

RELAÇÕES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA DO GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.) COM A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E COM A RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL

RONALDO MATZÉNAUER¹, JAIME RICARDO TAVARES MALUF², ARISTIDES CÂMARA BUENO³

RESUMO - A baixa disponibilidade hídrica é um dos fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento das culturas de verão no Rio Grande do Sul. Estudos visando a determinação de coeficientes de estimativa das necessidades hídricas são importantes para a recomendação de irrigação buscando minimizar o problema. Com este objetivo, relacionou-se a evapotranspiração máxima da cultura do girassol (ET_m) com a evapotranspiração de referência (ET_o) e com a radiação solar global (R_s), para obtenção das razões ET_m/ET_o (coeficiente K_{c1}) e ET_m/R_s (coeficiente K_{c2}), em diferentes subperíodos da cultura. O trabalho foi desenvolvido no Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari/RS (29°48' de latitude Sul, 51°49' de longitude Oeste e 76 m de altitude), durante os anos agrícolas 1987/88, 1989/90, 1990/91 e 1991/92. A razão ET_m/ET_o média no ciclo total (da sementeira até a maturação fisiológica) foi de 0,77, enquanto que, para a razão ET_m/R_s, o valor médio foi de 0,48. O subperíodo onde foram verificados os maiores valores para os dois coeficientes, foi do início ao final da floração, com valores médios de 1,12 e 0,71, respectivamente, para K_{c1} e K_{c2}.

Palavras-chave: agrometeorologia, relações hídricas.

EVAPOTRANSPIRATION OF SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) AND ITS RELATIONSHIP WITH THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION AND GLOBAL SOLAR RADIATION

ABSTRACT - Low water availability is a limiting factor for growth and development of summer crops in Rio Grande do Sul State, Brazil. Studies aiming to determine crop coefficients for water requirements are important for water supply recommendation. The objective of this study was to determine the maximum evapotranspiration of sunflower (ET_m) in relation to the reference evapotranspiration (ET_o) and with solar radiation (R_s), to obtain the ratios ET_m/ET_o (K_{c1} coefficient) and ET_m/R_s (K_{c2} coefficient), at different crop stages. Field experiments were carried out at Centro de Pesquisa de Fruticultura, in Taquari, 29°48'S latitude, 51°49'W longitude and 76 m of altitude, during 1987/88, 1989/90, 1990/91 and 1991/92 crop seasons. The average ratio ET_m/ET_o for the whole crop cycle (from sowing to physiological maturity) was 0.77, while the average ratio ET_m/R_s was 0.48 for the same period. The highest average values of crop coefficients occurred during flowering period with average values of 1.12 and 0.71, respectively, for K_{c1} and K_{c2}.

Key words: agrometeorology, water relations.

INTRODUÇÃO

Diversos trabalhos indicam que a baixa disponibilidade hídrica, provocada pela baixa quantidade e (ou) má distribuição das chuvas, é o principal fator limitante ao rendimento das principais culturas de primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul (BERLATO, 1987; MOTA et al., 1991; FARIAS et al., 1993; MATZÉNAUER et al., 1995; MOTA et al., 1996). ÁVILA et al. (1996) mostraram que a probabilidade de a precipitação

pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em praticamente todo o Estado, é inferior a 60%, o que determina alta frequência de ocorrência de deficiências hídricas e conseqüentes quebras de safras nas principais culturas de grãos.

FARIAS et al. (1993) citam que o Rio Grande do Sul é o estado da Região Sul que tem apresentado os maiores prejuízos devido às secas. Segundo os autores, nos anos de 1979, 1986, 1988 e 1991 verificaram-se perdas na produção de soja

1. Eng. Agr., Dr. Pesquisador da Equipe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT. Rua Gonçalves Dias, 570, 90130-060 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.
2. Eng. Agr., M.Sc. - Pesquisador do CNTP/EMBRAPA. 99001-970 Passo Fundo, RS.
3. Eng. Agr., - Pesquisador da Equipe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT.
Recebido para publicação em 12/07/1999

na ordem de 38, 36, 37 e 58 %, respectivamente, em relação a anos imediatamente anteriores ou posteriores, em que as condições de disponibilidade hídrica não eram adversas.

