

ISSN 0104-1347

DIFERENÇA DE TEMPERATURA DOSSEL-AR COMO UM INDICADOR DE DÉFICIT HÍDRICO EM MILHO¹

CANOPY-AIR TEMPERATURE DIFFERENCE AS AN INDICATOR OF WATER DEFICIT IN MAIZE

João Ito Bergonci², Homero Bergamaschi³, Lúcia Rebello Dillenburg⁴, Antônio Odair Santos⁵

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, no ano agrícola de 1993/94, com o objetivo de avaliar a diferença de temperatura dossel-ar como indicador de déficit hídrico em milho. O experimento constou de três níveis de disponibilidade de água, resultantes de diferentes lâminas de irrigação. Os resultados obtidos mostraram que a diferença de temperatura dossel-ar foi sensível ao déficit hídrico, apresentando valores de até 6°C entre o tratamento irrigado e não irrigado. Além disso, a diferença de temperatura dossel-ar medida às 15 horas, em dias ensolarados, correlacionou-se com o potencial mínimo da água na folha ($r^2=0,85$). Os resultados obtidos, permitem concluir que a diferença de temperatura dossel-ar pode ser utilizada como um indicador de déficit hídrico em milho.

Palavras-chave: temperatura foliar, potencial da água na folha, relações hídricas.

SUMMARY

This study was carried out in the Agronomic Experimental Station of the Federal University of Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), in Eldorado do Sul, in the agricultural year of 1993/94, with the purpose to evaluate the canopy to air temperature difference as an indicator of water deficit in maize. The experiment consisted of three levels of water availability as function of different levels of irrigation. The results show that canopy-air temperature differences were sensitive to water deficit with differences to up to 6°C between

irrigated and non-irrigated treatments. The canopy-air temperature differences measured at 15:00 hours, in sunny days, showed a strong relationship with the minimum leaf water potential ($r^2=0,85$). The results obtained indicate that the canopy-air temperature difference can be used as an indicator of water deficit in maize.

Key words: leaf temperature, leaf water potential, water relations.

INTRODUÇÃO

Entre as culturas de interesse para o Estado do Rio Grande do Sul, destaca-se o milho cuja demanda é crescente, devido principalmente à expansão de atividades ligadas à criação de animais. É uma cultura cujo rendimento de grãos apresenta alta variabilidade, devido à ocorrência de déficits hídricos, causados pelas variações da precipitação pluvial.

A respeito da temperatura foliar, TANNER (1963) escreveu: "considerações sobre o balanço de energia mostram que, se a transpiração decresce, mas o balanço de radiação e a estrutura do vento se mantêm os mesmos, o decréscimo da troca de calor latente resultará num aumento da temperatura da folha". Sabe-se que o déficit hídrico causa um maior ou menor fechamento estomático, que, por sua vez, provoca aumento da temperatura da folha, uma vez que não há dissipação suficiente de calor através do processo transpiratório.

Numerosos trabalhos têm utilizado a diferença de temperatura folha-ar ou, simplesmente, a temperatura foliar como indicador de estresse hídrico em diferentes culturas e, até mesmo como critério para

¹ Parte da tese de doutorado do primeiro autor. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Agronomia - UFRGS.

² Biólogo Dr. Prof. Adj. Dep. Botânica, UFRGS, Rua Paulo Gama s/n Porto Alegre-RS CEP 90043-900.

³ Eng. Agr. Dr. Prof. Adj. Faculdade de Agronomia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, Porto Alegre-RS - CEP: 91540-000. Bolsista do CNPq.

⁴ Eng. Agr. Dra. Profa. Adj. Dep. Botânica, UFRGS, Rua Paulo Gama s/n, Porto Alegre-RS CEP: 90043-900. Bolsista do CNPq.

⁵ Eng. Agr. M.Sc. IAC, Seção de Climatologia Agrícola, Campinas-SP - Caixa Postal 28- CEP: 13001-970.

irrigação (CLAWSON & BLAD, 1982; GARROT JÚNIOR *et al.*, 1994). IDSO *et al.* (1977) foram os primeiros a demonstrar que a diferença de temperatura entre a planta e o ar, chamada de "grau de estresse diário", pode ser utilizada como uma medida da condição hídrica da cultura.

