

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DO AR NO COMPRIMENTO DO CICLO E PRODUTIVIDADE DO MILHO IRRIGADO

MARIA EMÍLIA B. ALVES¹; CAMILO DE L. T. DE ANDRADE²; TALES A. AMARAL³; DENISE F. SILVA⁴

¹Eng. Agrícola, DSc Meteorologia Agrícola – Bolsista FAPEMIG
²Pesquisador A, PhD, Eng. Irrigação/Modelagem, Embrapa Milho e Sorgo
³Biologo - MSc Fisiologia Vegetal – Doutorando UPEL
⁴Eng. Agrícola, DSc Recursos Hídricos e Ambientais – Bolsista CNPq

XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia- 18 a 21 de julho de 2011, Sesc, Guarapari – Espírito Santo

RESUMO: A cultura do milho pode desenvolver-se sob amplas condições de solo e clima; no entanto, mesmo em condições adequadas de suprimento de água, outros fatores ambientais, como a disponibilidade térmica, podem exercer influência sobre seu crescimento e desenvolvimento. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da temperatura no comprimento do ciclo e produtividade da cultura do milho irrigado, utilizando o modelo CSM-CERES-Maize. Empregou-se o modo sazonal do modelo com uma série histórica contendo 46 anos de dados diários de clima, para simular a produtividade em cenários de semeaduras semanais, de 01 de agosto a 24 de julho de cada ano. O ciclo da cultura do milho simulado, para a data de semeadura de 20 de fevereiro, foi de 147 dias em 1999 e de 163 dias em 1963, apresentando produtividades de 6.585 kg ha⁻¹ e 10.872 kg ha⁻¹, respectivamente. No ano de 1999, a cultura atingiu sua maturidade fisiológica mais rapidamente, com uma soma térmica de 1709 GD; já em 1963, a cultura atingiu sua maturidade fisiológica com 1669 GD acumulados ao final do ciclo. No ano de 1963, o prolongamento do ciclo da cultura propiciou uma maior produtividade, período este em que se observaram temperaturas médias mais amenas.

PALAVRAS-CHAVE: DSSAT, graus-dia, *Zea mays* L.

AIR TEMPERATURE INFLUENCE ON IRRIGATED MAIZE CROP CYCLE AND YIELD

ABSTRACT: Maize can develop under several soil and climate conditions; however, even with adequate water supply, other environmental factors such as thermal conditions may influence their growth and development. This work aimed to evaluate the influence of temperature on irrigated maize crop cycle and yield using CSM-CERES-Maize model. The model's seasonal tool was used with a weather data set, containing 46 years of records to simulate crop yield for scenarios of weekly sowing dates, from August 1st to July 24th, of each year. Maize cycle for February 20th sowing date was 147 days in 1999 and 163 days in 1963, with grain yield of 6,585 kg ha⁻¹ and 10,872 kg ha⁻¹, respectively. In 1999 the crop reached physiological maturity faster, with a thermal sum of 1709 GD, while in 1963 the crop reached physiological maturity with 1669 GD accumulated up to the end of cycle. In 1963, in which were observed average temperatures milder, the longer cycle led to a higher yield.

KEYWORDS: DSSAT, degree-days, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO: A cultura do milho pode desenvolver-se sob amplas condições de solo e clima. Em função desses fatores, os produtores tomam decisões com a finalidade de reduzir os riscos associados às imprecisões climáticas (KINIRY et al., 1997). Mesmo em condições adequadas de suprimento de água, outros fatores ambientais, como a radiação solar e a disponibilidade térmica, podem exercer influência sobre o crescimento e o desenvolvimento da cultura (LOZADA et al., 1999). Uma grande variabilidade, tanto interanual, quanto sazonal, nos valores da produtividade de grãos simulados pelo modelo CSM-CERES-Maize, em condições de irrigação, foi observada por Andrade et al. (2009), indicando que outros fatores, além do estresse hídrico, afetam a produtividade do milho. Bannayan et al. (2004) afirmam que o regime térmico influencia não somente a taxa de produção de matéria seca mas, também, a fenologia e a duração das fases de desenvolvimento da cultura. A modelagem pode ser uma ferramenta útil para estudar este tipo de problema. O modelo *Cropping System Model* (CSM)-CERES-Maize, do sistema DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) (HOOGENBOOM et al., 2009), pode ser usado para simular a produtividade das culturas sob cenários diversos, envolvendo a variabilidade dos elementos climáticos. O objetivo do trabalho consistiu em avaliar a influência da temperatura do ar na produtividade e no comprimento do ciclo da cultura do milho irrigado, com base em resultados de simulação realizados com o modelo CSM-CERES-Maize.

