

# AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS DURANTE A SAFRA DE CANA-DE-AÇÚCAR DE 2002/2003 NO ESTADO DE SÃO PAULO

ANGELICA DURIGON<sup>1</sup>, EDMÍLSON DIAS DE FREITAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Meteorologista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, IAG/USP, São Paulo-SP  
Fone: (11) 3091 46 75, [angelica@model.iag.usp.br](mailto:angelica@model.iag.usp.br)

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Departamento de Ciências Atmosféricas, IAG/USP, São Paulo-SP  
Fone: (11) 3091 2812, [efreitas@model.iag.usp.br](mailto:efreitas@model.iag.usp.br)

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 02 a 05 de julho de 2007 - Aracaju - SE.

**Resumo:** A utilização de biomassa para geração de meios alternativos de energia em São Paulo tem se ampliado com o aumento da produção de cana-de-açúcar e variações na produtividade desta cultura podem causar impactos no abastecimento energético do Estado. Como em qualquer cultura, as condições atmosféricas também são responsáveis por tais variações. Neste trabalho pretende-se avaliar as condições atmosféricas de grande escala anteriores a períodos identificados com déficit hídrico para a cultura de cana-de-açúcar no ano-safra 2002/2003. Dados meteorológicos da estação de Piracicaba e de reanálise do NCEP foram utilizados para a elaboração do balanço hídrico, e, através dos campos médios diários de temperatura do ar, pressão reduzida ao nível médio do mar, divergência de umidade e vento, foi feita a análise sinótica para o período. Foram identificados dois períodos, entre os dias 11 de outubro e 31 de dezembro de 2002 e entre 21 de abril a 30 de julho de 2003, nos quais ocorreu déficit hídrico para a cultura da cana. Embora as condições de grande escala que antecederam os períodos com déficit hídrico tenham sido diferentes, o efeito causado na cultura da cana-de-açúcar foi bastante semelhante. Este resultado mostra que a cultura da cana-de-açúcar é sensível a combinação de várias condições atmosféricas de grande escala.

**Palavras-Chave:** balanço hídrico, reanálise, análise sinótica.

**Abstract:** The use of biomass as an alternative energy production in São Paulo has increased together with the production of sugar cane and variations in the productivity of this crop can cause impacts over the energy supply in the State. As in any other crop, the atmospheric conditions are also responsible by such variations. In this work, the large scale atmospheric conditions previously to periods with water deficiency over sugar cane crops are evaluated for the period 2002/2003. Meteorological data for the Piracicaba Station and NCEP reanalysis were used to elaborate the water budget and, through the use of daily mean fields of air temperature, reduced pressure to the mean sea level, humidity divergence and wind, the synoptic conditions for the period were analyzed. Two periods were identified, between October, 11th and December, 31st 2002, and between April 21st and July 30th 2003, in which water deficit for the sugar cane was observed. Although the large scale conditions previously to the periods with water deficit were quite different, the effect caused over the sugar cane crops was similar. This result shows that the sugar cane crops are sensible to the combination of many large scale atmospheric conditions.

**Keywords:** water budget, reanalysis, synoptic analysis.

## Introdução:

No estado de São Paulo a indústria foi responsável em 2004 por metade do consumo energético e por 28,9% do consumo final do país, segundo a Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de São Paulo (2004). Os meios de obtenção e uso de energia (matriz energética) paulista têm se diversificado desde 1970. Os derivados de

petróleo, que naquele ano representavam 66% do consumo final de energia, passaram a representar 41% em 2004. Isso se deve principalmente ao uso crescente da biomassa e do gás natural como fontes alternativas de energia. São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar do país e tem o maior parque de co-geração de eletricidade a partir de biomassa: 62,1% da produção de energia a partir de produtos de cana são paulistas. Biomassa é toda matéria orgânica que pode ser utilizada na produção de energia; é uma forma indireta de energia solar, uma vez que resulta da conversão de energia solar em energia química, por meio de fotossíntese. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (2006), a participação da biomassa na matriz energética brasileira é de 44,7%, incluindo o bagaço de cana-de-açúcar (13,9%), o carvão vegetal (13,1%), o carvão mineral (6,4%) e outros (11,3%). As oscilações na produtividade de cana-de-açúcar podem resultar no desabastecimento energético em todo o setor industrial paulista e também brasileiro. Como em qualquer cultivo agrícola, as condições atmosféricas geralmente são as principais responsáveis por tais oscilações e a identificação de padrões atmosféricos que influenciam direta ou indiretamente a produtividade pode auxiliar na tomada de decisão por parte dos agricultores e investidores. Sabendo de tal importância, este trabalho tem como objetivo avaliar a situação atmosférica de grande escala em períodos anteriores à ocorrência de déficit hídrico para a cana durante a safra de 2002/2003 (agosto/2002 a julho/2003) no estado de São Paulo. Tal safra foi escolhida por ter apresentado diminuição na produtividade média da cultura da cana (ORPLANA, 2003).

