

NECESSIDADES HÍDRICAS DA ALFAFA: COEFICIENTES DE CULTURA (K_c) NO PERÍODO PÓS-CORTE¹

WATER REQUERIMENTS OF ALFAFA: CROP COEFFICIENTS (K_c) DURING THE POST-HARVEST PERIOD.

Antonio Odair Santos², Homero Bergamaschi³ e Gilberto Rocca da Cunha⁴

RESUMO

O monitoramento da água em uma cultura requer a determinação correta de variáveis indicadoras das suas necessidades hídricas. O coeficiente de cultura (K_c) é considerado um parâmetro confiável no dimensionamento do consumo d'água para os mais diversos fins, no que concerne às relações hídricas. Para culturas como a alfafa, em função do manejo de cortes adotado, uma curva média de K_c's, do início do rebrote até a estabilização da área foliar, representa a seqüência contínua de variação das suas necessidades hídricas. Utilizando a evapotranspiração de referência (E_{To}) calculada pelo método de Penman, pelo método do tanque "classe A"/FAO e pela evaporação do tanque "classe A", curvas médias de K_c foram determinadas para alfafa, a partir de onze cortes de primavera-verão, sendo a evapotranspiração máxima da cultura medida em lisímetro de balança. O trabalho foi desenvolvido no Rio Grande do Sul, Brasil, entre 1989 e 1992, em região de clima subtropical úmido. As curvas mostram aumento dos K_c's a partir do corte e estabilização em torno de 30 dias após, em intervalo de variação coerente com trabalhos anteriores que utilizaram a mesma metodologia. Os coeficientes K_c's variam de acordo com o método de cálculo da E_{To}, mas todos se mostram superiores aos recomendados pela FAO.

Palavras-chave: alfafa, coeficiente de cultura, irrigação, água.

SUMMARY

¹Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor. UFRGS. - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. FAPERGS.

Novembro/1993. Parcialmente financiado pela

²Engº Agrº, Ms., IAC - Secção de Climatologia Agrícola. C.P. 29, 13001-970. Campinas - SP.

³Engº Agrº, Dr., UFRGS - Faculdade de Agronomia. C.P. 776, 91501-970. Porto Alegre - RS. Bolsista CNPq.

Crop water monitoring requires a correct determination of the variables indicating plant water needs. The crop coefficient (K_c) method is a reliable indicative to estimate water use in various ways concerning plant-water relations. For alfalfa, due to the harvest management adopted by farmers, the choice of a mean curve of K_c 's, determined from the time of harvest to the stabilization of leaf area, is preferable instead of a mean group of K_c 's for the whole growth cycle. According to this view, and using the methods of Penman, "Class" A pan/FAO and a "Class A" pan evaporation, to calculate the reference evapotranspiration (E_{To}), mean curves were built for the crop coefficients, using 11 harvests during spring-winter intervals, between 1989 and 1992, with maximal evapotranspiration measured by a weighing lysimeter, in Rio Grande do Sul, Brazil. The curves showed a plateau beginning at 30 days after the harvest and a variation interval coherent with previous reported results. Crop coefficient values are different depending on the method used to calculate E_{To} , but in this case they are higher than K_c 's recommended by FAO.

Key words: alfalfa, crop coefficients, irrigation, water.

INTRODUÇÃO

Em vista da ocorrência de deficiências hídricas no período de primavera-verão no Estado do Rio Grande do Sul, faz-se necessário recomendar, como prática de manejo, a suplementação hídrica via irrigação em alfafa (SAIBRO, 1985), quando se pretende altas produtividades em mercado competitivo. No entanto, para uma eficiente estimativa da quantidade de água necessária para que uma cultura qualquer não tenha seu desenvolvimento afetado por deficiência hídrica é necessário o conhecimento da sua evapotranspiração máxima (ET_m).

