

# Projeções da duração do ciclo da cultura da soja baseadas no modelo regional Eta/CPTEC 40km (cenário A1B)

PRISCILA S. TAVARES<sup>1</sup>, ANGÉLICA GIAROLLA<sup>1</sup>, SIN CHAN CHOU<sup>1</sup>, DANIELA RODRIGUES<sup>2</sup>, NICOLE RESENDE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) / Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST), São Paulo, Brasil. E-mail: [priscila.tavares@cptec.inpe.br](mailto:priscila.tavares@cptec.inpe.br); [angelica.giarolla@inpe.br](mailto:angelica.giarolla@inpe.br); [chou.sinchan@cptec.inpe.br](mailto:chou.sinchan@cptec.inpe.br)*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais, Brasil. E-mail: [danic\\_rodrigues@yahoo.com.br](mailto:danic_rodrigues@yahoo.com.br); [nicole.resende@yahoo.com.br](mailto:nicole.resende@yahoo.com.br)*

## ABSTRACT

We evaluated the soybean cycle duration (in days) for an agricultural region in the state of Parana, Brazil, under A1B climate change scenario. The scenario was generated by the Eta model nested into the conditions of HadCM3 model (Eta / CPTEC). We selected four locations (Cândido de Abreu, Cerro Azul, Ponta Grossa and Telemaco Borba) and we considered two periods: present climate (1961-1990) and future climate (2011-2100). The model presented good performance for the soybean cycle duration during the current climate. It was observed for all locations, a soybean cycle reduction on projections for future scenarios due to the increase in air temperature. In the future scenario, from 2071 to 2100, Ponta Grossa and Telemaco Borba locations showed a reduction of 55 and 45 days, respectively.

**Palavras-chave:** soja, graus - dia, cenários climáticos, Eta/CPTEC

## 1 INTRODUÇÃO

Os cenários climáticos do IPCC, conhecidos como cenários SRES (“*Special Report on Emissions Scenarios*”) são baseados em quatro projeções diferentes de emissões de gases de efeito estufa para o futuro, denominados como A1, A2, B1 e B2 (cenários família). Todos esses cenários baseiam-se em aspectos de desenvolvimento social, econômico e tecnológico e de crescimento populacional, além de situações relacionadas com questões de diferenças regionais (IPCC, 2001). Sob esse contexto, são incluídos ainda no cenário de família A1, outros quatro diferentes grupos que exploram estruturas alternativas de futuros sistemas de energia, designados como A1T, A1C, A1G e A1B. Especificamente para o caso do cenário A1B, parte-se do princípio de que ocorre um equilíbrio entre os combustíveis fósseis e outras fontes de energia, e em função disso, pode ser considerado como um cenário intermediário entre os cenários A2 e B2, que são, portanto, cenários extremos de alta emissão (pessimista) e baixa emissão (otimista), respectivamente (Marengo, 2007).

Recentemente, com o intuito de gerar o cenário climático da família A1B o modelo Eta (INPE) foi modificado para realizar integrações de décadas para toda a América do Sul, na resolução de 40km. O modelo Eta/CPTEC possui variação de CO<sub>2</sub>, variação sazonal da vegetação, calendário de 360 dias e tem como variáveis prognósticas: temperatura do ar, umidade específica, pressão à superfície, vento horizontal, energia cinética turbulenta, água líquida e gelo das nuvens.

O estado do Paraná é um dos maiores produtores de grãos (soja, trigo e milho) e destaca-se como um exportador importante dentro da economia do país (CONAB, 2009). Dessa forma, estudos que antecipem possíveis cenários de alterações climáticas na região são de grande importância para os produtores agrícolas, especialmente para os tomadores de