MATERIAL E MÉTODOS: Utilizou-se a ferramenta de análise sazonal do modelo CSM-CERES-Maize, versão 4.5 (HOOGENBOOM et al., 2009) devidamente calibrado para o híbrido DKB 390YG (SANTANA et al., 2010), para simular cenários de semeaduras semanais, iniciando em 01 de agosto e encerrando em 24 de julho de cada ano, totalizando 52 épocas (Tabela 01). Empregaram-se também dados climáticos diários, obtidos da série histórica de Sete Lagoas, MG, contendo 46 anos de registros da estação climatológica da Embrapa Milho e Sorgo. Preparou-se o modelo para aplicar irrigações automaticamente, de forma que a cultura não sofresse nenhuma restrição hídrica. A cultivar DKB 390YG foi semeada em um Latossolo Vermelho Distrófico, com espaçamento de 0,76 m entre linhas e uma população de 7,0 plantas m⁻². A adubação de plantio consistiu em 300 kg ha⁻¹, da fórmula 10-25-16 (N, P₂O₅, K₂O) mais Zn, aplicada no sulco de semeadura, e duas doses de 75 kg ha⁻¹, como uréia, aos 20 e 30 dias após semeadura (DAS).

Tabela 01. Identificação das épocas de semeadura simuladas

Ep	Data	Ep	Data	Ep	Data	Ep	Data	Ep	Data	Ep	Data
E1	01/08	E10	03/10	E19	05/12	E28	06/02	E37	10/04	E46	12/06
E2	08/08	E11	10/10	E20	12/12	E29	13/02	E38	17/04	E47	19/06
E3	15/08	E12	17/10	E21	19/12	E30	20/02	E39	24/04	E48	26/06
E4	22/08	E13	24/10	E22	26/12	E31	27/02	E40	01/05	E49	03/07
E5	29/08	E14	31/10	E23	02/01	E32	06/03	E41	08/05	E50	10/07
E6	05/09	E15	07/11	E24	09/01	E33	13/03	E42	15/05	E51	17/07
E7	12/09	E16	14/11	E25	16/01	E34	20/03	E43	22/05	E52	24/07
E8	19/09	E17	21/11	E26	23/01	E35	27/03	E44	29/05		
E9	26/09	E18	28/11	E27	30/01	E36	03/04	E45	05/06		

Ep = Identificação da época de semeadura semanal ao longo do ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para cada data de semeadura, foram gerados 46 dados simulados de produtividade de grãos, que foram plotados no formato de distribuição de frequência. Observou-se uma grande variabilidade, tanto interanual quanto sazonal, nos valores da produtividade de grãos simulados pelo modelo, mesmo em condições de irrigação,

(Figura 1). O maior valor mediano de produtividade, 9.096 kg ha⁻¹, foi obtido para a semeadura realizada no dia 20 de fevereiro. Para esta época, o rendimento do milho variou de 6.585 kg ha⁻¹, em 1999, a 10.872 kg ha⁻¹, em 1963. Uma vez que não há restrições hídricas, a diferença entre as produtividades simuladas está relacionada aos regimes térmicos observados ao longo dos ciclos da cultura nestes dois anos.

