível ao parâmetro  $F_{gmax}$  foi o da hipérbole retangular (Figura 2b); a produtividade variou de -12% e 10% para variações neste parâmetro de -20% e 20%. No modelo da hipérbole não retangular (Figura 1d) para a cultura do feijão e, para a cultura do milho (Figura 2d), as variações no parâmetro  $\theta$  de -20% e 20% resultaram em variações na produtividade de -9% e 13% e -8% e 12%, respectivamente.

**CONCLUSÕES:** Em geral, os modelos para a cultura do milho foram menos sensíveis aos parâmetros testados e à radiação solar, em comparação aos modelos referentes ao feijão. Os modelos de milho também foram menos sensíveis às variações positivas na temperatura, enquanto que, em variações negativas na temperatura, apresentaram maior sensibilidade. É importante ressaltar aqui a necessidade de verificação de valores específicos para os parâmetros, por meio de experimentos, uma vez que a produtividade foi alterada, significativamente, com a mudança nos valores dos mesmos.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

Aggarwal, P. K. **Uncertainties in Crop, Soil and Weather Inputs Used in Growth Models: Implications for Simulated Outputs and Their Applications.** Agricultural Systems, Great Britain, v.48, p.361-384, 1995.

Varejão Jr, C. G. **Calibração hierárquica multiobjetivo de um modelo de micrometeorologia e de dinâmica de ecossistemas terrestres.** 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.