### **Material e Métodos:**

A estação agrometeorológica instalada na ESALQ / USP, Campus Piracicaba, (22,7° S, 47,6° W, e altitude de 540 m) foi escolhida para a avaliação proposta neste trabalho. O município de Piracicaba, um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do sudeste brasileiro, apresenta clima ideal para o seu cultivo com estações bem distintas: uma quente e úmida que proporciona a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para promover a maturação e conseqüente acúmulo de sacarose nos colmos. O balanço hídrico decendial de cultura foi elaborado para a determinação dos períodos com déficit hídrico. Utilizou-se o método de Penman-Monteith para a estimativa de evapotranspiração potencial, sendo que os parâmetros necessários para os cálculos foram obtidos através das reanálises do NCEP/NCAR. A evapotranspiração de cultura foi calculada utilizando os coeficientes de cultura de DOORENBOS & KASSAM (1994). A capacidade de água disponível (*CAD*) utilizada foi de 200 mm/m, como sugerido em PEREIRA et al. (2002), com a profundidade do sistema radicular da cana-de-açúcar *Z* igual a 2 metros. Os campos médios diários de pressão atmosférica reduzida ao nível médio do mar (hPa), temperatura do ar (°C), divergência de umidade ( $10^{-4} \text{ g.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ) e vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ) em 1000 e 300 hPa também foram obtidos através das reanálises. A avaliação sinótica foi feita para 5, 10, 15 e 20 dias antecedentes aos períodos de déficit hídrico identificados no balanço hídrico.

### **Resultados e Discussão:**

Através do balanço hídrico foram identificados dois períodos com aproximadamente 90 dias (3 meses) nos quais a cultura da cana-de-açúcar sofreu déficit hídrico. O primeiro período compreende os dias entre 11 de outubro e 31 de dezembro de 2002, e o segundo, os dias entre 21 de abril e 30 de julho de 2003. Na Figura 1 são apresentadas as séries temporais decendiais de precipitação de agosto de 1996 até julho de 2005, e precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração de cultura (ETc) para o período de interesse deste trabalho. Observa-se que o ano-safra de 2002/2003 foi marcado pela diminuição de precipitação, comparado às safras anteriores. No final da década de 90, máximos de precipitação atingiram 200 mm em 10 dias, e, no período de estudo, o máximo de

precipitação foi de 146 mm nos primeiros 10 dias do ano de 2003. Os períodos nos quais a cultura da cana-de-açúcar sofreu déficit hídrico foram marcados por chuvas pouco intensas e valores de ETP e ETc elevados, com máximos de 80 e 72 mm, respectivamente, nos 10 primeiros dias de dezembro de 2002.

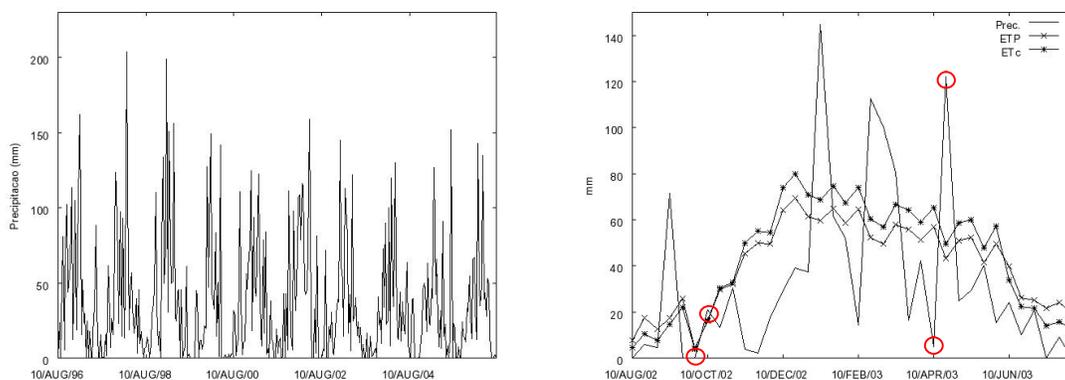


Figura 1: Séries temporais decendiais de precipitação (agosto/1996 a junho/2005) (à direita) e precipitação, ETP e ETc para o período de interesse deste trabalho (à esquerda).