A razão empírica entre a evapotranspiração máxima de uma cultura e a evapotranspiração de referência, esta estimada por fórmulas ou elementos da demanda evaporativa, origina os chamados coeficientes de cultura (K_c). Estes podem ser utilizados, posteriormente, na estimativa da evapotranspiração das culturas, necessitando-se apenas dados meteorológicos representantes da demanda evaporativa atmosférica (PETERSEN, 1972; BERLATO *et al.*, 1986). Obtem-se, assim, um dado prático para uso no monitoramento das necessidades hídricas das culturas, podendo ser usado em local diferente daquele onde foi determinado.

A obtenção dos coeficientes de cultura é feita sob condições de não limitação hídrica, ou de

⁴ Engº Agrº, Dr., EMBRAPA -CNPT. C. P. 569, 99001-970, Passo Fundo, RS.

qualquer outro fator climático ou fisiológico. Geralmente, expressa-se a razão ET_m/ET_o versus tempo, no calendário juliano (WRIGHT, 1988).

Para a alfafa, CUNHA *et al.* (1993), trabalhando em Eldorado do Sul (RS), determinou experimentalmente um conjunto de coeficientes de cultura, mínimo, médio e máximo, para os cortes de primavera-verão, nos moldes da discussão apresentada por DOORENBOS & PRUITT (1977). Os valores determinados variaram entre 0,15 e 1,57, sendo que o valor mais alto foi encontrado para a razão entre a evapotranspiração máxima da alfafa e evapotranspiração calculada pelo método original de PENMAN (1948), quando a cultura se encontrava no início da floração. Para a cultura da alfafa, em vista do seu manejo de cortes, faz-se necessário também estudar os valores de coeficientes de cultura (K_c) nos dias que se sucedem após o corte, ou seja, a variação dos coeficientes de cultura no período pós-corte, tendo-se assim dados mais consistentes para o controle das necessidades hídricas da cultura.

Tendo em vista o exposto, o presente trabalho objetivou determinar curvas médias de coeficientes de cultura (K_c) para alfafa, a partir dos cortes feitos até a estabilização da área foliar, para períodos de crescimento de primavera-verão, nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no município de Eldorado do Sul, RS (latitude de 30° 05'S, longitude de 51°39'W e altitude de 46 m). O clima da região, pela classificação de Köppen é subtropical úmido, de verão quente (Cfa) e o solo da área experimental, pertence à unidade de mapeamento Arroio dos Ratos, se constituindo em um plintossolo.

A cultura utilizada foi alfafa, cv. Crioula, semeada em uma unidade experimental de 90 x 60 m, em linhas espaçadas de 0,3 m. A correção do solo foi efetuada com a aplicação de 2,5 t/ha de calcário em 1988 e 2 t/ha em 1989. Antes da semeadura foi efetuada a adubação potássica e fosfatada. Para a adubação nitrogenada utilizou-se uréia como fonte de N, correspondendo a 100 kg/ha de N, distribuídas em quatro coberturas de 1989 a 1992. Foram aplicados micronutrientes em cobertura, logo após a semeadura, correspondendo a bórax, sulfato de zinco e molibdato de amônio. Todo o processo de adubação e calagem baseou-se na análise do solo, cujo detalhamento encontra-se em CUNHA (1991) e SANTOS (1993).

Foram efetuados cortes na cultura à altura de 7 cm, quando a mesma apresentava aproximadamente 10% da floração, nos períodos de primavera-verão. Medições diárias de evapotranspiração máxima da alfafa (ET_m) foram feitas em um lisímetro de balança mecânica, com área de 5,1 m² e resolução de 0,1 mm (BERGAMASCHI *et al.*, 1991), no período de outubro de 1989 a março de 1992.

O potencial matricial da água no solo, no interior e fora do lisímetro, foi monitorado por tensiômetros de manômetro de mercúrio, instalados até a profundidade de 0,75 m, com intervalo de 0,15 m. O potencial foi mantido em valores superiores a -0,05 MPa, através de irrigação por aspersão ou precipitação pluvial.