O desenvolvimento de metodologias, visando a estimativa confiável das necessidades de água das culturas, constitui-se em uma linha de pesquisa de fundamental importância para o melhor entendimento das relações no sistema solo-água-planta-atmosfera, para o planejamento da época de semeadura, para a elaboração de projetos de irrigação e para o aperfeiçoamento de zoneamentos agroclimáticos.

Diversos pesquisadores têm relacionado a evapotranspiração de culturas com elementos meteorológicos ou métodos de estimativa da evaporação e ou evapotranspiração. Os trabalhos mais encontrados na bibliografia são com o tanque de evaporação classe A, com a radiação solar global e com a evapotranspiração de referência calculada pela equação de Penman (DENMEAD e SHAW, 1959; DOSS et al., 1962; LOMAS et al., 1974; ASSIS, 1978; MATZENAUER, 1980; MATZENAUER et al., 1983; BERLATO et al., 1986; CUNHA, 1991; MATZENAUER, 1992; OLIVEIRA et al., 1993; SANTOS, 1993; MATZENAUER et al., 1998 a).

CUNHA (1991) e SANTOS (1993) testaram nove métodos para estimativa da evapotranspiração da alfafa, para as condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Concluíram que o método de Penman, com saldo de radiação estimado a partir de uma função ajustada sobre a própria cultura, esteve entre os que apresentaram melhor desempenho para estimar a evapotranspiração da cultura.

ASSIS (1978) relacionou a evapotranspiração medida em lisímetros gramados com a evaporação calculada pela fórmula de Penman. Ele observou que, na maioria das vezes, a evaporação subestimou a evapotranspiração medida, atribuindo os resultados a um efeito local de advecção que não é computado pela fórmula de cálculo utilizada.

A principal fonte de energia para o processo da evaporação é a radiação solar (JENSEN, 1973). Segundo CHANG (1968), a evapotranspiração é determinada, principalmente, pelo saldo de radiação, havendo uma forte correlação entre o saldo de radiação e a radiação global. MATZENAUER et al. (1998 a) relacionaram a ET_m do milho com a radiação solar global, em três épocas de semeadura, encontrando valores médios no ciclo completo da

cultura que variaram entre 0,45 e 0,51.

O presente trabalho teve como objetivos determinar as relações entre a evapotranspiração máxima da cultura do girassol (ET_m) com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

As relações entre a evapotranspiração máxima da cultura do girassol (ET_m) com a evapotranspiração de referência (ET_o) e com a radiação solar global (R_s) foram obtidas a partir de uma série de quatro experimentos conduzidos durante os anos agrícolas 1987/88, 1989/90, 1990/91 e 1991/92. Os experimentos foram conduzidos no Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/SCT), localizado na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, município de Taquari, a 76 m de altitude, 29°48' de latitude Sul e 51°49' de longitude Oeste. O solo do Centro é classificado como Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico de textura argilosa e relevo suave ondulado. O clima da região, segundo classificação climática de Köppen, é subtropical úmido de verão quente, do tipo fundamental Cfa.

O potencial matricial da água no solo foi medido com tensiômetros de vacuômetro, instalados no interior de evapotranspirômetros nas profundidades de 0,15, 0,30 e 0,45m. Sempre que o potencial matricial da água atingia valores entre -0,04 e -0,06 MPa, era feita suplementação hídrica através da irrigação, utilizando-se aspersores na área tampão e regadores manuais nos evapotranspirômetros.

A evapotranspiração máxima da cultura foi determinada a campo, utilizando-se um conjunto de evapotranspirômetros de drenagem do tipo Thornthwaite-Mather. Demais informações sobre a metodologia podem ser obtidas em MATZENAUER et al. (1998b).

O coeficiente K_{c1} é sinônimo de coeficiente de cultura, sendo que a razão (ET_m/R_s) é denominada apenas de coeficiente K_{c2}, conforme as expressões:

$$K_{c1} = ET_m/ET_o \quad (1)$$

$$K_{c2} = ET_m/R_s \quad (2)$$

Os coeficientes foram determinados nos seguintes subperíodos: da semeadura até 10 dias

RESULTADOS E DISCUSSÃO

após a emergência (S-10E), caracterizado, neste trabalho, como período de estabelecimento da cultura; 10E até 40 dias após a emergência, que coincide, aproximadamente, com a diferenciação do primórdio floral (10E-40E); 40E até início da floração (40E-IF); IF até final da floração (IF-FF); FF até a maturação fisiológica (FF - MF) e no ciclo completo (S-MF).