decisões. Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a duração do ciclo da cultura da soja (em dias) para uma região agrícola situada no estado do Paraná, a partir de projeções de cenários de mudanças climáticas do modelo Eta/CPTEC, na resolução de 40 km, para o clima futuro (2011 a 2100).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação da duração do ciclo da cultura da soja (*Glycine max L., Merrill*) em uma região agrícola do estado do Paraná, foram utilizados dois conjuntos de dados em diferentes períodos e ambos extraídos do modelo Eta/CPTEC: *i*) clima presente (1961-1990); *ii*) clima futuro para o cenário A1B, sendo esse último, dividido em três subperíodos (2011-2040; 2041-2070 e 2071-2100). Foram considerados valores de temperatura média do ar (°C), calculados pela média aritmética das temperaturas nos horários das 1800 UTC e das 0600 UTC, respectivamente (horários próximos aos dos postos meteorológicos para a extração das temperaturas máxima e mínima do ar) e também foram considerados valores de precipitação diária acumulada (mm) para os mesmos períodos acima descritos. Os municípios selecionados como locais de estudo foram: Cândido de Abreu (24,63°S; 51,25°W; 645 m); Cerro Azul (24,82°S; 49,25°W; 360 m); Ponta Grossa (25,22°S; 50,02°W; 880 m) e Telêmaco Borba (24,33°S; 50,62°W; 768 m). Séries históricas de temperatura média do ar (°C) para esses municípios, disponibilizados pelo Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) também foram usadas para o ajuste das simulações do clima presente, a partir da identificação dos erros sistemáticos do modelo. Adotou-se os meses de novembro a abril (do ano seguinte) como o ano agrícola. Geralmente, estes meses correspondem ao período de cultivo da soja nesses locais, já que a época de plantio dessa cultura se estende normalmente desde outubro até dezembro. Considerou-se para esse estudo, a duração do ciclo da soja, em média, em torno de 110 dias. O método adotado para a avaliação da duração do ciclo da cultura da soja (dias) foi o de Graus-Dia (GD), já que a duração do ciclo vegetativo dessa cultura pode ser relacionada, em termos de exigências bioclimáticas, com a temperatura do ar (Camargo, 2006), conforme a expressão:

$$GD = \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2} - T_b \right) \quad \text{eq. 1}$$

em que: GD - Total de graus-dia acumulado;  $T_{máx}$  - Temperatura máxima do ar (°C);  $T_{mín}$  - Temperatura mínima do ar diária (°C);  $T_b$  - Temperatura-base da soja (°C); n - Número de dias do período. No caso da  $T_b$  da soja, adotou-se o valor de 14°C e o valor total de Graus-Dia acumulado adotado para que a cultura atinja sua maturação foi de 1030°C.dia, conforme apresentado em Pereira et al. (2002). Esse método assume que o somatório térmico ou constante térmica, expressa a quantidade de energia que uma espécie vegetal necessita para atingir um certo grau de maturidade (Pereira et al, 2002)

Nos dias em que ocorreram temperaturas do ar abaixo da temperatura-base da soja, calculou-se Graus-Dia a partir da equação:

$$GD = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{máx} - T_b)^2}{2(T_{máx} - T_{mín})} \quad \text{eq. 2}$$

É importante mencionar que o conceito de graus-dia não considera o efeito de outros fatores ambientais sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal como, por exemplo, a deficiência hídrica ao longo do ciclo da cultura e, dependendo da fase em que a cultura se

encontra, pode haver atraso do ciclo. Devido a essa limitação do método, foram avaliados valores de precipitação acumulada durante o ciclo da cultura.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Clima presente – Identificação dos erros sistemáticos do modelo

Inicialmente, realizou-se a avaliação da destreza do modelo ao simular a temperatura mensal do ar em cada município, durante cenário presente (1961 a 1990). A avaliação consistiu da análise do viés (erro), calculado pela diferença entre a temperatura mensal simulada e a temperatura mensal observada, portanto, a tendência do modelo em superestimar (valores positivos) ou subestimar (valores negativos) a temperatura. Para os municípios selecionados, os maiores desvios (erros) do Eta/CPTEC foram encontrados em Cerro Azul, com subestimativa da temperatura do ar em todos os meses analisados, conforme apresentado na Tabela 1. Em geral, observou-se que nos municípios de Cândido Abreu, Ponta Grossa e Telêmaco Borba o modelo tende a superestimar a temperatura. Com estas análises, ajustou-se os valores diário de temperatura simuladas pelo modelo, através da remoção do erro, tanto para o cenário presente como para o cenário futuro, supondo que os erros sistemáticos são persistentes, portanto, presentes também no cenário futuro.

Tabela 1 – Viés do Eta/CPTEC 40km para a temperatura média do ar (°C) calculado para os quatro municípios selecionados no estado do Paraná

Meses/Municípios	Cândido Abreu	Cerro Azul	Ponta Grossa	Telêmaco Borba
Novembro	1,77	-2,03	1,05	1,71
Dezembro	1,32	-2,56	0,83	1,40
Janeiro	0,57	-3,12	0,24	0,26
Fevereiro	0,91	-3,10	-0,15	0,39
Março	1,06	-2,84	0,27	0,71
Abril	1,41	-1,69	1,63	1,76
Mai	2,39	-0,02	1,92	3,05
<i>Média</i>	1,35	-2,19	0,83	1,33

Na Figura 1 é apresentada a duração média do ciclo da soja, calculada para o período de 1961 a 1990 considerando valores de temperatura mensal do ar (novembro a fevereiro) do Eta/CPTEC 40km, antes e após a remoção do erro sistemático, e valores de temperatura média mensal observada. Nota-se, que os valores corrigidos do modelo se aproximaram mais da observação da duração do ciclo da cultura, com base principalmente em uma variedade de soja com graus-dia acumulado de 1030°C.dia.

