

# UM MODELO PARA A ESTIMAR A PRODUTIVIDADE DO MILHO

(*Zea mays* L.). Alexandre Hugo Cezar Barros<sup>1</sup> & Luís Cláudio Costa<sup>2</sup>.

## RESUMO

Desenvolveu-se um modelo agrometeorológico para simular o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.). O modelo foi testado com os dados obtidos na Estação Experimental de Vitória de Santo Antão - PE. Três Partes principais constaram no modelo. Na primeira foram computados os ganhos energéticos, representados pela fotossíntese. Na segunda, as perdas do sistema relativas a respiração de manutenção e crescimento. Após o estabelecimento do incremento diário de matéria seca para as diversas partes da planta, na terceira parte, procurou-se estabelecer as relações com o incremento da área foliar. Levaram-se em consideração as interações das condições meteorológicas e o estado fisiológico das plantas. O modelo proposto mostrou-se consistente para simular o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do milho, sendo similar aos valores obtidos experimentalmente. Os parâmetros mais sensíveis no modelo foram a eficiência fotossintética e a respiração de manutenção.

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das mais difundidas no mundo, dada a sua importância na dieta alimentar humana e animal. Embora apresente um elevado potencial produtivo, o rendimento da cultura no Brasil é considerado baixo. Enquanto a produtividade média brasileira é da ordem de 2054 kg ha<sup>-1</sup>, no Nordeste não ultrapassa os 700 kg ha<sup>-1</sup> (FIBGE, 1992), devido a extrema dificuldade no processo de difusão e adoção de novas tecnologias de cultivo.

---

<sup>1</sup> Pesquisador - IPA, CP 1022, CEP 50761-000, Recife, Pernambuco, Brasil, e-mail: alex@ipa.br <sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola,

Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, e-mail: l.costa@mail.ufv.br

A integração dos diversos fatores que afetam o rendimento agrícola da cultura, sem necessariamente, estabelecer um experimento para cada variável a ser estudada — é possível, através de simulações (CHAN, 1992). De fato, vários países têm redirecionado o modo pelo qual vêm sendo propostos os trabalhos de pesquisa. Observa-se, nos últimos anos, uma crescente preocupação com trabalhos multidisciplinares e com a integração dos diversos fatores que afetam o rendimento agrícola. (EMBRAPA, 1994). Uma série de modelos de simulação dos processos fisiológicos de culturas, chamada CERES (*Crop Environment Resource Systems*) foi desenvolvida pelo *Grassland, Soil and Water Research Laboratory* (JONES *et. al.*, 1986). O modelo para o milho, o CERES-Maize, tem sido testado em diversos países com resultados consistentes de estimativa e previsão de rendimento de grãos (HODGES *et. al.*, 1992; VOS *et. al.*, 1987). No Brasil, o CERES-Maize foi testado por LIU *et. al.*, (1989), utilizando dados meteorológicos, dados de solo e da cultura do milho híbrido DINA 10. Os resultados mostraram que o rendimento de grãos estimados pelo modelo apresentaram erros na ordem de 2 a 10%, quando comparados com os rendimentos observados. LIMA (1995) calibrou esse modelo para as condições tropicais do Brasil e alcançou resultados significativos na distribuição de matéria seca total e no rendimento de grãos.

O presente trabalho procurou associar técnicas de modelagem e experimentos, no sentido de se obter resultados representativos para toda a faixa da Zona da Mata estado de Pernambuco. A utilização da variedade BR 5036 deveu-se a sua grande aptidão no Nordeste e ao seu elevado potencial produtivo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho experimental foi conduzido na Estação Experimental de Vitória de Santo Antão, Pernambuco, pertencente a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, IPA. A área experimental de 356 m<sup>2</sup> foi dividida em três parcelas de 10 m x 10 m. Foi utilizado o cultivar BR 5036 seleção IPA, resultante do programa de melhoramento genético para a cultura do milho em Pernambuco. O solo foi mantido próximo a capacidade de campo, através de irrigações durante todo crescimento da

cultura. Foram efetuadas coletas de cinco plantas por parcela, a cada cinco dias, durante os 30 primeiros dias depois da emergência. Após os 30 primeiros dias, as coletas foram realizadas com frequência de 10 em 10 dias até o final do ciclo da cultura. Nas coletas determinou-se a altura da planta, a área foliar, a matéria seca do caule, das folhas e das raízes. A matéria seca total foi obtida através do somatório do peso da matéria seca de todas as partes da planta. Durante o ciclo da cultura foram efetuadas avaliações para caracterização dos estádios vegetativo, reprodutivo e de formação de grãos de acordo com HANWAY, 1963). Os dados meteorológicos foram obtidos da Estação Meteorológica de Vitória de Santo Antão - PE. O modelo foi desenvolvido no *software* modelmaker (1993). O modelo é dividido em quatro partes principais. Na primeira, computou-se o ganho de carbono diário do sistema por meio da fotossíntese. Na segunda, foram computadas as perdas do sistema, representado pela respiração.

