

## APLICAÇÃO DO MODELO CSM-CERES-SORGHUM PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Marine Cirino GROSSI<sup>1,3</sup>, Flávio Barbosa JUSTINO<sup>1</sup> e Camilo de Lelis Teixeira de ANDRADE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais - <sup>2</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais - <sup>3</sup>marine.grossi@ufv.br

**RESUMO** – O efeito das mudanças climáticas sobre as culturas agrícolas é motivo ainda de muitas incertezas, pois as plantas podem apresentar diferentes respostas às estas variações. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os possíveis impactos causados pelas mudanças climáticas sobre a cultura do sorgo, em Janaúba (MG), Rio Verde (GO) e Sete Lagoas (MG). Para simular as produtividades, empregou-se o modelo CSM-CERES-Sorghum presente no DSSAT. Para cada local, considerou-se uma série climática para o período atual (ECHAM-atual) e outra para o futuro (ECHAM-futuro), provenientes do modelo climático ECHAM5-MPI-OM. Os resultados mostraram que apenas para o município de Rio Verde houve redução significativa da produtividade no cenário futuro. Os resultados indicaram que no futuro, possivelmente, a semeadura do sorgo será realizada mais tardiamente nos três sítios avaliados.

**ABSTRACT** – The effect of climate change on crops is still cause to many uncertainties, because the plants may have different answers to these variations. This study aimed to assess the possible impacts of climate change on sorghum in Janaúba (MG), Rio Verde (GO) and Sete Lagoas (MG). To simulate the yield, the model CSM-CERES-Sorghum, present in DSSAT was used. For each location, a series from the climate model ECHAM5-MPI-OM for current period (ECHAM-atual) and other for future (ECHAM-futuro) were considered. The results showed that only the municipality of Rio Verde had significant reduction in yield for the future scenario. The results indicated that in the future the sow of sorghum will be possibly performed later in the three evaluated sites.

### 1 - INTRODUÇÃO

Vários estudos desenvolvidos pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* apontam alterações no clima global (IPCC, 2007). Segundo o IPCC, o aumento da temperatura é algo inequívoco tendo como base observações do aumento da média de temperatura do ar global, aumento da temperatura dos oceanos, derretimento generalizado das geleiras e o aumento do nível dos mares. Muitas são as incertezas em relação às respostas das culturas agrícolas às mudanças climáticas visto que essas podem variar dependendo da espécie, dos efeitos do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) nas plantas, da temperatura do ar, do estresse hídrico, entre outros fatores (BEYRUTH, 2008). O presente trabalho teve como objetivo avaliar os possíveis

impactos causados pelas mudanças climáticas sobre a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), em três municípios brasileiros.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo compreenderam os municípios de Janaúba – MG (Lat.15,80°S, Long. 43,30°O, Elev. 516m), Rio Verde – GO (Lat. 17,80°S, Long. 50,92°O, Elev. 774m) e Sete Lagoas – MG (Lat. 19,47°S, Long. 44,25°O, Elev. 732m). Realizaram-se simulações da produtividade do sorgo utilizando-se o modo sazonal do modelo CSM-CERES-Sorghum, presente na versão 4.5 do *Decision Support System for Agrotechnology Transfer* – DSSAT (HOOGENBOOM *et al.*, 2010). Considerou-se um sistema de produção em regime de sequeiro com espaçamento 0,70 m entre linhas, 18 plantas m<sup>-2</sup> e 3 aplicações de adubação nitrogenada. Empregaram-se os coeficientes genéticos da cultivar BRS 310 para a qual o modelo foi calibrado e avaliado a partir de dados de experimentos de campo conduzidos nos três locais de estudo, conforme detalhado por Grossi (2012). Foi considerada uma série climática “atual” e outra “futura” obtidas a partir dos dados do projeto ESSENCE - *Ensemble SimulationS of Extreme weather events under Nonlinear Climate change*- (<http://www.knmi.nl/~sterl/Essence/>), que se baseia no modelo acoplado ECHAM5/MPI-OM. Para Janaúba e Sete Lagoas, o período “atual” compreendeu os anos de 1982 a 2009 e para Rio Verde a série atual foi de 1998 a 2009. O período futuro consistiu de uma série de dados de 2020 a 2047 para Janaúba e Sete Lagoas e de 2020 a 2031 para Rio Verde. Nas simulações para o período atual, consideraram-se os dados de concentração atmosférica do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) medidos em Mauna Loa (Havai/EUA) e, para o período futuro, utilizaram-se as projeções do IPCC-AR4 (cenário A1B). Para verificar se houve diferença significativa entre as produtividades médias obtidas a partir das duas séries climáticas, empregou-se o teste de Wilcoxon, para dados não normais, a 5% de significância. Para o estabelecimento do período de semeadura adotou-se a metodologia denominada “redução da produtividade por época de semeadura” descrita por Amaral *et al.* (2009). Para isto, inicialmente foram calculadas as produtividades médias, simuladas para as 52 épocas de semeadura e 28 anos (Janaúba e Sete Lagoas) e 12 anos (Rio Verde) e, em seguida, calculou-se a porcentagem de redução da produtividade em relação à época de maior produtividade, conforme Equação 1.