Em 20 de setembro de 2002 foi identificada nos campos de pressão em superfície a passagem de um sistema frontal frio sobre o estado de São Paulo (Figura 2). Este sistema frontal não teve intensidade suficiente para provocar precipitação na estação de Piracicaba, como pode ser observado na Figura 1. Mesmo sem provocar precipitação, a passagem deste sistema aumentou a convergência (divergência) de umidade em baixos (altos) níveis para a região de estudo, embora a disponibilidade de umidade no ar não tenha sido suficiente para reduzir a evapotranspiração em períodos posteriores. Nos primeiros dias do mês de outubro, outra frente fria passou pelo litoral paulista (Figura 3), provocando chuvas de aproximadamente 20 mm na região de Piracicaba. Os baixos volumes de precipitação contribuíram para o início do primeiro período identificado com déficit hídrico. Observou-se ainda que durante os 20 dias que antecederam tal período, os sistemas de alta pressão subtropicais permaneceram intensificados sobre os oceanos Pacífico e Atlântico Sul.

Sistemas de alta pressão vindos de altas latitudes e do oceano Pacífico Sul cruzaram a Cordilheira dos Andes e influenciaram as condições de tempo entre os dias 01 a 15 de abril de 2003 no estado de São Paulo. A partir do dia 16 de abril, estes sistemas desintensificaram-se com a chegada de uma frente fria que atingiu São Paulo no dia 19, provocando chuvas intensas. No decêndio de 11 e 20 de abril, o total acumulado de chuva registrado na estação de Piracicaba atingiu aproximadamente 120 mm. Diferentemente do padrão observado nos dias anteriores ao primeiro período com déficit hídrico, os sistemas de alta pressão subtropicais sobre as porções dos oceanos Pacífico e Atlântico Sul desintensificaram-se e áreas com alta pressão adentraram sobre o continente Sul-Americano durante os 20 dias anteriores ao segundo período com déficit hídrico.

