

# COEFICIENTE DE CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*), CANA PLANTA E SOCA, COMO FUNÇÃO DO ACÚMULO DE GRAUS-DIA DURANTE CICLO DE PRODUÇÃO.

VALTER BARBIERI<sup>1</sup>, FÁBIO CESAR DA SILVA<sup>2</sup> e ANDRÉ P. GODOY<sup>3</sup>

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

1Professor Dr. do Departamento de Ciência Exatas - ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11- CP 9 - Piracicaba/SP-CEP13418-900, Fone: 3429-4283 R: 227, E-mail: vbarbier@esalq.usp.br

2Pesquisador Dr. da Embrapa Informática Agropecuária, Professor da FATEP, Pós-doutorado na ESALQ/USP e Universidade Politécnica de Madri, Departamento de Produção Vegetal -Av. Pádua Dias, 11- CP 9 - Piracicaba/SP-CEP13418-900, E-mail: fcesar@esalq.usp.br

3Mestrando do Departamento de Máquinas Componentes e Sistemas Inteligentes -FEE -UNICAMP, Av. Albert Einstein, 400, Cidade Universitária, Campinas/SP, CEP 13083-852, E-mail: andrep@dmcsi.fee.unicamp.br

**RESUMO:** Para a estimativa do coeficiente de cultura (kc), foram utilizados dados climáticos de Araras-SP. As relações encontradas entre a constantes de cultura (kc) e o somatório de graus-dia ( $\sum GD$ ), mostraram-se adequadas para todo o ciclo da cana-de-açúcar, tanto para a cana planta como para a cana soca, mostrando valores iniciais em torno de 0,3, valores de pico de 1,3 e durante o período de formação da produção e maturação próximo de 1,0.

**Palavra Chave:** evapotranspiração, coeficiente de cultura, kc, graus-dia, cana-de-açúcar.

## SUMMARY:

**Keywords:** evapotranpiration, culture coefficient, kc, degree-day, sugarcane.

**INTRODUÇÃO:** A disponibilidade de água no solo é o parâmetro de maior importância na produtividade da cana-de-açúcar, a qual para ser mantida a níveis satisfatórios é necessário se conhecer a evapotranspiração máxima da cultura (Etm), para que, por meio da irrigação, o solo seja mantido sem deficiência hídrica (DOOREMBOS & KASSAN, 1979). Muitos métodos têm sido desenvolvidos para estimar a evapotranspiração de referência ou potencial (Eto). A conversão de Eto para a Etm se faz mediante um fator de correção:  $Etm = Kc \cdot Eto$ , onde Kc é coeficiente de cultura (BROWN, 1999). FRITSCHEN E SHAW (1961) concluíram que o tanque Classe A pode ser usado para estimar a evapotranspiração de referência (Eto). Tendo o Eto e o kc da cultura estima-se a Etm. CHANG (1967) as usinas de açúcar havaianas utilizam este método para quantificarem a água a ser aplicada nos seus canaviais. BAVEL (1961), EARLY e GREGORIO (1974) entre outros, para a estimativa do valor de kc, com boa precisão, é necessário o uso da lisimetria. Os valores de kc nas fases fenológicas são estimados pelo tempo cronológico da duração das mesmas, tornando as suas estimativas de kc imprecisas, uma vez que não diferenciam sazonalidade da disponibilidade energética para crescimento. Sendo assim, propõe-se neste trabalho o uso de graus-dia (GD), também chamado de unidades de calor, em seus valores acumulados durante o ciclo e os valores correspondentes de kc, substituindo-se desta forma o tempo cronológico. A evapotranspiração potencial ocorre quando o IAF da cultura situa-se entre 2,5 e 3 (RITCHIE, 1985). Entrando-se com estes IAF (índice de área foliar) limites na função estabelecida por TERUEL et al. (1997) para determinação deste parâmetro, verifica-se teoricamente que esta cultura passa a evapotranspirar potencialmente quando  $\sum GD$  esta acima de 400.

**MATERIAL E METODOS:** Os métodos são inúmeros para a determinação da demanda hídrica máxima (Etm) da cana-de-açúcar, entretanto, considerou-se a lisimetria como um método adequado e preciso para estas observações. São utilizados para o estudo os dados observados por BARBIERI (1993), em Araras –SP, o qual empregou o uso de um lisímetro de

nível freático constante (evapotranspirógrafo) cujas dimensões e construções descritas foram adequadas para o propósito. A razão entre a  $E_{tm}$  medida e a evapotranspiração de referência ( $E_{to}$ ) conhecida como constante de cultura ( $k_c$ ) foi calculada para todos os estádios da cultura, do plantio à colheita. A  $E_{to}$  adotada foi a calculada pelo método do tanque Classe A (DOOREMBOS & KASSAN, 1979), uma vez que nas áreas irrigadas de cana-de-açúcar no Brasil este ser o mais utilizado, devido sua praticidade. A maioria dos trabalhos bibliográficos considera a variação do  $k_c$  em relação ao tempo cronológico após o plantio, desta forma a estimativa do  $k_c$  torna-se de baixa precisão, uma vez que se for plantio de inverno, o desenvolvimento inicial será lento, e se for de outono, tal desenvolvimento será acelerado. Assim, para conseguir maior precisão na estimativa do  $k_c$  utilizou-se aqui o conceito de Graus-Dia, também conhecido como Unidades de Calor, para representar o tempo decorrido desde o plantio.