Os dados meteorológicos diários (velocidade do vento, temperatura, radiação solar global, evaporação de tanque “classe A”) foram obtidos em estação agrometeorológica localizada junto à área experimental.

Utilizando valores diários de evapotranspiração máxima da alfafa, medida em lisímetro e a evapotranspiração de referência, determinada por três métodos diferentes, obtiveram-se curvas médias de coeficientes de cultura (K_c), a partir de onze cortes de primavera-verão, no período de outubro de 1989 a março de 1992, pela relação:

$$K_c = E_{Tm}/E_{To}$$

sendo E_{Tm} a evapotranspiração máxima da alfafa e E_{To} a evapotranspiração de referência, determinada por três métodos diferentes. Assim, para: K_{c1} ($=E_{Tm} / E_{To1}$), a evapotranspiração de referência foi determinada pelo método de PENMAN (1948), com saldo de radiação determinado sobre gramado. Para K_{c2} ($=E_{Tm}/E_{To2}$), E_{To2} foi calculada pelo método do tanque classe A/FAO. No cálculo de K_{c3} ($=E_{Tm}/E_{To3}$), o denominador consistiu da evaporação do tanque classe A em mm.dia^{-1} .

Os dois primeiros métodos são descritos a seguir:

1. Método de PENMAN (1948) (E_{To1})

$$E_{To1} = \frac{s}{s+g} Rn + \frac{g}{s+g} E_a \quad (1)$$

sendo E_{Tp} a evapotranspiração estimada (mm.dia^{-1}), Rn o saldo de radiação convertido em mm.dia^{-1} de evaporação equivalente e E_a o termo aerodinâmico (mm.dia^{-1}), dado por:

$$E_a = 0,35(1+0,0098U_2)(e_s - e) \quad (2)$$

sendo U_2 a velocidade do vento a 2 m acima do solo (milhas.dia^{-1}) e $(e_s - e)$ o déficit de saturação de vapor de água no ar (mb).

O déficit de saturação (es-e) foi calculado em função da umidade relativa média (UR%) e da temperatura média do ar (T°C). O valor de es (pressão de saturação do vapor d'água no ar, mb) foi obtido a partir da equação apresentada por KATUL *et al.* (1990), em função da temperatura do ar (T° C):

$$es = 6,1078 e^{\frac{17,27T}{T+237,3}} \quad (3)$$

Uma vez que UR (%) = 100(e/es), tem-se que: e = es.UR/100. Sendo e a pressão parcial de vapor d'água no ar (mb).

O coeficiente [s/(s+γ)] é uma função da temperatura média do ar (T°C). Considerando-se a pressão atmosférica média local em 1013 mb pode-se inferir, baseado em KATUL *et al.* (1990), que s (em mb) é dado por:

$$s = \left[\frac{24639,48}{(T + 237,3)^2} \right] e^{\frac{17,27T}{T+237,3}} \quad (4)$$

e que:

$$g = \frac{C_p P}{eL} \quad (5)$$

sendo Cp o calor específico do ar à pressão constante, P a pressão atmosférica, e a razão entre a massa molecular do vapor d'água e a massa molecular do ar seco e L o calor latente de evaporação. Considerando-se Cp = 0,24 cal.g⁻¹, p = 1013 mb, ε = 0,622 e L = 590 cal.g⁻¹, pela equação (5) tem-se que γ = 0,66 mb.°C, valor utilizado no método descrito.

O saldo de radiação (Rn) foi estimado como sendo o saldo sobre superfície gramada (Rng), utilizando-se a equação obtida por BERGAMASCHI & GUADAGNIN (1990):

$$Rng = -18,81 + 0,69Rs \text{ (cal.cm}^{-2}\text{.dia}^{-1}\text{)} \quad (6)$$

sendo Rs a radiação solar global incidente.