Uma vez conhecido o balanço de carbono entre ganhos e perdas, na terceira computou-se a distribuição de carboidratos para as folhas, o colmo, as raízes e os órgãos de armazenamento, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura. Finalmente, na quarta etapa foi simulado o incremento diário de matéria seca total, através do somatório de todas as partes estruturais da planta (Figura 1).

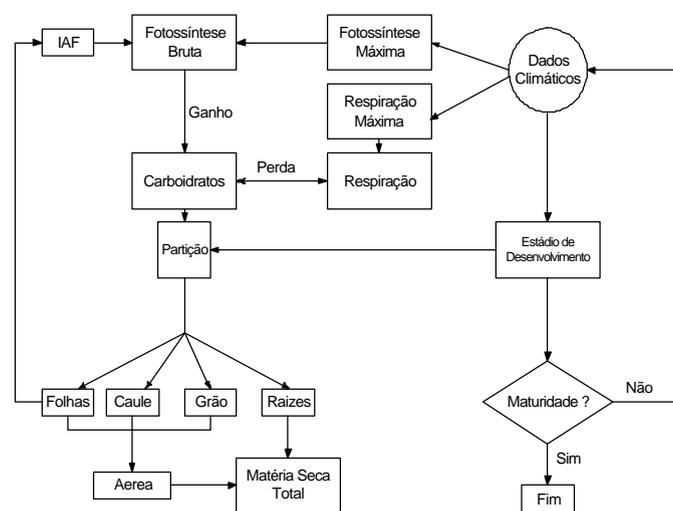


Figura 1 - Diagrama esquemático do modelo. Os retângulos representam a quantidade e taxa, os círculos dados de entrada, os quadrados as variáveis auxiliares, o losango uma decisão e as linhas, os fluxos de informações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os resultados simulados e observados de matéria seca total da parte aérea em função dos dias depois da emergência (DDE). Observa-se um bom ajustamento dos dados simulados pelo o modelo aos valores observados até os 25 dias. Este período compreende a fase lenta e o início da fase de rápida de acumulação de matéria seca. No período de 30 a 80 DDE, o modelo subestimou os valores observados para parte aérea. Observa-se, ainda, que no final do ciclo da cultura os desvios padrão ficam mais próximos ao dados observados em campo. A grande complexidade dos modelos de distribuição de carboidratos, normalmente são com relação aos órgãos reprodutivos. Até o final do crescimento vegetativo os carboidratos são distribuídos para o caule, as folhas e as raízes. (THORNLEY , 1977; KEULEN, *et al.*, 1986; PENNING DE VRIES *et. al.*, 1989; CHAN, 1992). No entanto, observou-se nos resultados experimentais de campo, que no final do ciclo vegetativo, grande parte de fotoassimilados já foram translocados para a formação das inflorescências masculina e feminina do milho (EMBRAPA, 1993)

Na Figura 3 são apresentados o índice de área foliar (IAF). Os valores de IAF máximo observado e simulado foram de 4,2 e 4,4, ambos aos 60 DDE, respectivamente. Pode-se verificar ainda na figura 2 que a partir dos 50 DDE os valores de IAF são superiores a 3, e se mantém até os 90 DDE, o que indica que a cultura está com o dossel vegetativo bastante desenvolvido e teoricamente interceptando a radiação incidente no dossel vegetativo. Na Figura 4 pode-se observar a distribuição de matéria seca para os órgãos reprodutivos, compreendendo a palha, o grão e as espigas. Verifica-se nesta figura que a partição de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos, observados em campo, tem início em torno de 40 dias depois da emergência. No entanto, a matéria seca para os órgãos reprodutivos simulados pelo modelo só tem início após o término da fase vegetativa da cultura, em torno de 65 DDE. A produtividade de grãos observada e simulada foi de 4.100 kg.ha<sup>-1</sup> e 4.569 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