Para fins de irrigação em algodoeiro, WANJURA *et al.* (1995) utilizaram um limiar de temperatura e tempo, considerado como a duração do período durante o qual a temperatura da folha excedia 28°C, para dias em que a temperatura do ar era maior do que 28°C e a radiação total excedia 500W m⁻². Utilizando a temperatura foliar do milho como critério de irrigação, CLAWSON & BLAD (1982) chegaram à conclusão de que a planta estava bem suprida de água quando a média das diferenças de temperatura entre as plantas mantidas na capacidade de campo e as demais não excedia a 0,8°C. Para BURKE & UPCHURCH (1989), a transpiração em algodoeiro mantém a folha com temperatura inferior a 32°C e isto reflete uma resposta térmica do estômato, relacionada com a temperatura ótima para a atividade enzimática das folhas.

A temperatura foliar e/ou a diferença de temperatura folha-ar foram relacionadas, por diversos autores, com outros parâmetros que descrevem o estado hídrico da planta. EHRLER *et al.* (1978a) mostraram que, em trigo, à medida que aumenta o déficit de água, o potencial da água diminui progressivamente, ao mesmo tempo em que a diferença de temperatura entre a folha e o ar diminui, chegando a zero às 14 horas com potencial da água de -1,19MPa. Estes mesmos autores (EHRLER *et al.*, 1978b), efetuando medições ao longo do dia, observaram uma estreita relação entre a diferença de temperatura entre a folha e o ar e o potencial da água foliar em todos os horários; em outras palavras, com os menores potenciais a diferença de temperatura foi positiva e, com os maiores, a mesma foi negativa ou pouco positiva, principalmente nas horas de maior radiação. PANDEY *et al.* (1984) mostraram que, em quatro leguminosas, o potencial da água na folha é estreitamente relacionado com a temperatura do dossel. O aumento do déficit hídrico promoveu decréscimo do potencial da água foliar e aumento da diferença de temperatura entre o dossel e o ar, observando, em geral, uma relação linear entre estes dois parâmetros.

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o déficit hídrico em milho através da diferença de temperatura dossel-ar e relacionar este parâmetro com o potencial da água na folha mínimo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento de campo no ano agrícola de 1993/94, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), situada no município de

Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul (30°06'S, 51°39'W, altitude 46m). O clima da Estação é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen, isto é, subtropical úmido de verão quente (BERGAMASCHI & GUADAGNIN, 1990).

O delineamento experimental foi em faixas com cinco repetições, considerando que um sistema de aspersão em linhas não permite casualização para o fator água (HANKS *et al.*, 1980). A área ocupada pelo experimento foi de 4800m² com dimensões de 80 x 60m, no centro da qual estava instalado um lisímetro de pesagem com 5,1m² e resolução de 0,1mm. Cada bloco foi constituído por cinco parcelas de 16m de comprimento por 3m de largura, comportando, desta forma, quatro fileiras de milho.

Foram utilizadas sementes de milho, híbrido Pionner 3230, semeadas em linhas, com orientação leste-oeste. A semeadura foi realizada no dia 28 de outubro, a uma profundidade de 5 a 7cm, com espaçamento de 75cm entre linhas e 20cm na linha, o que corresponde a 66.600 plantas por hectare.

A adubação foi efetuada no dia 8 de outubro de 1993, com: 150kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de super fosfato triplo; 120kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio e 40kg. ha⁻¹ de nitrogênio sob a forma de uréia. Posteriormente, foram feitas duas aplicações de 40kg. ha⁻¹ de nitrogênio, também sob a forma de uréia, quando as plantas apresentavam entre 40 e 50cm e no emborrachamento.