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de PENMAN (1956), onde:

$$ET_o = [(s / \gamma) R_n + E_a] [(s / \gamma) + 1]^{-1} \quad (3)$$

sendo S a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água versus temperatura do ar (kPa.°C⁻¹), γ a constante psicrométrica (kPa.°C⁻¹), R_n o saldo de radiação expresso em unidades de evaporação (mm) e E_a o termo aerodinâmico (mm), expresso pela função:

$$E_a = 2,63 (e_s - e) (0,5 + 0,537U_2) \quad (4)$$

sendo (e_s - e) o déficit de saturação de vapor d'água do ar (kPa) e U₂ a velocidade do vento a 2m de altura (m.s⁻¹). O saldo de radiação foi estimado pela função ajustada por BARNI (1994).

Os valores do coeficiente de cultura K_{c1} (razão

Os dados de radiação solar global foram registrados em um actinógrafo de rotação diária, do tipo Robitzsch, marca Fuess, instalado em uma estação meteorológica localizada ao lado do experimento, sendo transformados em milímetros de evaporação. Os dados de evapotranspiração de referência e de radiação solar foram determinados nos mesmos subperíodos acima especificados, para o cálculo das relações com a evapotranspiração da cultura.

Na Tabela 1 são apresentados os dados fenológicos do girassol, registrados a cada ano. Os dados de evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), de evapotranspiração de referência (ET_o), de radiação solar global (R_s) e das razões ET_m/ET_o (coeficiente K_{c1}) e ET_m/R_s (coeficiente K_{c2}), para os anos agrícolas de 1987/88, 1989/90, 1990/91 e 1991/92, são apresentados nas Tabelas 2 a 5, respectivamente, em diferentes subperíodos de desenvolvimento e no ciclo completo da cultura. Na Tabela 6, são apresentados os valores médios dos quatro anos e, na Tabela 7, os valores dos desvios padrões para os dois coeficientes

ET_m/ET_o), para o ciclo completo do girassol, variaram de 0,73 a 0,89, com uma média, nos quatro anos, de 0,77. MATZENAUER et al. (1998 a) determinaram a razão ET_m/ET_o para três épocas de semeadura do milho, encontrando valores que variaram de 0,74 a 0,84, portanto, semelhantes aos determinados neste trabalho.

O coeficiente de cultura K_{c1} apresentou valores mais baixos durante os dois primeiros subperíodos que englobam o estabelecimento da cultura (S-10E) e o período vegetativo (10E-40E), com uma média nos quatro anos de 0,43 e 0,65, respectivamente. Os valores mais elevados do coeficiente foram observados durante os subperíodos 40E-IF e IF-FF, que englobam o final do período vegetativo e a floração, com valores médios, respectivamente, de 0,91 e 1,12. No final do ciclo, durante o subperíodo FF-MF, o valor médio do coeficiente foi de 0,82. Estes resultados estão de acordo com os dados obtidos por RITCHIE e BURNETT (1971), os quais relatam que o coeficiente de cultura aumenta com o incremento do IAF. Segundo CAMARGO e PEREIRA (1990),

TABELA 1 - Datas de ocorrência das fases fenológicas do girassol. Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari, RS, 1987/88 -1991/92

Fases	Ano			
	1987/88	1989/90	1990/91	1991/92
Semeadura	29/09	17/10	01/10	16/10
Emergência	09/10	24/10	08/10	23/10
Início da floração	04/12	18/12	07/12	19/12
Final da floração	16/12	30/12	20/12	31/12
Maturação fisiológica	10/01	23/01	12/01	23/01

em termos práticos, o K_c pode ser considerado como uma função da porcentagem de cobertura do terreno pela folhagem da cultura.