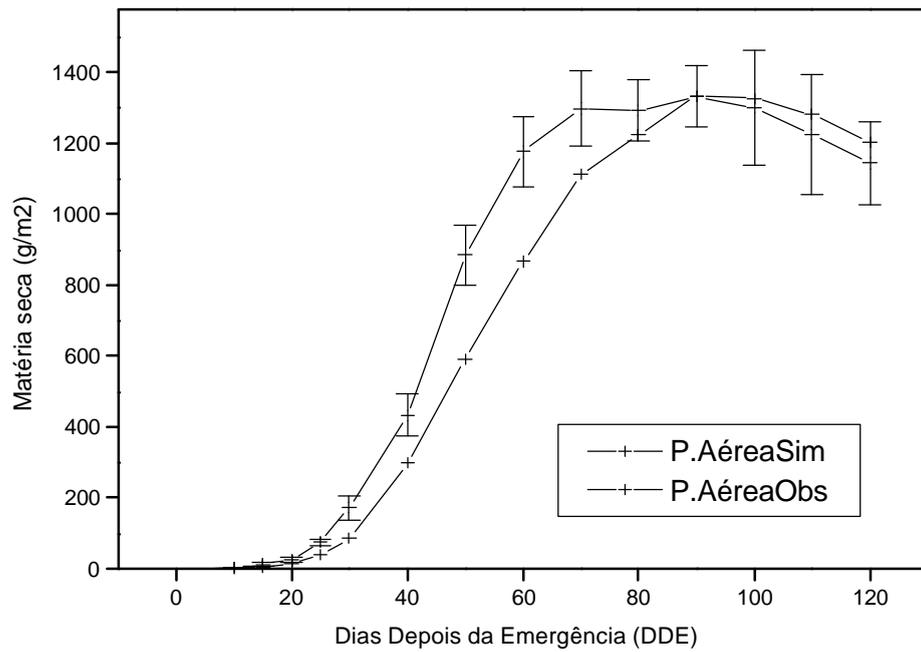


Figura 2 - Matéria seca total para da parte aérea do milho BR 5036 observada e calculada.

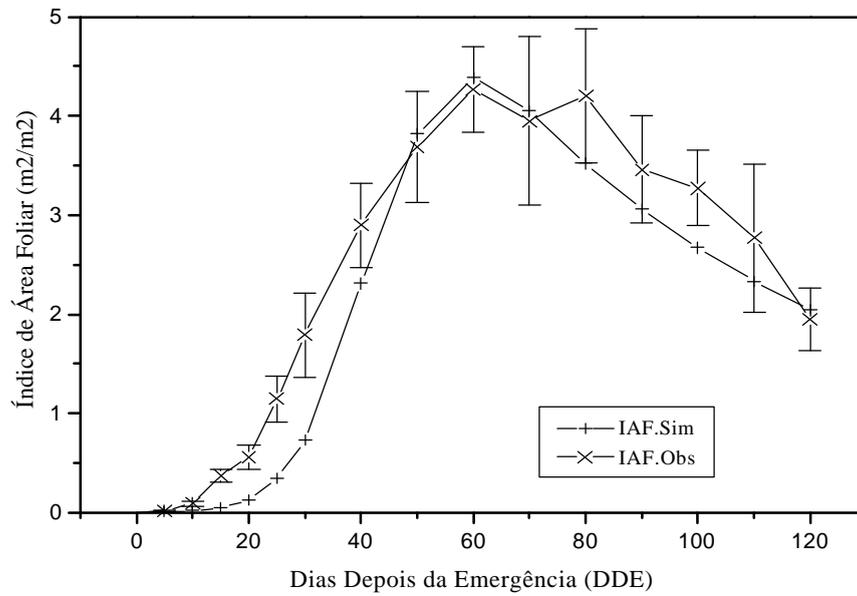


Figura 3 - Índice de área foliar do cultivar de milho BR 5036 observada e simulada.