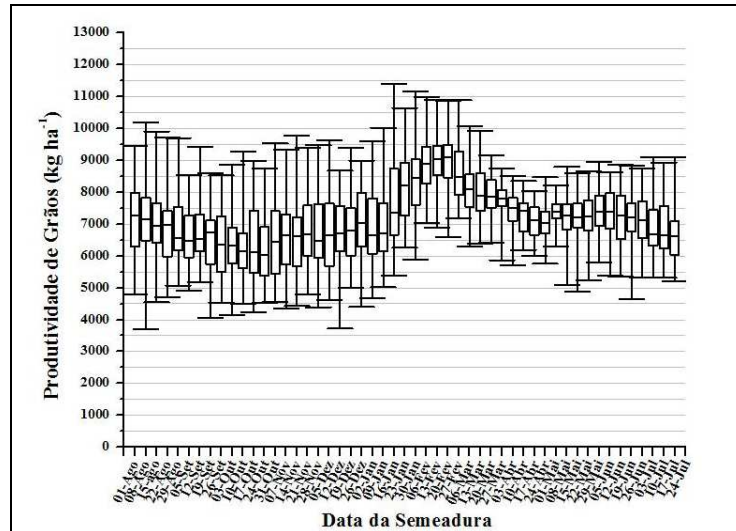


Figura 1 – Distribuição de frequência da produtividade de grãos de milho, indicando valores mínimos, máximos, medianos e percentis, para diferentes datas de semeadura, em regime de irrigação, em Sete Lagoas, MG.

No ano de 1963, foram observadas temperaturas mínimas mais baixas do que em 1999 (Figura 2a) e, por sua vez, uma maior amplitude térmica (Figura 2b) o que, certamente, provocou o prolongamento do ciclo e o conseqüente aumento da produtividade. De acordo com Fancelli (2000), a eficiência máxima de conversão da radiação solar é afetada pelas temperaturas diurna e noturna reinantes no período, bem como pela amplitude térmica resultante. Assim, temperaturas diurnas relativamente elevadas possibilitam altas taxas fotossintéticas, ao passo que temperaturas noturnas amenas contribuem para o prolongamento do período de crescimento, assegurando à cultura maior número de dias para o aproveitamento efetivo da radiação incidente. Este mesmo autor afirma que temperaturas elevadas prevalecentes no período noturno promovem um consumo energético demasiado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda no rendimento da cultura. Segundo Didonet et al. (2001), baixas temperaturas do ar prolongam as fases fenológicas do milho e proporcionam maior tempo para a planta produzir e translocar fotoassimilados. Analisando a diferença entre as produtividades simuladas nos anos de 1963 e 1999 sob o conceito de graus-dia ou soma térmica, expressa em graus-dia (GD), torna-se mais evidente a influência do regime térmico sobre o ciclo da cultura do milho. De acordo com os resultados fornecidos pelo modelo, a data do florescimento ocorreu aos 64 DAS (dias após semeadura) em ambos anos. A soma térmica da semeadura até esta data foi de 875 GD em 1963 e de 880 GD em 1999, valores praticamente iguais para esta fase fenológica da cultura (Figura 3a). A partir desta data, observou-se que, no ano de 1999, a cultura atingiu sua maturidade fisiológica mais rapidamente, aos 147 DAS, com uma soma térmica 1709 GD, contra 1669 GD para o ano de 1963, quando a cultura atingiu sua maturidade fisiológica aos 163 DAS. Por se tratar de um somatório das diferenças de temperaturas ao longo do tempo (REICHARDT e TIMM, 2004), o acúmulo de graus-dia está diretamente relacionado às temperaturas observadas no período de estudo. Assim, este acúmulo aconteceu de forma mais suave após a data de florescimento

no ano de 1963, prolongando o ciclo da cultura e propiciando, desta forma, uma maior produtividade. Neste período observaram-se temperaturas médias mais amenas (Figura 3b). Neste contexto, Fancelli & Dourado-Neto (2000) salientam que a queda de rendimento em grãos, na condição de temperatura noturna elevada, pode ser também determinada pela redução acentuada do ciclo da planta, em função do incremento da somatória térmica.