A variação encontrada nos coeficientes, de ano para ano (Tabelas 2 a 5), é esperada, considerando-se que a variabilidade anual das variáveis meteorológicas determinantes da demanda evaporativa da atmosfera, exercem influência semelhante sobre a perda de água de superfícies

vegetadas e sobre a evaporação de superfície de água. Como a ET_m de culturas depende da demanda evaporativa da atmosfera e das características de cada cultura, as variações observadas são devidas também, a diferenças de crescimento e desenvolvimento das plantas que ocorreram entre os anos, em função das variações dos elementos meteorológicos que afetam a cultura, e das práticas culturais.

TABELA 2 - Evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração de referência (ET_o), radiação solar global (R_s) e coeficientes K_{c_1} (ET_m/ET_o) e K_{c_2} (ET_m/R_s), em diferentes subperíodos e no ciclo do girassol. Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari, RS, 1987/88

Subperíodos ¹	duração (dias)	ET_m (mm)		ET_o (mm) média diária	R_s (mm) média diária	K_{c_1}	K_{c_2} S -
		Total	média diária				
10E	20	31,8	1,6	4,4	7,5	0,36	0,22
10E - 40E	30	97,5	3,3	4,7	7,8	0,69	0,42
40E - IF	16	77,7	4,9	5,5	8,7	0,90	0,57
IF - FF	12	74,7	6,2	6,3	9,9	0,90	0,63
FF - MF	25	112,2	4,5	5,7	9,4	0,78	0,48
S - MF	103	393,9	3,8	5,2	8,5	0,73	0,45

¹ S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; 40E - 40 dias após a emergência; IF - início da floração; FF - final da floração; MF - maturação fisiológica. Semeadura - 29/09/1987.

TABELA 3 - Evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração de referência (ET_o), radiação solar global (R_s) e coeficientes K_{c_1} (ET_m/ET_o) e K_{c_2} (ET_m/R_s), em diferentes subperíodos e no ciclo do girassol. Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari, RS, 1989/90

Subperíodos ¹	duração (dias)	ET_m (mm)		média diária	ET_o (mm) média diária	R_s (mm) média diária	K_{c_1}	K_{c_2}
		Total	média diária					
S - 10E	17	40,4	2,4	5,1	8,4	0,46	0,28	
10E - 40E	30	135,2	4,5	5,7	9,2	0,79	0,49	
40E - IF	15	92,3	6,1	6,2	9,4	1,00	0,66	
IF - FF	12	83,8	7,0	6,3	9,9	1,12	0,71	
FF - MF	24	136,8	5,7	5,1	8,4	1,10	0,68	
S - MF	98	488,5	5,0	5,6	9,0	0,89	0,56	

¹ S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; 40E - 40 dias após a emergência; IF - início da floração; FF - final da floração; MF - maturação fisiológica. Semeadura - 17/10/1989.

TABELA 4- Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar global (Rs) e coeficientes Kc₁ (ETm/ETo) e Kc₂ (ETm/Rs), em diferentes subperíodos e no ciclo do girassol. Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari, RS, 1990/91

Subperíodos ¹	duração (dias)	ETm (mm)		ETo (mm)		Rs (mm)	
		Total	média diária	média diária	média diária	Kc ₁	Kc ₂
S - 10E	17	32,3	1,9	3,6	5,9	0,53	0,32
10E - 40E	30	63,8	2,1	4,0	6,2	0,53	0,34
40E - IF	20	93,4	4,7	5,8	9,0	0,81	0,52
IF - FF	13	78,0	6,0	5,5	8,6	1,09	0,70
FF - MF	23	104,0	4,5	6,0	9,3	0,75	0,48
S - MF	103	371,5	3,6	4,9	7,7	0,73	0,47

¹S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; 40E - 40 dias após a emergência; IF - início da floração; FF - final da floração; MF - maturação fisiológica. Semeadura - 01/10/1990.