O sistema de irrigação utilizado foi por aspersão em linha, constituído por 12 aspersores (marca Perrot), colocados na direção longitudinal (leste-oeste), a 3m de altura e com espaçamento de 6m entre os mesmos, conforme metodologia descrita por HANKS *et al.* (1976). Para cada lado da linha de aspersores foram aplicados os tratamentos, cada um correspondendo a quatro filas de plantas (3m de largura). Os tratamentos aplicados foram: I3 com solo mantido próximo à capacidade de campo, monitorado através de tensiômetros e lisímetro, sendo a irrigação efetuada quando os tensiômetros instalados a 45cm de profundidade registravam o potencial matricial de -0,05 MPa; I2 com dose de rega de 77% em relação a I3; e I0 sem irrigação. A determinação da quantidade de água aplicada, em cada nível, foi feita através de um conjunto de potes coletores com 162,86cm² de superfície colocados nas duas entre-linhas centrais de cada parcela. A fim de quantificar a água aplicada marcou-se o tempo de irrigação, sendo a aferição feita logo após a colheita, para evitar erros devido ao fato das plantas atuarem como anteparo. Por pesagem do lisímetro, antes e depois de cada rega, foi controlada a dose de rega nos tratamentos com solo na capacidade de campo. As quantidades de água aplicada, bem como a precipitação pluvial ocorrida no período experimental são apresentadas na Tabela 1.

A diferença de temperatura entre o dossel e o

Tabela 1. Quantidades de água aplicada correspondente ao tratamento em capacidade de campo e precipitação pluviométrica durante o período experimental. Eldorado do Sul, RS.

Data	Irrigação (mm)	Precipitação pluviométrica (mm)
04/01/94	26	-
07/01/94	20	-
08/01/94	-	12,6
09/01/94	-	15,8
14/01/94	30	-
18/01/94	12	-
21/01/94	19	-
23/01/94	-	1,0
24/01/94	-	17,6
24/01/94	-	20,4
25/01/94	-	-
01/02/94	41	-
02/02/94	-	30,0

ar foram medidas com termômetro de infravermelho, com campo de visão de 5°C e resolução de 0,1°C (Telatemp, modelo AG-42), com intervalo de duas horas a partir das 6h, encerrando-se às 20h. Foram feitas três repetições, com o termômetro posicionado a favor dos raios solares, de modo a formar um ângulo de aproximadamente 45° em relação ao solo e a uma distância de 50 a 60cm da planta, a fim de que o campo de visão do aparelho captasse somente a temperatura do dossel (FAVER & O'TOOLE, 1989; GARDNER et al. 1992a).

O potencial da água na folha foi medido em câmara de pressão (Soil Moisture), conforme descrito por BOYER (1967). Para cada tratamento foram feitas três repetições.

Em todos os tratamentos, as avaliações foram efetuadas imediatamente após a expansão total do pendão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização climática dos dias em que foram efetuadas as avaliações encontram-se na Tabela 2, onde pode-se verificar que os dias 19 e 20 de janeiro foram os que apresentaram maior demanda evaporativa.

As diferenças de temperatura entre o dossel

e o ar, para alguns dias representativos, são apresentadas nas Figura 1. Através da mesma, ficam evidentes diferenças entre os tratamentos. Nos períodos mais quentes do dia e com menor disponibilidade de água no solo, a diferença de temperatura no tratamento não irrigado foi sempre positiva, indicando que as folhas se encontravam mais quentes do que o ar ambiente. Em dias com déficit não muito acentuado, as diferenças entre os tratamentos também foram evidentes, indicando que a planta, mesmo com pouca restrição de água, já diminuiu sua transpiração, acarretando um menor resfriamento foliar. Pode-se verificar que o curso diário da diferença de temperatura entre o dossel e o ar são similares em plantas estressadas e não estressadas, ou seja, nas horas de maior temperatura do ar e fluxo de energia, tanto as plantas estressadas quanto as bem supridas de água apresentaram os maiores valores de diferença de temperatura dossel-ar.

Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com vários trabalhos realizados nas duas últimas décadas. Em geral, estes foram realizados com o intuito de fornecer resultados de temperatura foliar ou diferenças de temperatura dossel-ar que pudessem ser utilizados como indicadores de déficit hídrico em diversas culturas, entre as quais o milho (IDSO, 1982; HATTENDORF et al., 1988 e 1990; HUTMACHER et al., 1991; GARDNER et al., 1992a e 1992b; GARROT JÚNIOR et al., 1994).