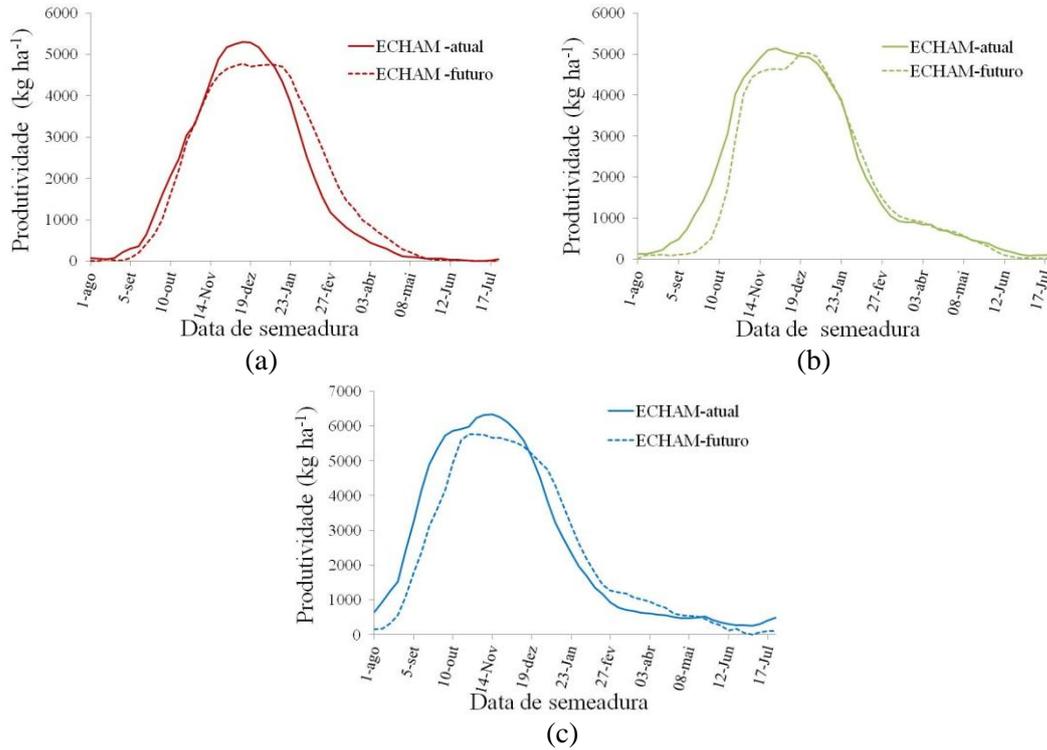
## 3 – RESULTADOS

As Figuras 1 (a), (b) e (c) apresentam as médias de produtividade do sorgo para os municípios de Janaúba, Rio Verde e Sete Lagoas, respectivamente. Para o município de Janaúba, de agosto até início de janeiro, dia 09/01, as produtividades médias simuladas para o presente foram maiores que as simuladas para o futuro, enquanto que a partir desta data de semeadura, ocorre uma inversão e os dados da série ECHAM-futuro se tornam superiores. Em Sete Lagoas, para as