TABELA 5- Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar global (Rs) e coeficientes Kc₁ (ETm/ETo) e Kc₂ (ETm/Rs), em diferentes subperíodos e no ciclo do girassol. Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari, RS, 1991/92

Subperíodos ¹	duração (dias)	ETm (mm)		ETo (mm)		Rs (mm)	
		Total	média diária	média diária	média diária	Kc ₁	Kc ₂
S - 10E	17	29,0	1,7	4,4	6,9	0,39	0,25
10E - 40E	30	83,1	2,8	5,1	8,3	0,55	0,34
40E - IF	17	89,6	5,3	5,1	8,2	1,04	0,65
IF - FF	12	76,8	6,4	4,9	7,9	1,30	0,81
FF - MF	23	98,9	4,3	6,0	9,6	0,72	0,45
S - MF	99	377,4	3,8	5,2	8,3	0,74	0,46

¹S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; 40E - 40 dias após a emergência; IF - início da floração; FF - final da floração; MF - maturação fisiológica. Semeadura - 16/10/1991.

Os valores do coeficiente Kc₂ (razão ETm/Rs), para o ciclo completo do girassol, variaram de 0,45 a 0,56, com uma média, nos quatro anos de 0,48, indicando que, durante o ciclo completo de desenvolvimento da cultura, em média, 48 % da radiação solar global foi utilizada no processo de evapotranspiração. Para a cultura do milho, MATZENAUER et al. (1998 a) encontraram valores que variaram de 0,45 a 0,51 durante o ciclo completo, para três épocas de semeadura. Estes resultados indicam que a quantidade de radiação solar global utilizada no processo de

evapotranspiração é semelhante para as duas culturas.

Da mesma forma que a razão ETm/ETo, o coeficiente Kc₂ apresentou valores mais baixos durante os dois primeiros subperíodos (S-10E e 10E-40E), com uma média nos quatro anos de 0,26 e 0,41, respectivamente, sendo os valores mais elevados também registrados durante os subperíodos 40E-IF e IF-FF, com valores médios de 0,59 e 0,71, respectivamente. No final do ciclo, durante o subperíodo FF-MF, o valor foi de 0,51.

TABELA 6 - Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar global (Rs) e coeficientes Kc₁ (ETm/ETo) e Kc₂ (ETm/Rs), em diferentes subperíodos e no ciclo do girassol. Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari, RS. Valores médios do período 1987/88-1990/91

Subperíodos ¹	duração (dias)	ETm (mm)		ETo (mm)		Rs (mm)	
		Total	média diária	média diária	média diária	Kc ₁	Kc ₂
S - 10E	18	33,4	1,9	4,4	7,7	0,43	0,26
10E - 40E	30	95,0	3,2	4,9	7,9	0,65	0,41
40E - IF	17	88,3	5,2	5,7	8,8	0,91	0,59
IF - FF	12	78,3	6,5	5,8	9,1	1,12	0,71
FF - MF	24	113,0	4,7	5,7	9,2	0,82	0,51
S - MF	101	408,0	4,0	5,2	8,4	0,77	0,48

¹ S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; 40E - 40 dias após a emergência; IF - início da floração; FF - final da floração; MF - maturação fisiológica.

TABELA 7 - Desvio padrão dos coeficientes Kc₁ e Kc₂

Subperíodos ¹	Desvio Padrão	
	Kc ₁	Kc ₂
S - 10E	0,076	0,044
10E - 40E	0,123	0,074
40E - IF	0,108	0,068
IF - FF	0,165	0,074
FF - MF	0,178	0,107
S - MF	0,078	0,051

¹ S - semeadura; 10E - 10 dias após a emergência; 40E - 40 dias após a emergência; IF - início da floração; FF - final da floração; MF - maturação fisiológica.

Os resultados alcançados podem ser considerados representativos, levando-se em conta que são médias de quatro anos de experimentação, podendo ser utilizados para o planejamento e manejo de lavouras irrigadas, estabelecimento de épocas de semeadura e como subsídio à elaboração, aperfeiçoamento e refinamento de zoneamentos agroclimáticos.

CONCLUSÕES

As relações entre a evapotranspiração máxima da cultura do girassol com a evapotranspiração de referência, calculada pelo método de Penman (coeficiente de cultura Kc₁), e com a radiação solar global (coeficiente Kc₂), determinadas neste trabalho, são representativas, levando-se em conta que são médias de um período agrícola de quatro anos.

O subperíodo onde foram verificados os maiores valores para os dois coeficientes, foi durante a floração, com um valor médio, no ciclo completo de 1,12 e 0,71, respectivamente para Kc₁ e Kc₂.