Quando se compara diferenças de temperatura entre o dossel e o ar, em plantas irrigadas e não irrigadas, é importante analisar a diferença deste parâmetro entre os tratamentos a fim de verificar o quanto o mesmo é sensível ao déficit hídrico. Na Figura 2 está representada a diferença entre plantas irrigadas e não irrigadas, em termos de diferenças de temperatura entre o dossel e o ar. Nos dias 19 e 20 de janeiro de 1994, caracterizados como dias de alta temperatura e radiação solar, (Tabela 2) estas diferenças foram acentuadas, chegando a 6°C, o que indica a ocorrência de um forte déficit hídrico. Na mesma figura são apresentados os resultados do dia 3 de fevereiro de 1994, com déficit bastante acentuado, e do dia 26 de janeiro, com déficit pouco severo. Nesta última condição a diferença de temperatura entre os tratamentos é pequena. CLAWSON & BLAD (1982) obtiveram resultados semelhantes com temperaturas medidas às 14 horas em milho, concluindo que tais medições são

Tabela 2. Caracterização meteorológica dos dias 19, 20 e 26 de janeiro de 1994 e 3 de fevereiro de 1994, Eldorado do Sul, RS.

Data	T. média (°C)	T. máxima (°C)	T. mínima (°C)	U. Relativa (%)	Rad. solar (MJ. m ² . dia ⁻¹)	Vel. vento (m. s ⁻¹)
19/01/94	23,5	31,0	17,0	57	24,8	2,66
20/01/94	25,7	33,0	18,8	57	20,3	1,32
26/01/94	22,7	27,0	20,6	77	21,0	1,46
03/02/94	27,4	35,2	22,6	72	8,07	0,84