2. Metodo do tanque classe A/FAO (ETo2)

$$ETo2 = Eo Kp \quad (7)$$

sendo E_o a evaporação do tanque “classe A” (mm. dia^{-1}) e K_p o coeficiente de tanque obtido em DOORENBOS & PRUITT (1977).

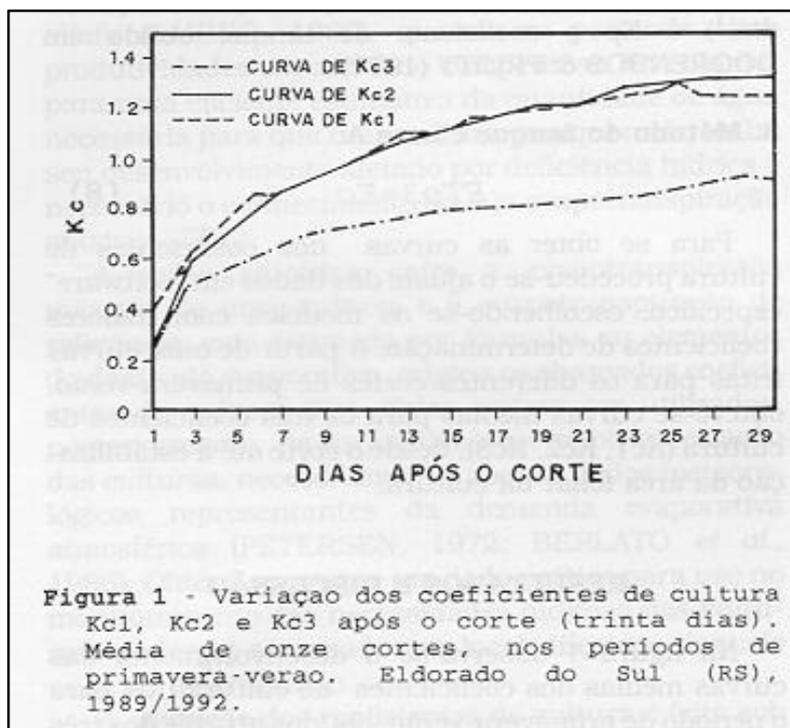
3. Método do tanque classe A

$$ET_o3 = E_o \quad (8)$$

Para se obter as curvas dos coeficientes de cultura procedeu-se o ajuste dos dados em “software” específico, escolhendo-se os modelos com maiores coeficientes de determinação. A partir de onze curvas feitas para os diferentes cortes de primavera-verão, obteve-se curvas médias para os três coeficientes de cultura (K_{c1} , K_{c2} , K_{c3}), desde o corte até a estabilização da área foliar da cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 observa-se o desenvolvimento das curvas médias dos coeficientes de cultura (K_c) para o período de primavera-verão, obtidos através dos três métodos de cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o).



Na relação entre a ETm da alfafa e a evapotranspiração calculada pelo método de PENMAN (1948), com uso do saldo de radiação sobre gramado (Rng) observa-se uma variação de 0,5 (Kc mínimo médio) até 1,25 (Kc máximo médio) aos 30 dias após o corte. Pelo método do tanque "classe A"/FAO tem-se uma variação de 0,3 (Kc mínimo médio) até 1,3 (Kc máximo médio), também em torno dos 30 dias, enquanto que pelo método do tanque "classe A" tem-se extremos de 0,25 (Kc mínimo médio) e 0,9 (Kc máximo médio), igualmente aos 30 dias.