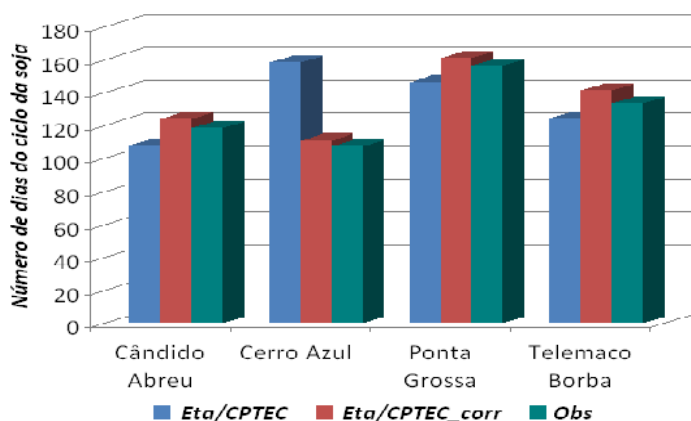


Figura 1 – Número médio de dias do ciclo da soja, calculado pelo método de Graus-Dia, com valores de temperatura média do ar do Eta/CPTEC, antes e após a remoção do erro, e valores de temperatura média observada, para o período de 1961 a 1990.

### 3.2 Duração do ciclo da soja - Clima presente e projeções futuras do cenário A1B

Constatou-se, em todos os municípios, uma diminuição da duração do ciclo da soja nas projeções do cenário A1B, causada pelo aumento de temperatura (Figura 2). No cenário futuro de 2071 a 2100, as localidades Ponta Grossa e Telêmaco Borba mostraram redução na duração do ciclo em até 55 e 45 dias, respectivamente. No entanto, vale ressaltar que nessas localidades, a duração do ciclo da cultura no clima presente (1961 a 1990) foi acima de 110 dias, ou seja, da duração média baseada em dados dessa região no Paraná. Supõe-se que tais valores estão associados à altitude dos municípios que apresentam na região, respectivamente, 880 e 768 metros, portanto temperaturas médias do ar mais baixas que as outras localidades, promovendo assim um aumento na duração do ciclo, pois há necessidade de maior número de dias para acumular o limite de Graus-Dia dessa cultura. Para estas localidades, talvez seja necessário uma variedade de soja que atinja sua maturação com Graus-Dia acumulados menor do que o adotado nesse estudo (1030°C.dia). Com a finalidade de testar essa hipótese avaliou-se a duração do ciclo da soja tomando-se como um Graus-Dia acumulado para a planta atingir sua maturação de 800°C.dia, como ilustrado na Figura 3. Nas duas localidades testadas (Ponta Grossa e Telêmaco Borba) verificou-se que os valores da duração do ciclo da cultura apresentaram-se mais compatíveis com os dados de campo da região. Com relação à precipitação, o cenário gerado pelo modelo mostrou que os totais anuais acumulados médios para os meses da cultura da soja foram satisfatórios para o atendimento hídrico (Figura 2).

