

# ANÁLISE COMPARATIVA DO CLIMA ATUAL E FUTURO PARA AVALIAR A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM SÃO PAULO

RENATA R.V. GONÇALVES<sup>1</sup>, PRISCILA P. COLTRI<sup>2</sup>, ANA M. H. AVILA<sup>3</sup>, LUCIANA A. S. ROMANI<sup>4</sup>, JURANDIR ZULLO JR.<sup>5</sup>, HILTON S. PINTO<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Engenheira Cartógrafa, doutoranda da Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri /Unicamp, Campinas-SP, Fone: (19)3521-1127, renaribeiro@yahoo.com.br. <sup>2</sup>Engenheira Agrônoma, doutoranda da Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri /Unicamp, Campinas-SP. <sup>3</sup>Meteorologista, Pesquisadora Dra. do Cepagri/Unicamp, Campinas-SP. <sup>4</sup>Cientista da Computação, Pesquisadora Dra. da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP. <sup>5</sup>Engenheiro Agrícola, Pesquisador Dr. do Cepagri/Unicamp, Campinas-SP. <sup>6</sup>Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Dr. do Cepagri/Unicamp, Campinas-SP

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

**RESUMO:** O Brasil, o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, é responsável por 35% da produção mundial. A produção de cana-de-açúcar se concentra nas regiões Centro-Sul e Nordeste e ocupa cerca de 8 milhões de hectares. A cana-de-açúcar, por apresentar um ciclo semi-perene, é influenciada pela variação das condições meteorológicas durante um ano inteiro. O objetivo do trabalho foi analisar os dados climáticos obtidos pelo modelo Eta (2011 a 2090) e os dados do clima atual (1991 a 2010) verificando suas implicações em relação a expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Foram utilizados dados de precipitação e temperatura média, de 1991 a 2010, de estações meteorológicas de seis municípios de São Paulo. Para representar o cenário futuro (2011 a 2090), foram utilizados dados de precipitação e temperatura média obtidos pelo modelo Eta. A partir do balanço hídrico foi possível calcular a deficiência hídrica e o excedente hídrico para os municípios selecionados com armazenamento de água disponível no solo de 100mm. O balanço hídrico mostrou que haverá um aumento na deficiência hídrica. Com o aumento do período seco e do aumento da temperatura média poderá ocorrer uma queda na produtividade de sacarose da cana-de-açúcar.

**PALAVRAS-CHAVE:** balanço hídrico, modelo Eta, temperatura média

**ABSTRACT:** Brazil is the World's largest producer of sugarcane being responsible for 35% of world production. The majority of sugarcane fields is concentrated in the South-Central and Northeast of Brazil, occupying around 8 million hectares. Sugarcane is influenced by variations of the meteorological conditions during the full year since this agricultural crop presents a semi-perennial cycle. This paper presents the assessment of climate data from ETA model (2011 to 2090) compared to current climate data (1991 to 2010) in order to identify their implications regarding the sugarcane expansion in the Sao Paulo state. Precipitation and mean temperature data from meteorological stations of six Sao Paulo cities from 1991 to 2010 were used in the experiments. In order to represent the future climate change scenarios, we have analyzed the same data (precipitation and mean temperature) from Eta model. From this data we have calculated the water balance using 100 mm water storage capacity in order to know which were the water deficiency and water surplus to the selected cities. According to the water balance calculus from Eta model, water deficiency as well as dry period will increase. In addition, the model indicates an increasing in mean temperature. Thus, this new climate conditions can result in a decrease in sugarcane sucrose productivity.

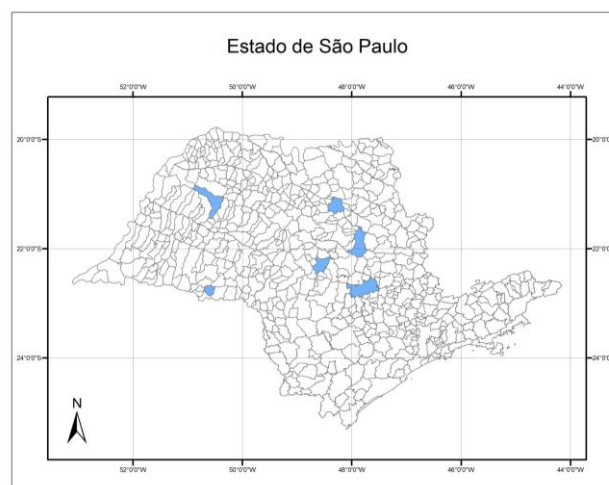
**KEYWORDS:** water balance, Eta model, mean temperature.