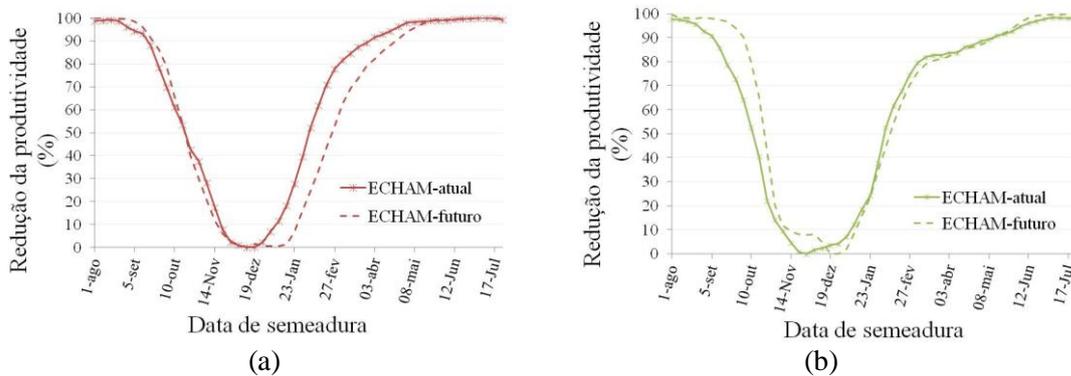
semeaduras realizadas a partir de junho até 26 de dezembro, os valores médios de produtividade foram maiores para a série ECHAM-atual e, após esta data, os valores da série ECHAM-futuro, em geral, tornam-se maiores. Para esses dois municípios, os resultados do teste estatístico demonstraram que as médias de produtividades obtidas a partir da série ECHAM-atual e da série ECHAM-futuro não se diferiram significativamente ( $p_{\text{Janaúba}} = 0,80 > 0,05$  e  $p_{\text{Sete Lagoas}} = 0,11 > 0,05$ ). Já para Rio Verde, de agosto até a data de semeadura 19 de dezembro, as produtividades médias obtidas a partir da série climática atual foram superiores às originadas pela série futura e, a partir de então os valores médios de rendimento ficam muito semelhantes. Para este local, o teste de Wilcoxon demonstrou que as médias de produtividade simuladas a partir da série ECHAM-futuro foram significativamente inferiores às médias simuladas a partir da série ECHAM-atual ( $p = 0,007 < 0,05$ ). Foi possível observar que nas simulações para o cenário futuro, a duração do ciclo da cultura foi menor que nas simulações para o cenário atual. Em média, houve redução de 5,6%, 7,2% e 10,5% em Janaúba, Rio Verde e Sete Lagoas, respectivamente. De acordo com Magalhães *et al.* (2010), o rendimento da cultura está relacionado à duração do período do enchimento dos grãos. Assim, quanto mais curto for esse intervalo, menor é o tempo para a planta translocar os fotoassimilados para os grãos. Por outro lado, em ambientes enriquecidos com CO<sub>2</sub>, a cultura do sorgo tende a reduzir a condutância estomática, o que conserva a água e lhes permitiu crescer mais durante o ciclo com déficit hídrico (CONLEY *et al.*, 2001). Essa fertilização pelo gás carbônico explica as maiores produtividades do sorgo no cenário futuro em semeaduras realizadas a partir do final de dezembro e início de janeiro para os municípios de Sete Lagoas e Janaúba. O aumento da concentração do CO<sub>2</sub> contribuiu para diminuir o efeito do estresse hídrico sobretudo durante as fases de florescimento e enchimento dos grãos que são consideradas fases críticas do desenvolvimento da cultura. Outro fato que ajuda a entender os deslocamentos das curvas de produtividade para a direita são os índices mensais de precipitação. Foi possível observar que em geral, na série futura os meses mais secos do ano se tornaram ainda mais secos, enquanto que os meses de chuva tornaram-se mais chuvosos (não mostrado). Estas variações nas precipitações ajudam a explicar também as variações nas janelas de semeadura no cenário futuro - Figuras 2 (a), (b) e (c). Em Rio Verde e Sete Lagoas, apesar de não ter ocorrido diferença no tamanho da janela de plantio, percebeu-se que a curva de redução de produtividade da série ECHAM-futuro foi deslocada para a direita, indicando um atraso na época da semeadura do sorgo. Aceitando-se até 10% de perda da produtividade, para Rio Verde, a janela de semeadura passou de 07/11 a 02/01, no cenário atual, para 14/11 a 09/01 no cenário futuro. Para Sete Lagoas, a alteração foi de 03/10 a 5/12 para 17/10 a 19/12. Já para o município de Janaúba, ocorreu um aumento de 21 dias na janela de plantio da série ECHAM-futuro em relação à série ECHAM-atual, alterando-se a janela de 21/11 a 02/01 para 21/11 a 23/01.