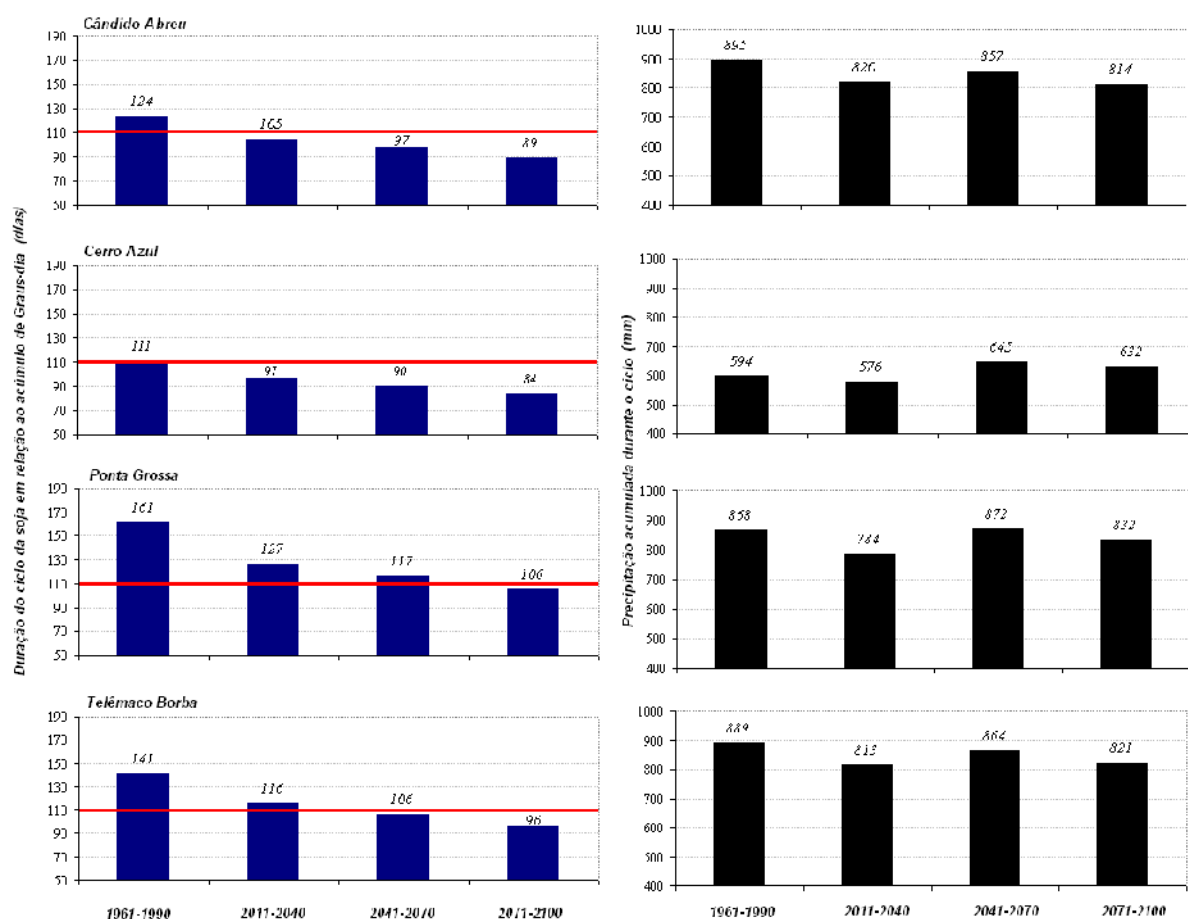


Figura 2– Duração do ciclo da soja (dias), para total acumulado de GD de 1030°C.dia, e precipitação acumulada durante o ciclo (mm), para as estações de Cândido Abreu, Cerro Azul, Ponta Grossa, Telêmaco Borba. Cenário presente (1961-1990) e projeções do cenário A1B (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100).

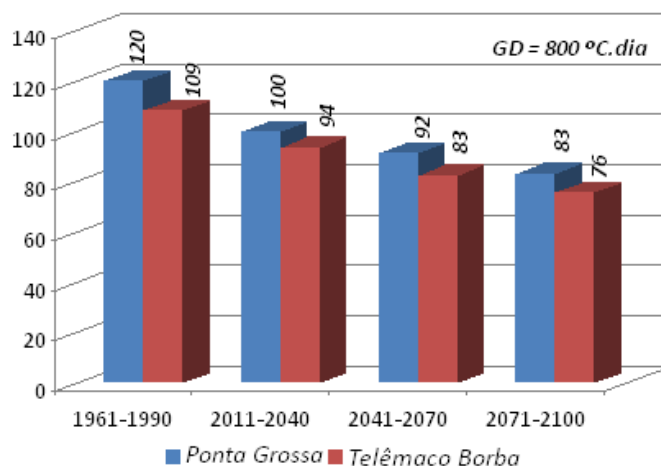


Figura 3 - Duração do ciclo da soja (dias), para total acumulado de GD de 800°C.dia, para as estações de Ponta Grossa e Telêmaco Borba. Cenário presente (1961-1990) e projeções do cenário A1B (2011-2040; 2041-2070; 2071-2100).

#### 4 CONCLUSÕES

O modelo Eta/CPTEC apresentou bom desempenho na simulação do clima presente para a duração do ciclo da soja na região agrícola do Paraná, o qual foi baseada nos dados de temperatura média do ar. Fornecendo, portanto, indícios do comportamento futuro da duração do ciclo da soja (2011 a 2100) no caso de estabelecimento do cenário de mudanças climáticas A1B.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. Superintendência Regional do Paraná. Área e produção das safras paranaense e brasileira 2004/05 e 2005/06. Acesso em 15 abril, 2010. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/pr/soja/soja\\_novembro\\_2005.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/pr/soja/soja_novembro_2005.pdf)

IPCC: Summary for policymakers; in Climate Change 2001: The Scientific Basis (Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change), (ed.) J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson; Cambridge University Press, United Kingdom, p. 1 -20, <<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>>, [acesso em: 15 abril, 2010].

MARENCO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Série Biodiversidade, v. 26, 2a edição, 212p. Brasília: MMA, 2007.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

CAMARGO, M.B.P. Relações entre produtividade e exigências bioclimáticas. Visão Agrícola: Soja, ESALQ/USP, v.5, p.67-69, 2006.