**INTRODUÇÃO:** A cana-de-açúcar é uma importante commodity brasileira, responsável pela produção de etanol que se destaca como principal fonte renovável de combustível. A demanda por etanol se acentua devido às recentes crises do petróleo e às pressões pela redução nas emissões de gases de efeito estufa. As atuais regiões de cultivo permitem duas safras por ano. Dessa forma, o Brasil produz açúcar e etanol para os mercados interno e externo durante todo o ano (UNICA, 2011). Embora pesquisas científicas tenham propiciado o aumento da produtividade das cultivares de cana-de-açúcar, o aumento na produção deve-se, em grande parte, à expansão da área plantada, principalmente no estado de São Paulo, maior produtor brasileiro (MARTINELLI e FILOSO, 2008). A cultura apresenta seu melhor desempenho quando ocorre um período quente e úmido, com intensa radiação solar, durante a fase de crescimento, seguido de um período seco na época de maturação e colheita (PINTO e ASSAD, 2008).

A temperatura da superfície do planeta aumentou, aproximadamente, 0,2°C por década nos últimos trinta anos, e 0,8°C no século passado (IPCC, 2007). Com isso, a cana-de-açúcar, por apresentar um ciclo semi-perene, é influenciada pela variação das condições meteorológicas durante um ano inteiro. Uma das formas de avaliar o impacto do clima na produção vegetal pode ser por meio do cálculo do balanço hídrico do clima atual e do clima futuro. O clima futuro pode ser representado por modelos que geram cenários climáticos futuros. Como por exemplo, o modelo Eta ( $\eta$ ), desenvolvido pela Universidade de Belgrado e Instituto Hidrometeorológico da antiga Iugoslávia, posteriormente operacionalizado pelo *National Center for Environmental Prediction* (BLACK, 1994), instalado no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) em 1996 (CHOU, 1996).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi analisar os dados climáticos obtidos pelo modelo Eta (2011 a 2090) e os dados do clima atual (1991 a 2010) verificando suas implicações em relação a expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo foi o estado de São Paulo, que está situado entre as coordenadas geográficas 54° e 43°30' de longitude oeste e 25°30' e 19° 30' de latitude sul. A fim de representar adequadamente as condições climáticas das mais diversas regiões produtoras, foram escolhidos municípios localizados em diferentes pontos do estado, como ilustra a Figura 1. São eles, Araçatuba, Jaboticabal, Jaú, Piracicaba, São Carlos e Tarumã.



**Figura 1:** Municípios produtores de cana-de-açúcar selecionados no estado de São Paulo.

Para a realização do trabalho, foram utilizados dados de precipitação e de temperatura média de 1991 a 2010, para representar o clima atual. Esses dados de estações meteorológicas dos municípios selecionados foram obtidos no sistema Agritempo ([www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br)). Para representar o cenário futuro (2011 a 2090), separados em décadas, foram utilizados dados de precipitação e temperatura média gerados pelo modelo Eta. O modelo Eta utiliza como condição de contorno o modelo acoplado oceano - atmosfera HadCM3. O modelo está inserido no cenário A1B do SRES (*Special Reports on Climate Change*) do IPCC, e é configurado com tamanho de grade de 40 km e 38 camadas na vertical.