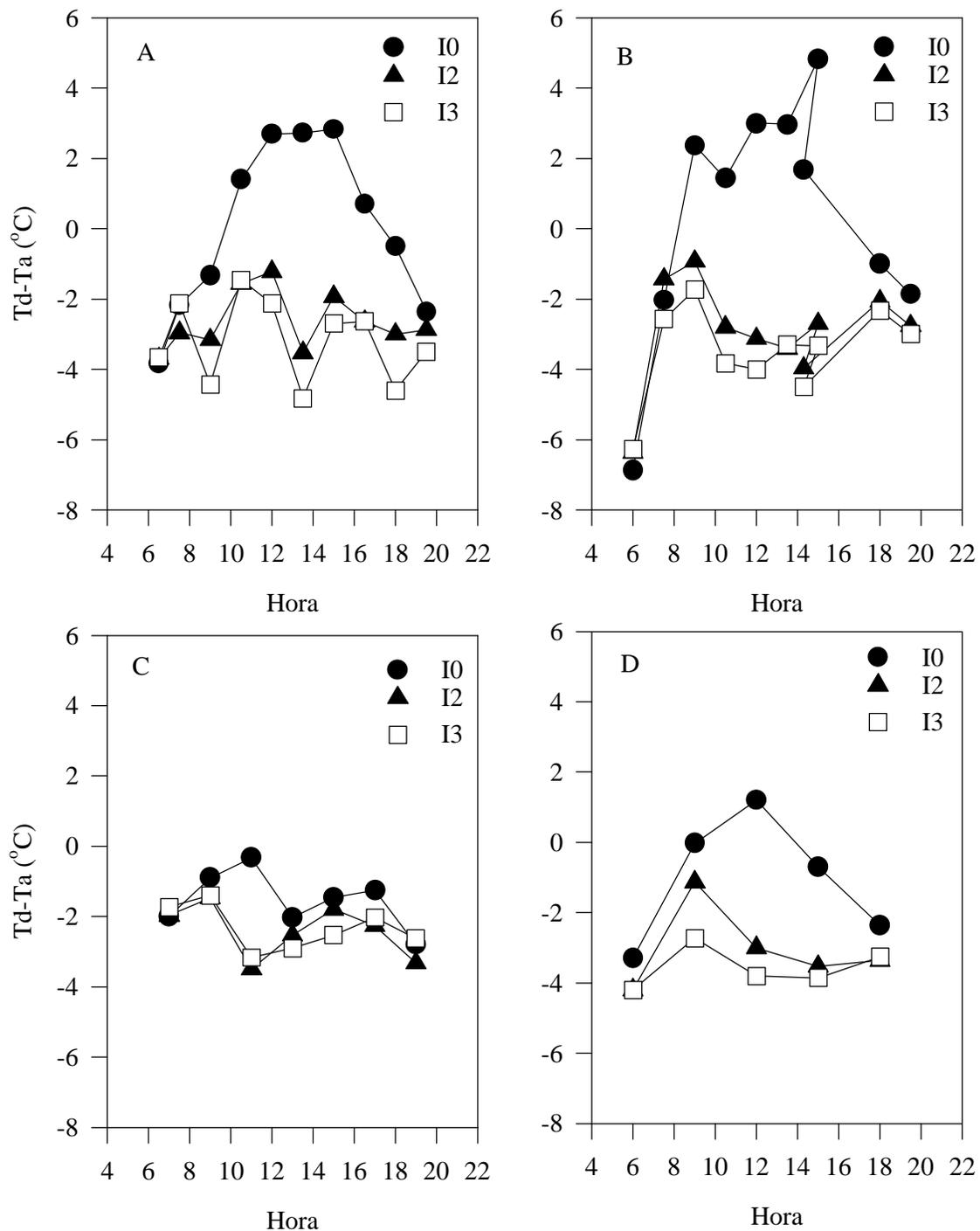


Figura 1. Diferença de temperatura entre o dossel e o ar ($T_d - T_a$), nos dias 19/1(A); 20/1 (B); 26/1 (C) e 3/2 (D) de 1994 em plantas de milho com o solo mantido próximo à capacidade de campo (I3), com dose de rega de 77% em relação a I3 (I2) e sem irrigação (I0). Eldorado do Sul, RS.

adequadas para indicar a severidade do déficit de água nesta cultura. No presente trabalho, as tendências são consistentes, indicando que a diferença de temperatura, entre plantas irrigadas e não irrigadas, reflete o

estado hídrico das mesmas.

Pelos resultados obtidos, a diferença de temperatura entre o dossel e o ar, medida entre as 10 e 14 horas, em dias claros, parece ser um indicador confiável

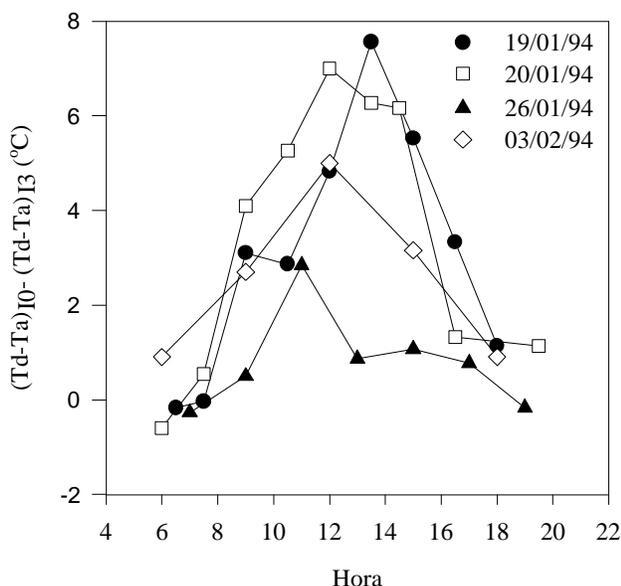


Figura 2. Diferença entre as diferenças de temperatura entre o dossel de plantas de milho irrigado para o não irrigado e o ar em alguns dias de 1994. Eldorado do Sul, RS.

de déficit hídrico em milho nas condições em que foi realizado o experimento, o que está de acordo com resultados anteriores com milho (CLAWSON & BLAD, 1982; GARDNER et al 1992a, 1992b) e outras culturas (CHAUDHURI et al., 1986; HUTMACHER et al., 1991; GARROT et al., 1994).

A relação entre o potencial da água na folha e a diferença de temperatura entre o dossel e o ar, para alguns dias representativos, é apresentada na Figura 3. Os resultados apresentados mostram que, em geral, à medida que diminui o potencial da água na folha, a diferença de temperatura entre o dossel e o ar aumenta. Os resultados obtidos no presente trabalho são confirmados por vários autores, que estudaram estas relações em diversas culturas (TURNER, 1974; DAVIES, 1977; PANDEY et al., 1984; PREMACHANDRA et al., 1992). Outros autores, contudo, não encontraram tal relação, como REICH & HINCKLEY (1989). Outro aspecto que chama atenção é o fato de que o aumento da diferença de temperatura dossel-ar, ao longo do dia, ser mais lento do que a diminuição do mesmo, portanto, ocorrendo um fenômeno de histerese. Este fenômeno é especialmente evidente em plantas estressadas, provavelmente, devido à abertura estomática que promove o resfriamento. Já em plantas sem limitação hídrica, tal fenômeno é menos evidente, uma vez que, os estômatos já se encontravam abertos. Através da Figura 3 observa-se que durante o resfriamento, com potenciais foliares iguais tem-se diferenças de temperatura diferentes, isto é, a queda da temperatura da folha é mais rápida do que a recu-