A evapotranspiração máxima do girassol pode ser estimada para diferentes anos e localidades do Rio Grande do Sul, utilizando-se os coeficientes Kc₁ e Kc₂ médios derivados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, A. M.H. de; BERLATO, M.A.; SILVA, J.B. da et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.2, n.2, p.149-154, 1996.

- ASSIS, F.N. O uso do evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre evapotranspiração medida e estimada. Piracicaba, 1978. 69p. Dissertação (Mestrado) - Agrometeorologia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz/USP, 1978.
- BARNI, N.A. Modelos de crescimento, desenvolvimento e rendimento do girassol em função da radiação global, temperatura e disponibilidade hídrica. Porto Alegre, 1994. 249 p. Tese (Doutorado) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1994.
- BERLATO, M.A. Modelo de relação entre o rendimento de grãos da soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul. São José dos Campos, 1987. 93p. Tese (Doutorado) - Meteorologia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque "Classe A" e radiação solar global. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.22, n.2, p.251-59, 1986.
- CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. Prescrição de rega por modelo climatológico. Campinas: Fundação Cargill, 1990. 27p. (Série Técnico Científica, 170).
- CHANG, Jen-Hu. Climate and agriculture: an ecological survey. Chicago: Aldine, 1968. 30p.
- CUNHA, G.R. Evapotranspiração e função de resposta à disponibilidade hídrica em alfafa. Porto Alegre, 1991. 198 p. Tese (Doutorado) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1991.
- DENMEAD, O.T.; SHAW, R.H. Evapotranspiration in relation to the development of the corn crop. *Agronomy Journal*, Madison, v.51, p.725-726, 1959.
- DOSS, B.D.; BENNET, O.L.; ASHLEY, D.A. Evapotranspiration by irrigated corn. *Agronomy Journal*, Madison, v.54, p.497-498, 1962.
- FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Impactos da seca na produção de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 20, 1992. Chapecó, Ata e Resumos ... Chapecó: EPAGRI, 1993. p.186.
- JENSEN, M.E. Consumptive use of water and irrigation water requirements. New York: American Society of Civil Engineers, 1973. 215p
- LOMAS, J.; SCHLESINGER, E.; LEWIN, J. Effects of environmental and crop factors on the evapotranspiration rate and water-use efficiency of maize. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v. 13, p. 239-251, 1974.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração do milho (*Zea mays* L.) e suas relações com fórmulas e parâmetros meteorológicos. Porto Alegre, 1980. 128 p. Dissertação (Mestrado) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1980.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura: In: BERGAMASCHI, H. (Coord.), *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1992. p. 33-47.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. et al. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.3, 1995.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J.R.T. Evapotranspiração da cultura do milho. II: relações com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998a.
- MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; BUENO, A.C. Evapotranspiração da cultura do girassol e sua relação com a evaporação do tanque classe "A". *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v.4, n.2, p.107-112, 1998b.
- MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L.; BERGAMASCHI, H. Relações entre a evapotranspiração do milho e as fórmulas de Penman e Thornthwaite. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.11, p.1207-1214, 1983.
- MOTA, F.S.; AGENDES, M.O.O.; SILVA, J.B. et al. Risco de seca para a cultura da soja em diferentes regiões climáticas e unidades de solo do Estado do Rio Grande do Sul. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v.44, n.394, p.11-14, 27-30, 1991.
- MOTA, F.S.; AGENDES, M.O.O.; ALVES, E.G.P. et al. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.4, n.1, p.133-138, 1996.
- OLIVEIRA, F.A.; SANTANA E SILVA, J.J.; CAMPOS, T.G.S. Evapotranspiração e desenvolvimento radicular do milho irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, p.1407-1415, 1993.
- PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. *Netherland Journal of Agricultural Science*, Wageningen, v.4, p.9-29, 1956.
- RITCHIE, J.T.; BURNETT, E. Dryland evaporative flux in a subumid climate: II. Plant influences. *Agronomy Journal*, Madison, v.63, p.56-72, 1971.
- SANTOS, A.O. Evapotranspiração máxima da alfafa na Depressão Central do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1993. 106 p. Dissertação (Mestrado) - Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1993.