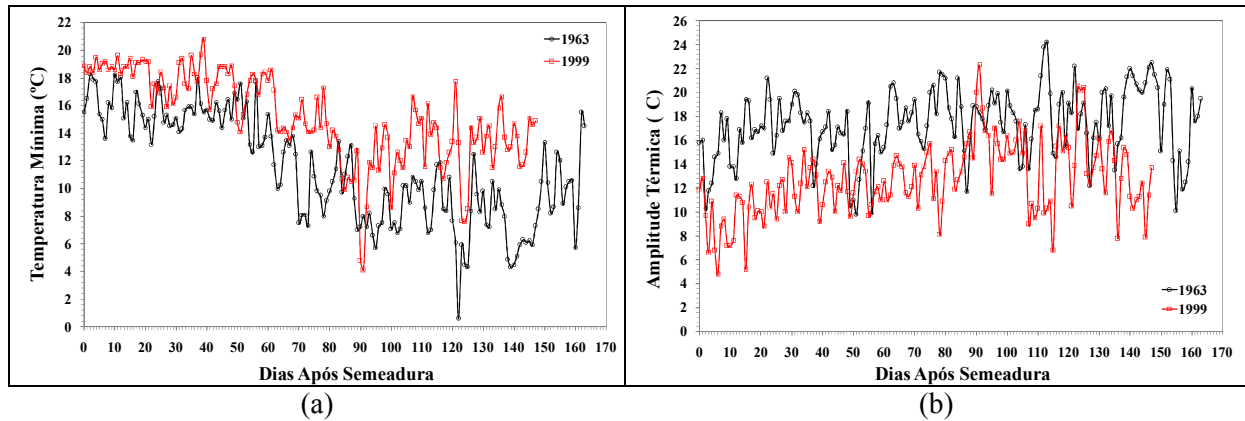


Figura 2 – Temperatura mínima (a) e amplitude térmica (b) observadas ao longo do ciclo da cultura para os anos de 1963 e 1999, para semeadura em 20 de fevereiro. Sete Lagoas, MG.

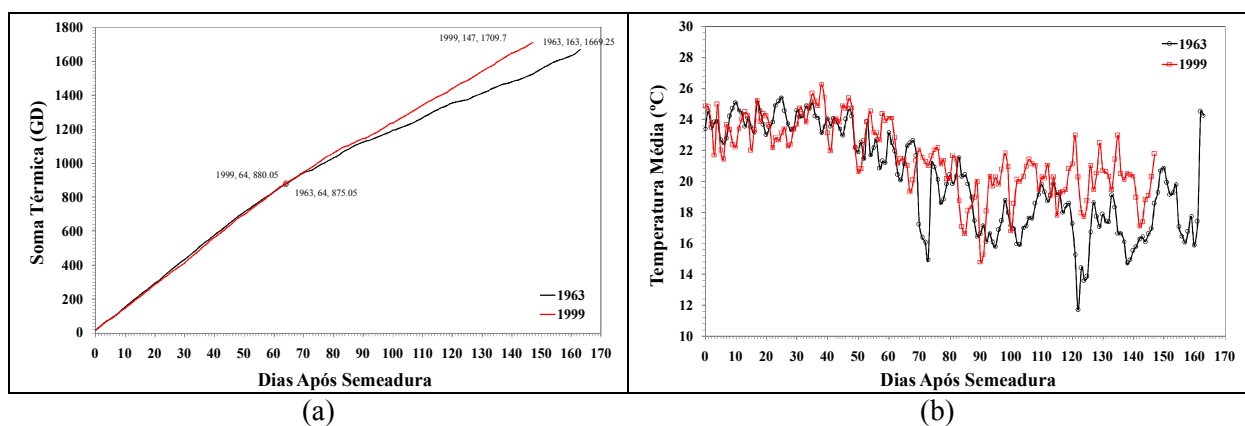


Figura 3 – Soma térmica (a) e temperatura média observada (b) ao longo do ciclo da cultura para os anos de 1963 e 1999, para semeadura em 20 de fevereiro. Sete Lagoas, MG.