peração do potencial da água na mesma. Este fenômeno pode ser devido ao fato da planta possuir um certo armazenamento de água, a qual é transpirada com o conseqüente resfriamento foliar. A absorção de água neste período seria insuficiente para repor a água perdida na transpiração ao longo do dia. Além disso, outros fatores poderiam estar atuando, como a própria demanda evaporativa, sobretudo pela redução da radiação solar incidente durante a tarde.

Estabelecendo uma relação entre a temperatura foliar e o potencial da água na folha, medidos às 15 horas (Figura 4), quando os valores de potencial da água na folha são mínimos e as diferenças de temperatura dossel-ar máximas, observa-se uma estreita relação entre os mesmos. Em dias claros, a cultura é submetida a uma demanda atmosférica elevada (alta radiação, alta temperatura e alto déficit de pressão de vapor), entre 12 e 15 horas, promovendo redução na abertura estomática e diminuindo a transpiração, quando a extração de água pelas raízes é insuficiente. Esta diminuição da transpiração faz com que menos calor latente seja dissipado, acarretando aumento na temperatura foliar. Resultados semelhantes foram obtidos em trigo por EHRLER et al. (1978a), para potenciais da água na folha entre -0,1 e -2,5MPa. PANDEY et al. (1984), da mesma forma, obtiveram uma relação linear entre estes dois parâmetros, para quatro diferentes leguminosas, embora com índices de correlação diferentes, o que, segundo os autores, deve ser devido ao comportamento estomático diferenciado, entre as espécies, frente às condições ambientais. Outra possível causa apontada seria a capacidade de cada espécie em extrair água do solo, a qual depende do sistema radicular. Da mesma forma IDSO et al. (1981) e HUTMACHER et al. (1991) observaram que, à medida que diminuía o potencial da água na folha, a diferença de temperatura entre o dossel e o ar também diminuía, apresentando uma boa correlação entre estes parâmetros.

CONCLUSÕES

1. Nos períodos mais quentes do dia, a diferença de temperatura dossel-ar do tratamento não irrigado é positiva quando a demanda evaporativa é elevada, enquanto que no irrigado a mesma é sempre negativa, indicando neste caso, a ocorrência de um efetivo processo transpiratório.
2. A diferença de temperatura entre o dossel e o ar, medida entre as 10 e 14 horas, em dias claros, mostra-se um indicador confiável de déficit hídrico em milho.
3. A diferença de temperatura dossel-ar apresenta boa correlação com o potencial da água na folha.
4. A queda da diferença de temperatura dossel-ar é mais rápida do que a recuperação do potencial da