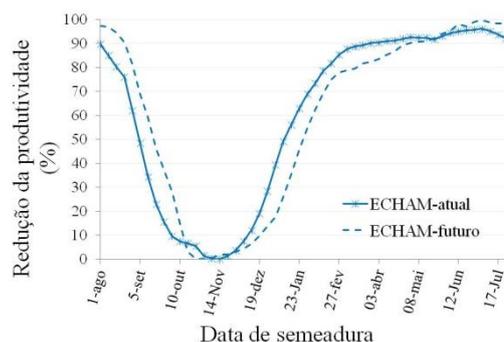
#### 4 - CONCLUSÕES

Para os municípios de Janaúba e Sete Lagoas, não foram detectadas diferenças significativas entre as médias de produtividade para o cenário atual e futuro. Já para Rio Verde, observou-se uma redução significativa nas produtividades médias simuladas a partir da série climática ECHAM-futuro. Nas simulações para o cenário futuro, em Rio Verde e Sete Lagoas, ocorreu atraso nas janelas de plantio. Para Janaúba a janela de plantio aumentou em 21 dias. Tais resultados indicam que no futuro, possivelmente, a semeadura do sorgo será realizada mais tardiamente nos três sítios avaliados.



**Figura 1.** Produtividades médias de sorgo granífero simuladas para o município de Janaúba (a), Rio Verde (b) e Sete Lagoas (c) sob condições de sequeiro. Valores referentes às séries ECHAM-atual e ECHAM-futuro.





(c)

**Figura 2.** Redução média da produtividade de sorgo granífero em função da data da semeadura para as séries ECHAM-actual e ECHAM-futuro. Municípios de Janaúba (a), Rio Verde (b) e Sete Lagoas (c). Simulações em regime de sequeiro.

**Equação 1:**

$$P_s = \left( 1 - \frac{Y_s}{Y_{\max}} \right) \times 100$$

Em que,

$P_s$  é a porcentagem de redução da produtividade para época “s”;

$Y_s$  é a produtividade da época “s” e,

$Y_{\max}$  é a produtividade máxima entre todas as épocas de semeadura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. de L. T. de; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, D. de F.; SANTANA, C. B. de; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. de. **Metodologia para o estabelecimento do período de semeadura de milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Documentos 88, Sete Lagoas, 13 p., 2009.

BEYRUTH, Z. Água, agricultura e as alterações climáticas globais. **Tecnologia e Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 1, Água na Agropecuária - Série Técnica Apta, p. 73-88, 2008.

CONLEY, M.M.; KIMBALL, B.A.; BROOKS, T.J.; PINTER JR., P.J.; HUNSAKER, D.J.; WALL, G. W.; ADAM, N.R.; LaMorte, R.L.; MATTHIAS, A. D.; THOMPSON, T.L.; LEAVITT, S.W.; OTTMAN, M.J.; COUSINS, A.B.; TRIGGS, J. M. CO2 enrichment increases water-use efficiency in sorghum. **New Phytologist**, n. 151, p. 407-412, 2001.

GROSSI, Marine Cirino. **Calibração do modelo CSM-CERES-Sorghum para avaliação dos impactos das mudanças climáticas**. 2012. 82 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

HOOGENBOOM, G.; JONES, J.W.; WILKENS, P.W.; PORTER, C.H.; BOOTE, K.J.; HUNT, L.A.; SINGH, U.; LIZASO, J.L.; WHITE, J.W.; URYASEV, O.; ROYCE, F.S.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A.J. E TSUJI, G.Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.5** [CD-ROM]. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 2010.

IPCC, Climate Change 2007: Synthesis Report. In: PACHAURI, R.K; REISINGER, A. (Editores). **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 p., 2007.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; RODRIGUES, J.A.S. Embrapa Milho e Sorgo. **Sistema de Produção**, v. 2, ISSN 1679-012X, Versão Eletrônica - 6ª edição, 2010. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_6\\_ed/ecofisiologia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/ecofisiologia.htm)>. Acesso em: 19 de dez. 2011.