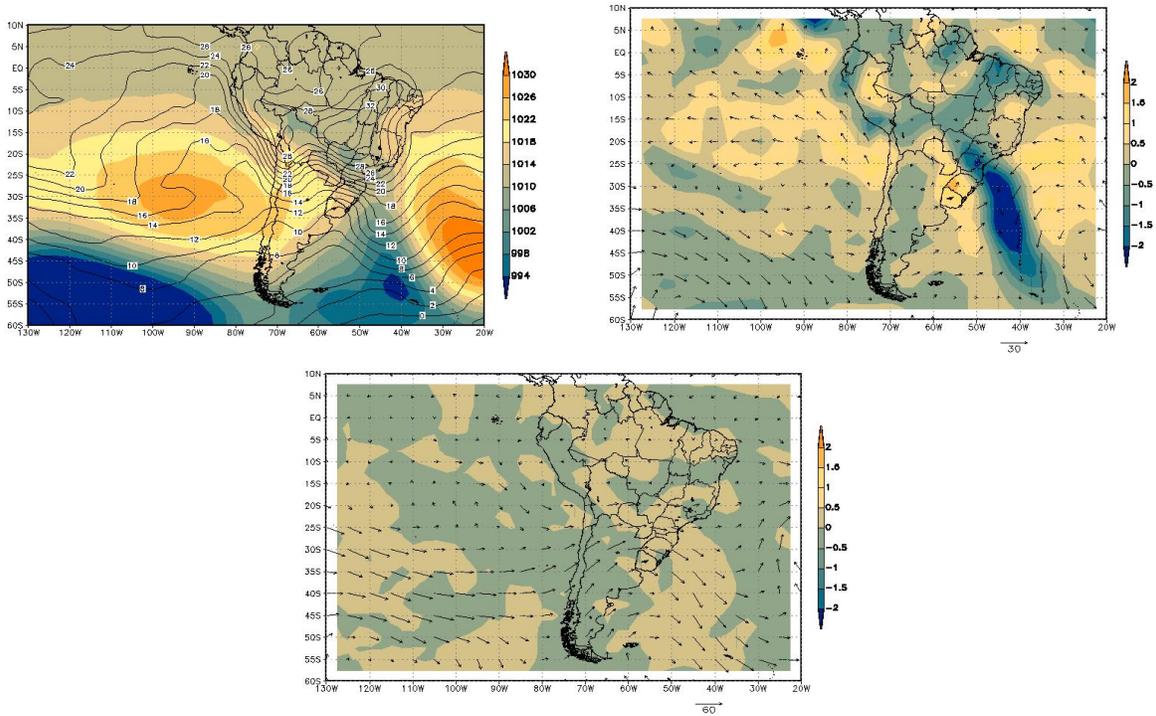


Figura 2: Campos de pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa) e temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) em 1000 hPa (acima, à esquerda), divergência de umidade ( $10^{-4} \text{ g.kg}^{-1} . \text{s}^{-1}$ ) e vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ) em 1000 hPa (acima, à direita) e 300 hPa (abaixo) para o dia 20 de setembro de 2002.

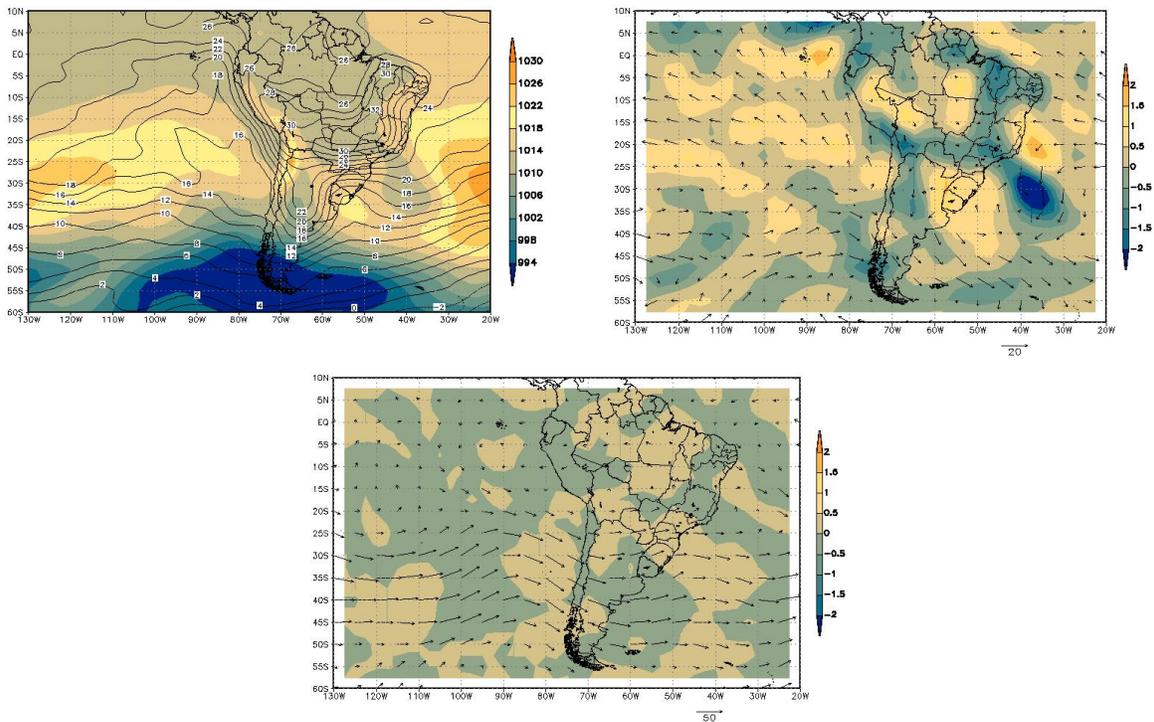


Figura 3: Como na Figura 2, para o dia 01 de outubro de 2002.