CONCLUSÕES: O modelo de simulação CSM-CERES-Maize permitiu avaliar o efeito da variabilidade de elementos climáticos, como a temperatura do ar, na amplitude interanual da produtividade do milho. Mesmo sem restrição hídrica, observaram-se diferenças consideráveis na produtividade simulada de grãos, entre os anos em que se registraram diferentes regimes térmicos. A ocorrência de temperaturas mais amenas e maior amplitude térmica, no ano de 1963, propiciaram o prolongamento do ciclo da cultura e, por sua vez, um período de enchimento de grãos mais longo, o que contribuiu para que o aumento da produtividade simulada fosse maior do que no ano de 1999, quando a ocorrência de temperaturas mais elevadas reduziu o ciclo da cultura.

AGRADECIMENTOS: À FAPEMIG, pelo apoio financeiro destinado ao projeto “Utilização de modelo CERES-Maize para análise da produtividade da água e da rentabilidade da produção de milho irrigado”, processo EDT 2997/06, e ao projeto

“Caracterização e estratégias de manejo para atenuação dos efeitos da seca nas culturas de milho e de sorgo em Minas Gerais”, processo CAG-BPD-00049-10.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F.; GARCIA, A. G. Y.; HOOGENBOOM, G.; GUIMARAES, D. P.; OLIVEIRA, A. C.; SANTANA, C. B. Utilização do modelo CERES-MAIZE como ferramenta na definição de estratégias de semeadura de milho: 2 Sistema de produção irrigado. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte. **Resumos...** XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009c.

BANNAYAN, M.; HOOGENBOOM, G.; CROUT, N.M.J. Photothermal impact on maize performance: a simulation approach. **Ecological Modelling**, v. 180, p.277– 290, 2004.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F.; TISSOT, D. Crescimento e desenvolvimento de milho: acúmulo de massa seca do grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 447-456, mar. 2001.

FANCELLI, A. L. & D. DOURADO-NETO. **Produção de Milho**. Ed. Agropecuária, Guaíba. 360 p., 2000.

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In: Simpósio sobre rotação soja/milho no plantio direto, 1.; 2000, Piracicaba, 2000. Disponível em:
[http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/7ac877864218d46983256c70005790fc/\\$FILE/Anais%20Antonio%20Luiz%20Fancelli.doc](http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/7ac877864218d46983256c70005790fc/$FILE/Anais%20Antonio%20Luiz%20Fancelli.doc). Acesso em: 04/01/2011.

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C.H.; HUNT, L. A.; BOOTE, K. J.; SINGH, U.; URYSEV, O.; LIZASO, J. I.; WHITE, J. W.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A.J.; BATHELOR, W. D.; TSUJ, G. Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer**. Version 4.5. Honolulu: University of Hawaii, 2009. CD-ROM.

KINIRY, J. R. et al. Evaluation of two maize models for nine U.S. locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 421- 426, 1997.

LOZADA, B. I.; ANGELOCCI, L. R. Efeito da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica do solo na duração de subperíodos e na produtividade de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 37-43, 1999.

REICHARDT, K. & TIMM, L.C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Editora Manole, 2004. 478p.

SANTANA, C. B. ; ANDRADE, C. L. T. ; AMARAL, T. A. ; SILVA, D. F. ; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. . Parametrização do Modelo Ceres-Maize para cultivares de milho. In: I Seminário de Iniciação Científica PIBIC/BIC Júnior, 2010, Sete Lagoas. I Seminário de Iniciação Científica PIBIC/BIC Júnior, 2010.