Equações:

$k_c = E_{tm} / E_{to}$  (constante de cultura)

$E_{tm}$ : Evapotranspiração máxima da cana-de-açúcar medida pelo lisímetro (mm)

$E_{to}$ : Evapotranspiração de referência calculada pelo método do tanque Classe A (mm) (FAO-56). O ajuste da FAO para  $k_p$  do tanque Classe A, para superfície circunvizinha gramada foi definido por ALLEN & PRUITT (1991):

$k_p = 0,108 - 0,000331 \cdot U^2 + 0,0422 \cdot \ln(F) + 0,1434 \cdot \ln(U_{med}) - 0,000631 \cdot [\ln(F)]^2 \cdot \ln(U_{med})$ , que:  
 $F$  = distância do Tanque Classe A até os limites da superfície gramada (m).

$GD = (T_m - T_b) / 2 - T_b$ , quando  $T_m > T_b$

$GD = (T_m - T_b)^2 / (T_m - T_b)$ , quando  $T_m = T_b$

$GD = \text{Graus-Dia}$

$T_m$  = temperatura máxima média diária ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_b$  = temperatura mínima média diária ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_b = 18^{\circ}\text{C}$  = temperatura base da cana-de-açúcar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

No período estudado a cana-de-açúcar plantada dentro do evapotranspirógrafo teve uma altura final de 333 cm e na bordadura (irrigada), fora do lisímetro, uma altura de 330 cm. A maior evapotranspiração observada foi de 6,8mm/dia quando a cana-de-açúcar estava com a altura da primeira aurícula visível de 269cm, valores estes compatíveis com os encontrados por CAMPBELL et al. (1960) e THOMPSON (1967).

Foi colhida a cana planta sem desponte, obtendo-se uma produtividade de 155 t/ha, e calculou-se que para produzir uma tonelada de colmos são necessários aproximadamente 85 m<sup>3</sup> de água, equivalendo a 8,5mm de água consumida por uma tonelada de colmos produzidos. A cana dentro do evapotranspirômetro foi plantada no espaçamento de 1,5m e foram colhidos 15 colmos por metro linear de sulco. A análise dos dados revelou que os valores de  $K_c$  podem, com boa precisão, ser estimados pelas equações 1 e 2 (Figura 1).

### Cana Planta

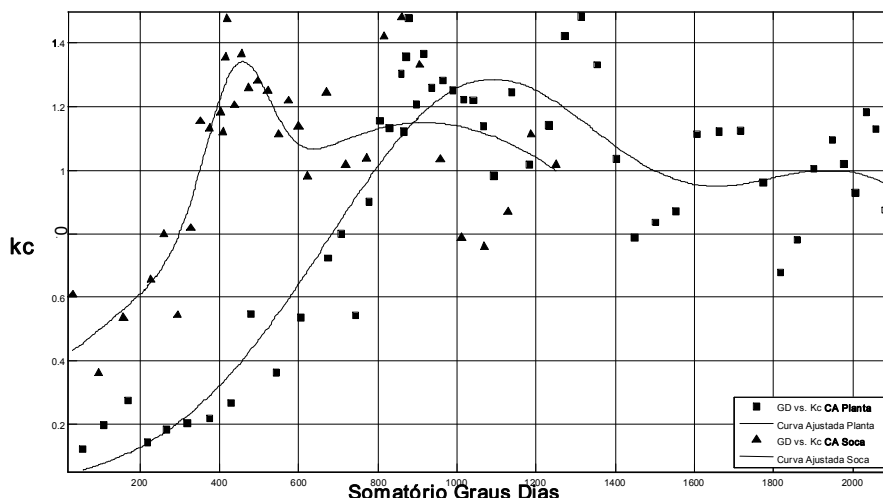
$$k_c = -6.159 \cdot \exp(-((\sum GD - 0.7502) / 1.038)^2) + 7.144 \cdot \exp(-((\sum GD - 0.7219) / 1.189)^2)$$

( $R^2 = 0.952^{**}$ ) ... (1)

### Cana Soca

$$k_c = 0.4631 \cdot \exp(-((\sum GD - 444.6) / 112)^2) + 1.149 \cdot \exp(-((\sum GD - 916.1) / 896.2)^2)$$

( $R^2 = 0.9597^{**}$ ) ... (2)



**Figura 1.** Valores de Kc observados e estimados pelas equações 1 e 2, em função na somatória de graus-dia para os ciclos de cana planta e cana soca, respectivamente .