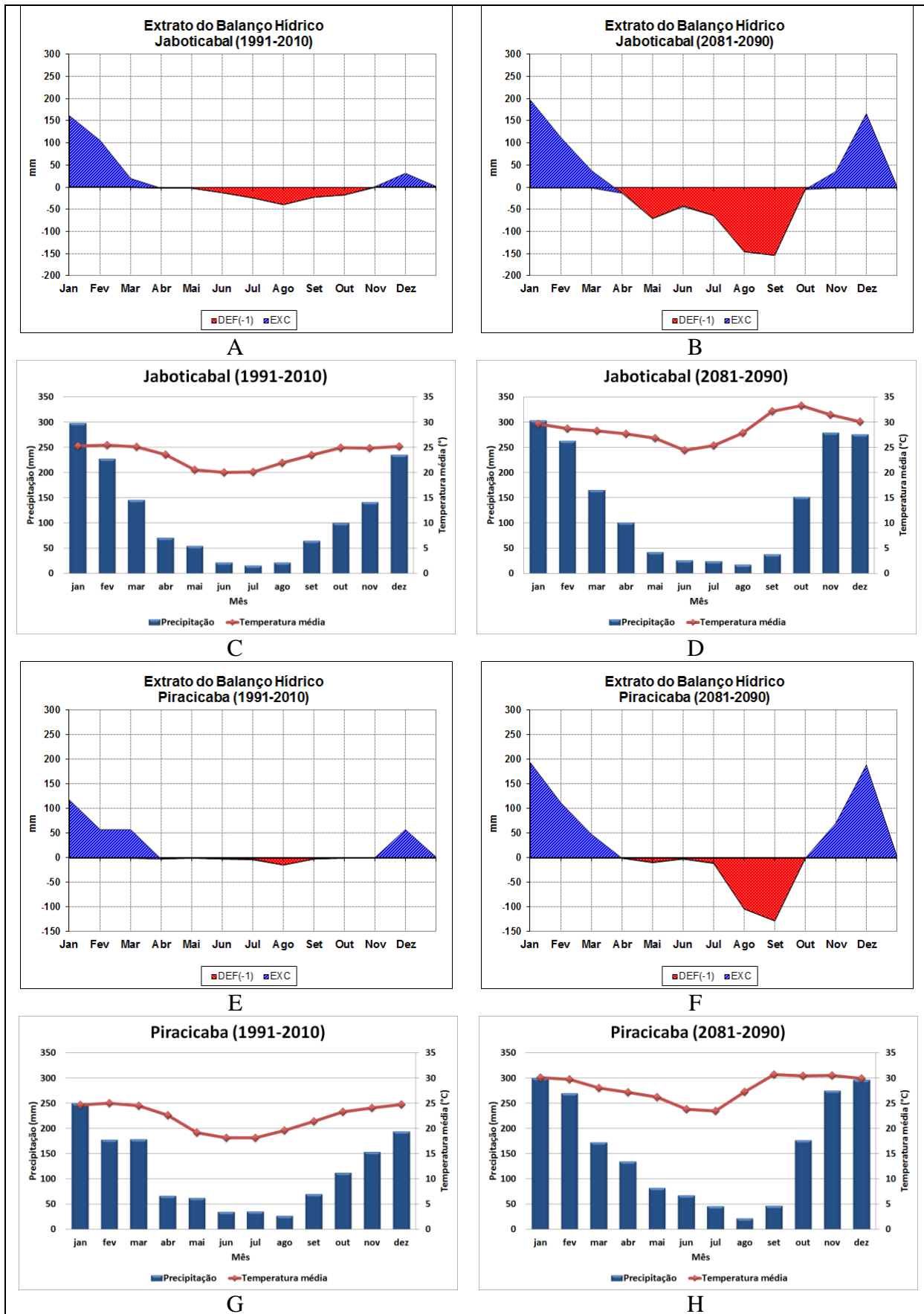
Foi feito o balanço hídrico, conforme metodologia proposta por THORNTHWAITE e MATHER (1955), utilizando planilhas no ambiente Excel (ROLIM et al., 1998), com dados de precipitação e temperatura média para o clima atual (1991 a 2010) e futuro (2011 a 2020, 2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050, 2051 a 2060, 2061 a 2070, 2071 a 2080 e 2081 a 2090). Com o balanço hídrico, foi possível calcular a deficiência hídrica e o excedente hídrico para os municípios selecionados com armazenamento de água disponível no solo de 100mm.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** De acordo com os resultados obtidos pelo balanço hídrico, pode-se perceber que houve um aumento na deficiência hídrica nos meses de seca (maio a setembro) e um aumento do excedente hídrico nos meses chuvosos (novembro a março), como ilustra a Figura 2B e 2F. Em Jaboticabal, por exemplo, nos anos de 1991 a 2010 a deficiência hídrica foi de 121,4 mm e nos anos de 2081 a 2090, foi de 484,7 mm. O excedente hídrico foi de 318,1 mm em 1991 a 2010 e de 383,7 mm em 2081 a 2090. Este aumento ocorreu em todas as décadas de todos os municípios analisados.