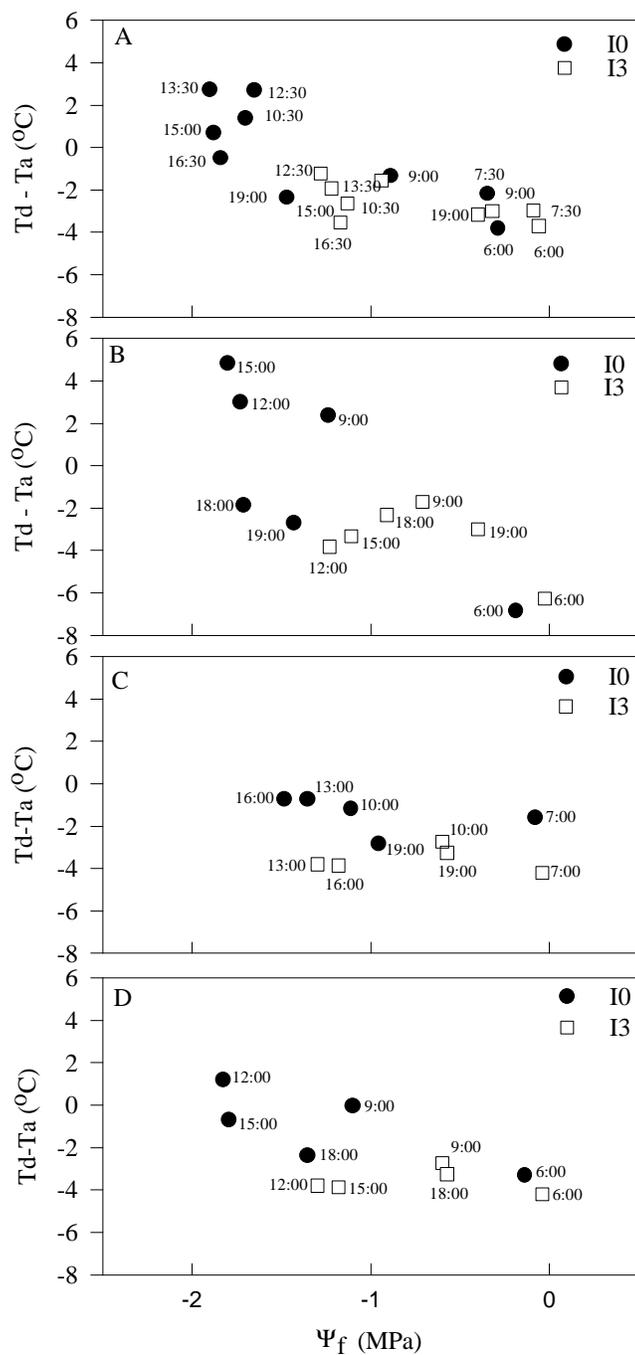


Figura 3. Relação entre o potencial da água na folha (Ψ_f) e a diferença de temperatura entre o dossel e o ar ($T_d - T_a$) em milho irrigado (I3) e não irrigado (I0) nos dias 19/1/94 (A), 20/1/94 (B), 26/1/94 (C) e 3/2/94 (D) em diferentes horários. Eldorado do Sul, RS.

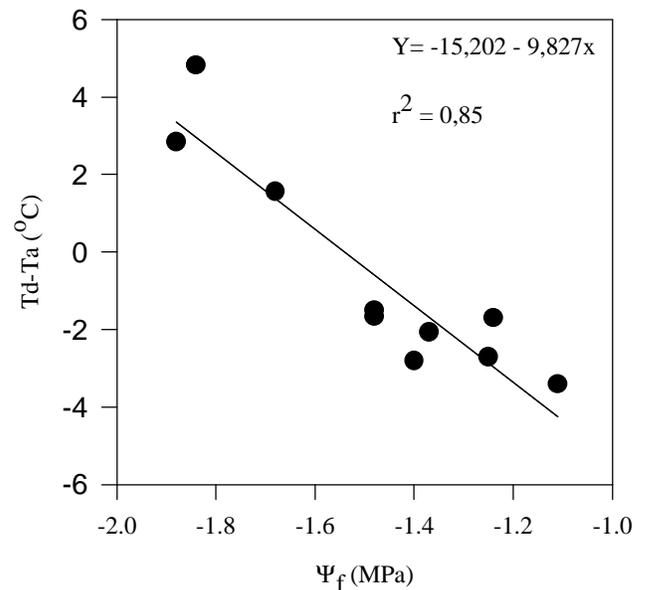


Figura 4. Relação entre a diferença de temperatura entre o dossel e o ar ($T_d - T_a$) e o potencial da água na folha (Ψ_f), às 15 horas em dias ensolarados, em milho. Eldorado do Sul, RS.