Para todas as variantes de coeficientes há uma tendência de estabilização dos valores de Kc's a partir dos 30 dias após o corte feito na cultura. Em termos de magnitude esta estabilização se dá em valores superiores a recomendações genéricas anteriores feitas por DOORENBOS & PRUITT (1977), que, para o mesmo grupo de Kc's, indica uma amplitude máxima de 1,05 para região com regime climático semelhante. Os valores encontrados estão em concordância com os Kc's médios determinados por CUNHA (1993), no primeiro ano deste trabalho, e estão dentro da ordem de magnitude de coeficientes determinados para outras culturas, na mesma região, como milho (MATZENAUER *et al.* 1981) e soja (BERLATO *et al.*, 1986). Portanto, no que se refere à proposta de utilização de coeficientes de cultura, as curvas médias determinadas, para as três variantes de Kc's, devem ser as que melhor se ajustam para a região, representando uma informação mais precisa para a espécie considerada e para o tipo de cultivo adotado. Em termos de aplicação destes resultados, para o período de primavera-verão, o cálculo da evapotranspiração máxima da alfafa pode ser feito para a mesma região ou regiões climaticamente semelhantes, simplesmente adotando-se o valor de Kc correspondente ao estágio de desenvolvimento da cultura (dias após o corte), dentro das alternativas de coeficientes deste trabalho, de acordo com a evapotranspiração de referência disponível.

CONCLUSÕES

1. Os coeficientes de cultura (Kc's) da alfafa, nas três variantes estudadas, evidenciam aumento a partir do corte, até uma estabilização próxima aos trinta dias, para o período de primavera-verão.
2. Para um mesmo estágio de desenvolvimento da alfafa, os coeficientes Kc variam de acordo com o método de cálculo da evapotranspiração de referência. Dentre os métodos adotados, o cálculo pela evaporação do tanque "classe A" resulta em coeficientes menores. Nos três métodos de cálculo considerados, os valores máximos de Kc superam os recomendados pela FAO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGAMASCHI, H., GUADAGNIN, M. R. **Agrocli-ma da Estação Experimental Agrônômi-**

- ca/UFRGS.** Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1990. 60 p.
- BERGAMASCHI, H., SANTOS, M. L. V., MEDEIROS, S. L. P. Instalação e uso de um lisímetro de balança no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.
- In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, VII, Viçosa, MG. **Resumos...**, Viçosa: Soc. Bras. Agromet./UFV, 1991, p. 176-177.
- BERLATO, M. A., MATZENAUER, R., BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque "classe A" e radiação solar global. **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 243-259. 1986.
- CUNHA, G. R. **Evapotranspiração e função de resposta à disponibilidade hídrica em alfafa.** Porto Alegre, 197 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991.
- CUNHA, G. R., DE PAULA, J. R. F. BERGAMASCHI, H. et al. Coeficiente de cultura para alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia.** Santa Maria (RS) v. 1. p. 87-94. 1993
- DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos.** Roma: FAO. 1977. 194 p. (boletim técnico n. 24).
- KATUL, G. G., CUENCA, R. H., GREBET, P. et al Extratos de dissertação de Mestrado. **Analysis of evaporative flux data for various climates.** Corvallis, Oregon State University. 1990. 19 p.
- MATZENAUER, R., WESTPHALEN, S. L., BERGAMASCHI, H. et al. Evapotranspiração do milho (*Zea mays*) e sua relação com a evaporação do tanque "classe A". **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 273-295. 1981.
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal society of London.** Série A, London, v. 193, p. 120-145, 1948.
- PETERSEN, H. B. Water relationships and irrigation. in: HANSON, C. H. (ed.) . **Alfalfa science and technology**, Madison, Society of Agronomy Publishers. p. 469-480. 1972.
- SANTOS, A. O. **Evapotranspiração máxima da alfafa na Depressão Central do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 106 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993.
- SAIBRO, J. C. Produção de alfafa no Rio Grande do Sul in: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 1985, Piracicaba, SP. **Resumos...**, Piracicaba, FEALQ, 1985. 250 p., p. 61 - 106.
- WRIGHT, J. L. Daily and seasonal evapotranspiration and yield of irrigated alfalfa in southern Idaho. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 662-669. 1988.