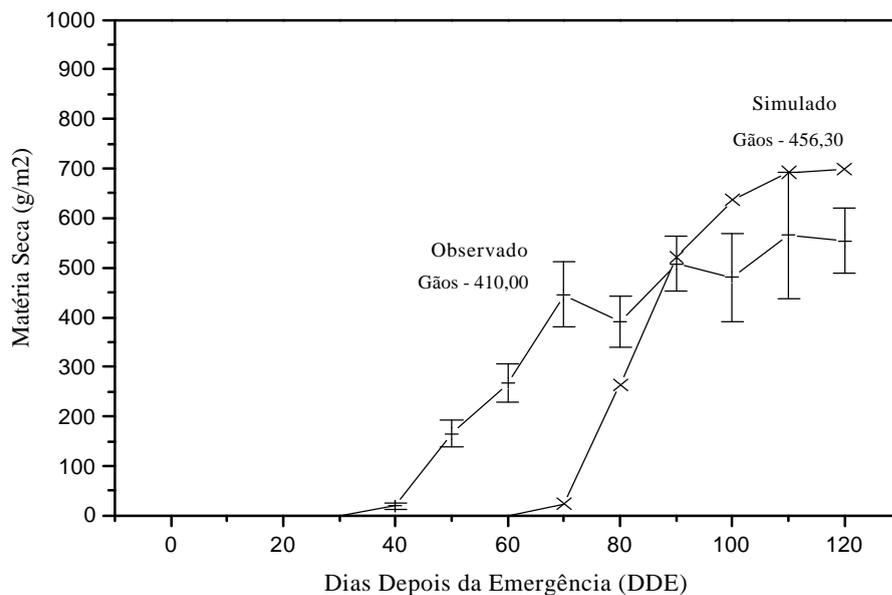


Figura 4 - Distribuição de matéria seca dos órgãos reprodutivos observado e simulado (palha, grão e espigas) do cultivar de milho BR 5036.

## CONCLUSÕES

Estes resultados permitiram, como primeira aproximação, analisar a consistência do modelo desenvolvido neste estudo. Ainda que não sejam suficientes para uma análise mais completa do sistema solo - planta - atmosfera, os resultados permitem inferir quais as dificuldades mais pronunciadas das pressuposições e hipóteses utilizadas na concepção do modelo proposto neste trabalho.

O modelo apresentou, em média, para a parte aérea 84 % de ajustamento para as estimativas de acúmulo de matéria seca total na maturidade fisiológica e 88,0 % para a produtividade de grãos. Entretanto, o modelo não foi capaz de acompanhar as variações de matéria seca durante o crescimento e o desenvolvimento da cultura. Observou-se que durante o estágio reprodutivo, os dados calculados do acúmulo de matéria seca são menos precisos, quando comparados com os da fase lenta e de maturação fisiológica observados em campo.

A distribuição de carboidratos para as diversas partes da planta ainda é pouco detalhado e duvidosa, devido a este mecanismo depender de inúmeras variáveis e de

fatores ambientais, tais como fotoperíodo, solo, umidade do solo e nutrição mineral que não foram tratadas no modelo proposto.

## BIBLIOGRAFIA

- FIBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro, 1992. 700p
- CHAN, A.K. **Simulation of growth and development of Faba Bean (vicia faba L.)**. University of Reading, UK, 1992. 217p. (Ph.D. Thesis).
- EMBRAPA. **Mudanças e Perspectivas para o ano 2000**. Brasília, DF, 1994. 76p.
- JONES, P.N.; KINIRY, J.R. **CERES-Maize**: a simulation model of maize growth and development. College Station, Texas A & M. University Press, 1986, 194p.
- HODGES, T.; EVANS, D.W. Leaf emergence and leaf duration related to thermal time calculations in CERES-Maize. **Agronomy Journal**, Madison, **84** (4): 624-30, 1992.
- LIU, W.T.H.; BOTNER, D.M.; SAKAMOTO, C.M. Application of CERES-Maize model to yield prediction of Brazilian maize hybrid. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, **45** (3/4): 299-312, 1989.
- LIMA, M.G. **Calibração e validação do modelo CERS-MAIZE em condições tropicais do Brasil**. Piracicaba, 1995. 119p. (Tese D.S.).
- HANWAY, 1963). HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays*, L.). **Agronomy Journal**, Madison, **55** (5): 487-92, 1963.
- MODELMAKER, Version 2.0 SB Technology. Scientific Publishing Limited, Oxford. Great Britian, 1993, 1994.
- THORNLEY, J.H. Growth, maintenance and respiration: a re-interpretation. **Ann. of Botany**, Wageningen, 41, p.1191-1203, 1977.
- KEULEN, H. VAN. & WOLF, J. **Modelling of agricultural production: weather, soils and crops**. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Pudoc Wageningen, Netherlands. 1986.
- PENNING De VRIES, F.W.T., JANSEN, D.M., TEN BERGE, H.F.M. et al. **Simulation of ecophysiological process of growth in several annual crops**. Wageningen: Pudoc: 1989. 271p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília:EMBRAPA.SPI, 1993, 204p.