Houve um aumento da temperatura média no cenário futuro, principalmente nos meses de setembro e outubro, como mostra a Figura 2D e 2H. Nesses meses, o aumento da temperatura média foi em de 2,6°C e 3,3°C, respectivamente, para Jaboticabal e 3,2°C e 2,3°C, respectivamente, para Piracicaba. A temperatura média aumentou em média 2,5°C de 1991 a 2090 em todos os municípios analisados.

A elevação da temperatura prevista para as próximas décadas pode ser, em geral, adequada para a cana-de-açúcar, mas a influência da água para a cultura é grande, principalmente na fase de desenvolvimento vegetativo. De acordo com ALFONSI et al. (1987), a fase de desenvolvimento vai de novembro a abril, para a cana de ano, e de setembro a abril para a cana de ano e meio. Se nessa fase de desenvolvimento a escassez de água for grande, pode ocorrer queda significativa na produtividade da cana-de-açúcar. Portanto, analisando os gráficos das Figuras 2A, 2B, 2E e 2F, nos meses de abril, setembro e outubro ocorreu um aumento na deficiência hídrica, o que poderia interferir diretamente no desenvolvimento vegetativo da cultura.

Segundo PINTO e ASSAD (2008), a cana-de-açúcar apresenta taxas máximas de crescimento e acúmulo de biomassa para temperaturas entre 22°C e 30°C. Acima de 38°C, esses índices tornam-se praticamente nulos. Sendo assim, o aumento do período seco com o aumento da temperatura poderá acarretar na baixa produtividade de sacarose da cana-de-açúcar.



**Figura 2:** Gráficos do balanço hídrico e de precipitação e de temperatura média de Jaboticabal (A a D) e de Piracicaba (E a H) de 1991 a 2010 e 2081 a 2090.

**CONCLUSÕES:** Este trabalho apresentou uma análise comparativa dos dados de estações meteorológicas com os dados de cenários futuros de mudanças climáticas do modelo Eta. Foram analisadas as variáveis precipitação e temperatura média, bem como o balanço hídrico para seis municípios produtores de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Os resultados mostraram que de acordo com o modelo Eta haverá um aumento na temperatura média e na deficiência hídrica para todos os municípios analisados nas próximas décadas. Além disso, as análises também indicaram um aumento no período seco. Embora o aumento das temperaturas possa beneficiar a produção da cana-de-açúcar, um aumento na deficiência hídrica durante o período seco pode impactar sua expansão para áreas mais quentes do estado. Desta forma, o aumento da temperatura associado ao aumento da deficiência hídrica poderá levar a um aumento no custo da produção exigindo o uso de outras tecnologias como, por exemplo, a irrigação.

**AGRADECIMENTOS:** Às agências CNPq, Capes, Fapesp e Microsoft Research.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALFONSI, R. R.; PEDRO, M. J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. Condições climática para a cana-de-açúcar. In: Paranhos, S. B (Ed.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. São Paulo: Fundação Cargill. cap.1 v.1, p.42-87. 1987. 856p.

BLACK, T. L. The new NMC mesoscale Eta/CPTEC model: Description and forecast examples. **Wea. Forecasting**, v. 9, p. 265–278, 1994.

CHOU, S.C. Modelo Regional Eta. **Climanálise**. Edição Especial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1996.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, v. 18, n.4, p.885-898, 2008.

IPCC. Climate change 2007: **Fourth assessment report (AR4)**. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.

PINTO, H.S.; ASSAD, E.D. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**, Campinas, SP. 2008. 83p.

ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p.133-137, 1998.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Climatology**, v.8, n.1, 104p., 1955.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO (UNICA). **Produção da cana-de-açúcar no Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>> Acesso em: 10 janeiro 2011.