água na folha ao entardecer e o aumento da diferença de temperatura dossel-ar, ao longo do dia, é mais lento do que sua diminuição, ocorrendo um fenômeno de histerese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGAMASCHI, H., GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da estação experimental agrônômica/UFRGS**. Porto Alegre : UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1990, 60 p.
- BOYER, J.S. Leaf water potentials measured with a pressure chamber. **Plant Physiology**, Rockville, v. 42, n. 1, p. 213-217, 1967.
- BURKE, J.J., UPCHURCH, D.R. Leaf temperature and transpirational control in cotton. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 29, n. 4, p. 487-492, 1989.
- CHAUDHURI, U.N., DEATON, M.L., KANEMASU, E.T. et al. A procedure to select drought-tolerant sorghum and millet genotypes using canopy temperature and vapor pressure deficit. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 3, p. 490-494, 1986.
- CLAWSON, K.L., BLAD, B.L. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 2, p. 311-316, 1982.
- DAVIES, W.J. Stomatal responses to water stress and

- light in plants grown in controlled environments and in the field. **Crop Science**, Madison, v. 17, n. 5, p. 735-740, 1977.
- EHRLER, W.L., IDSO, S.B., JACKSON, R.D. et al. Wheat canopy temperature: relation to plant water potential. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 2, p. 251-256, 1978a.
- EHRLER, W.L., IDSO, S.B., JACKSON, R.D. et al. Diurnal changes in plant water potential and canopy temperature of wheat as affected by drought. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 6, p. 999-1004, 1978b.
- FAVER, K.L., O'TOOLE, J.C. Short-term estimation of sorghum evapotranspiration from canopy temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 48, p. 175-183, 1989.
- GARDNER, B.R., NIELSEN, D.C., SHOCK, C.C. Infrared thermometry and the crop water stress index. I. History, theory, and baselines. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.5, p.462-466, 1992a.
- GARDNER, B.R., NIELSEN, D.C., SHOCK, C.C. Infrared thermometry and the crop water stress index. II. Sampling procedure and interpretation. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, p. 466-475, 1992b.
- GARROT JÚNIOR, D.J., OTTMAN, M.J., FANGMEIER, D.D. et al. Quantifying wheat water stress with the crop water stress index schedule irrigations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 1, p. 195-199, 1994.
- HANKS, R.J., KELLER, ?, RASMUSSEN, V.P. et al. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, n. 3, p. 426-429, 1976.
- HANKS, R.J., SISSON, D.V., HURST, R.L. et al. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 886-888, 1980.
- HATTENDORF, M.J., CARLSON, R.E., HALIM, R.A. et al. Crop water stress index and yield of water-deficit-stressed alfalfa. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 6, p. 871-875, 1988.
- HATTENDORF, M.J., EVANS, D.W., PEADEN, R.N. Canopy Temperature and stomatal conductance of water-stressed dormant and non dormant alfalfa types. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 5, p. 873-877, 1990.
- HUTMACHER, R.B., STEINER, J.J., VAIL, S.S. et al. Crop water stress index for seed alfalfa: influences of within-season changes in plant morphology. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 19, n. 1, p. 135-149, 1991.
- IDSO, S.B. Non-water stressed baselines: a key to measuring and interpreting plant water stress. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 59-70, 1982.
- IDSO, S.B., JACKSON, R.D., REGINATO, R.J. Remote sensing of crop yields. **Science**, Alexandria, v. 196, n. 1, p. 19-25, 1977.
- IDSO, S.B., REGINATO, R.J., REICOSKY, D.C. et al. Determining soil-induced plant water potential depressions in alfalfa by means of infrared thermometry. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, n. 5, p. 826-830, 1981.
- PANDEY, R.K., HERRERA, W.A., PENDLETON, J.W. Drought Response of Grain Legumes under irrigation gradient: II. Plant water status and canopy temperature. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 4, p. 553-557, 1984.
- PREMACHANDRA, G. S., SANEOKA, H., FUJITA, K. et al. Osmotic adjustment and stomatal response to water deficits in maize. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 43, p. 1451-1456, 1992.
- REICH, P.B., HINCKLEY, T.M. Influence of pre-dawn water potential and soil-to-leaf hydraulic conductance on maximum daily leaf diffusive conductance in two oak species. **Ecology**, New York, v. 3, p. 719-726, 1989.
- TURNER, N.C. Stomatal behavior and water status in maize, sorghum, tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. **Plant Physiology**, Rockville, v. 53, n. 3, p. 360-365, 1974.
- WANJURA, D.F., UPCHURCH, D.R., MAHAN, J.R. Control of irrigation scheduling using temperature-time thresholds. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 2, p. 401-409, 1995.