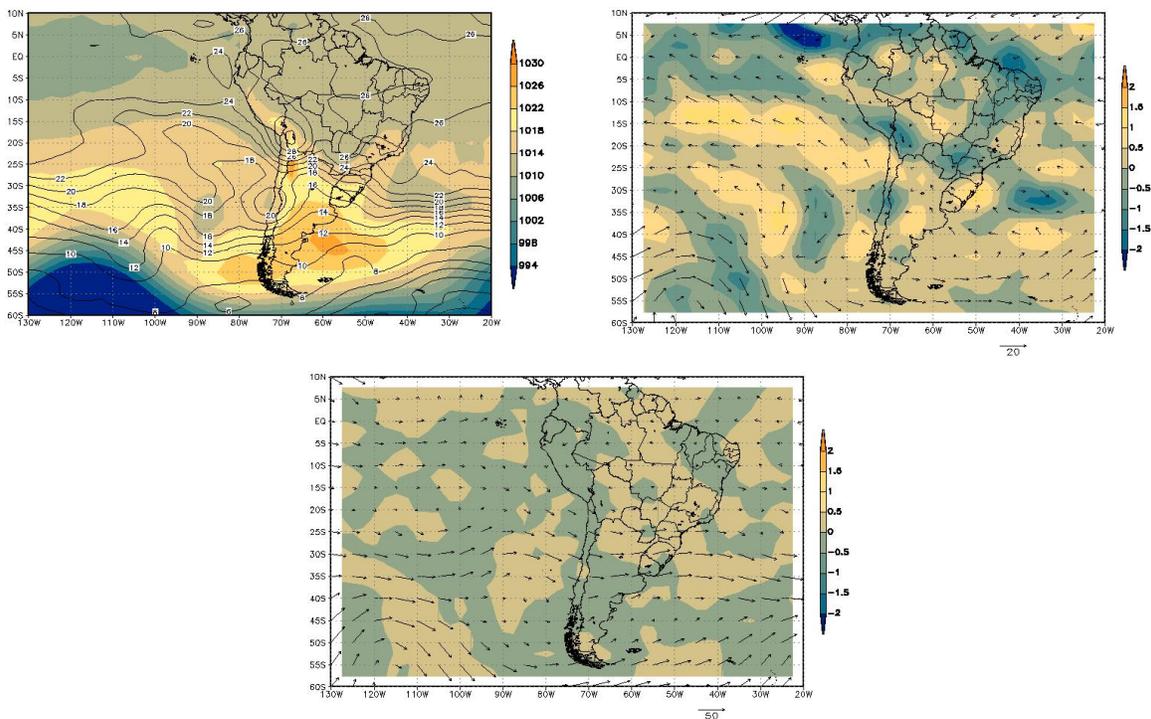


Figura 4: Como na Figura 2, para o dia 01 de abril de 2003.

## Conclusões

Através do balanço hídrico de cultura para a cana-de-açúcar foram identificados dois períodos nos quais ocorreu déficit hídrico para tal cultura. Observou-se que durante os 20 dias antecedentes ao primeiro período, os sistemas de alta pressão subtropicais sobre os oceanos Atlântico e Pacífico Sul mantiveram-se intensificados, o que pode ter dificultado a passagem de sistemas frontais frios capazes de provocar precipitação significativa sobre a região de estudo. Os 20 dias antecedentes ao segundo período foram marcados principalmente pela presença de grandes áreas com alta pressão sobre as regiões sul/sudeste brasileiras, Argentina e Uruguai. Embora as condições de grande escala que antecederam os períodos com déficit hídrico tenham sido diferentes, o efeito causado na cultura da cana-de-açúcar foi bastante semelhante. Este resultado mostra que a cultura da cana-de-açúcar é sensível a combinação de várias condições atmosféricas de grande escala.

## Referências Bibliográficas

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H., 1994: Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 306 p. (FAO. Irrigação e Drenagem, 33).
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2006. *Balanço Energético Nacional 2006*. Disponível em <[http://ben.epe.gov.br/downloads/BEN2006\\_Versao\\_Completa.pdf](http://ben.epe.gov.br/downloads/BEN2006_Versao_Completa.pdf)>. Acesso em 17 de abril de 2007.
- ORGANIZAÇÃO DOS PLANTADORES DE CANA DA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL – ORPLANA, 2003. *Acompanhamento de Safra – Balanço 2002/2003*. Disponível em <[http://www.orplana.com.br/acompanhamento\\_safra.asp](http://www.orplana.com.br/acompanhamento_safra.asp)>. Acesso em 13 de abril de 2007.
- PEREIRA, A. R.; L. R. ANGELOCCI; P. C. SENTELHAS. *Agrometeorologia, fundamentos e aplicações*. Guaíba (RS): Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 2002. 478 pp.
- SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2004. *Matriz Energética do Estado de São Paulo*. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpenergia/Matriz.exe>>. Acesso em 11 de abril de 2007.