Na Figura 1, observa-se que durante o ciclo de cana planta, no início o valor de  $k_c$  está em torno de 0,3, no pico de desenvolvimento foliar, em torno de 1,3, e durante a fase de formação da produção e maturação os valores estão ao redor de 1,0 . O pico de  $k_c$  ocorre quando o somatório de graus-dia está em torno de 1100 GD e para o ciclo de cana soca tal pico ocorre quando o somatório de graus-dia está em torno de 440 GD. Tal fato é decorrente da velocidade de crescimento da área foliar na cana planta ser muito lento durante o estágio de estabelecimento da cultura. Para a cana soca estes estádios têm desenvolvimento mais acelerado uma vez que os colmos (tocos) já estão com raízes desenvolvidas, assim os brotos recebem suprimento hídrico e nutricional adequados, sendo estas raízes velhas gradativamente substituídas por novas. As duas curvas apresentam um pico nos valores descritos anteriormente e após, uma rápida queda, estabilizando-se a seguir. Tal fato é devido a área foliar que, da mesma forma atinge um pico, onde a competição por luz é máxima e a seguir estabelece-se em valores ligeiramente inferiores. Os valores observados na figura 1 são semelhantes aos recomendados pela FAO (DOOREMBOS & KASSAN, 1979), com a vantagem de ganhar precisão ao se estimar o  $k_c$ , como uma função da temperatura, representada pelos graus-dia e não como função do tempo cronológico durante o ciclo da cana-de-açúcar.

## CONCLUSÕES

As relações encontradas entre a constantes de cultura ( $k_c$ ) e o somatório de graus-dia ( $\sum GD$ ), mostraram-se adequadas para todo o ciclo da cana-de-açúcar, tanto para a cana planta como para a cana soca, mostrando valores iniciais em torno de 0,3 , valores de pico em torno de 1,3 e durante o período de formação da produção e maturação em torno de 1,0.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLEN, R.G.; PRUITT, W.O. Reference evapotranspiration factors. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.117, n.5, p.758-722, 1991.
- BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático-fisiológico de estimativa.** 142 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 1993.
- BAVEL, C.M. van Lysimetric measurements of evapotranspiration rates in the Eastern United States. **Proc. Soil Sci. Am.**, 25(2): 138-141, 1961.

- BROWN, P.W. AZMET evapotranspiration estimates: a tool for improving water management of turfgrass. Disponível em: AZMET – The Arizona Meteorological Network site. URL: <http://ag.arizona.edu/azmet/et.html> Consultado em dez. 1999.
- CAMPBELL, R.B., CHANG, J.H., COX, D.C. Evapotranspiration of sugar cane in Hawaii as measured by in-field lysimeters in relation to climate. In: CONGRESS INT. SOC. SUGAR CANE TECHN., 10, Honolulu, 1959, **Proceedings**. Amsterdam, Elsevier, p. 637-640, 1960.
- CHANG, J.H. Evapotranspiration research of HSPA Experiment Station. In: CONGRESS INTERNATIONAL SOCIEDADE OF THE SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 12., Puerto Rico. **Proceedings**. Amsterdam, Elsevier, 1967, p.10-14.
- DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. **Yield response to water**. Roma, FAO, 1979. 306 p. (FAO: Irrigation e Drainage Paper, 33).
- DOOREMBOS, J.; PRUITT, W.D.. **Crop and water requirements**. Roma, FAO, 1975. 179p.. (FAO: Irrigation e Drainage Paper, 24).
- EARLY, A.C.; GREGORIO, R.P. Consumptive use of Water by sugar cane in the Philipines. IN: CONGRESS INTERNATIONAL SOCIETY OF THE SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 15. Durban, 1974. **Proceeding**. Durban, Hayne e Gibdson, 1974. p.678-688.
- FRITSCHEN, I.J.; SHAW, R.H. Evapotranspiration for corn as related to pan evaporation. **Agron.J.**, 53: 149-150, 1961.
- RITCHIE, J. T. Evapotranspiration empiricism for minimizing risk in rainfed agriculture. In: CONF. on ADVANCES IN EVAPOTRANSPIRATION. Chicago,1985. **Proceedings**. St. Joseph, ASAE, p. 139-150, 1985.
- SOUZA, E. F; BERNARDO, S.; CARVALHO, J. A. Função de Produção da Cana-de-açúcar em Relação à Água para Três Cultivares, em Campos dos Goytacazes, RJ. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP, V. 19, n.1,p.28- 42, 1999.
- TERUEL, D. A.; BARBIERI, V.; FERRARO JUNIOR, L.A. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water conditions. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, p.39-44, 1997. Número especial.
- THOMPSON, G.D. The relationship of potencial evapotranspiration of sugarcane to environmenta factors. In: CONGRESS INT. SOC. SUGAR CANE TECHN., 12, Puerto Rico, 1965, **Proceedings**. Amsterdan, p. 3-9, 1967.