

## ESTADO HÍDRICO DO SOLO E TEMPERTURA DA FOLHA NAS CULTURAS DO FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata*) E MILHO (*Zea mays*)

RONALDO S. RESENDE<sup>1</sup>, JOSÉ D. S. de MATOS<sup>2</sup>, JOSÉ B. O. S. JÚNIOR<sup>3</sup>, SAMUEL S. da MATA; PRISCILA S. da SILVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agro. Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju-SE, Fone: (79) 4009-1359, [ronaldo@cpatc.embrapa.br](mailto:ronaldo@cpatc.embrapa.br)

<sup>2</sup>Bolsista da Fundação Universidade de Campinas - FUNCAMP

<sup>3</sup>Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento -CNPq

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

**RESUMO:** A medição da temperatura da folha, através da técnica de termometria ao infravermelho tem sido apresentada como de elevado potencial de uso para fins de manejo da irrigação. O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a relação entre a temperatura foliar nas culturas do milho e do feijão de corda, utilizando a técnica de termometria ao infravermelho, e a disponibilidade de umidade no solo. Os níveis de umidade do solo avaliados foram impostos às culturas a partir do das fases de pendoamento do milho e florescimento do feijão caupi, utilizando para isso um sistema de irrigação por aspersão em linha (line source). No momento da medição da temperatura da folha ( $T_f$ ), na face superior e inferior da folha, foram também medidos a temperatura do ar ( $T_a$ ) e a umidade do solo ( $\theta_v$ ) nas camadas 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40m. Os resultados obtidos mostraram uma diferença média entre a  $T_f$  e a  $T_a$  de 2,8°C e 4,2°C para as culturas do milho e feijão, respectivamente e uma boa correlação entre a  $T_f$  e  $\Psi_{\text{solo}}$ , sendo essa correlação superior na cultura do feijão caupi.

**PALAVRAS-CHAVE:** termometria ao infravermelho, manejo da irrigação, irrigação em linha.

### SOIL WATER STATUS AND LEAF TEMPERATURE IN COWPEA AND CORN CROPS

**ABSTRACT:** Infrared thermometry to assessment leaf temperature has been used to irrigation schedule. The aim of this work was to evaluate the relationship between soil water availability and leaf temperature ( $T_f$ ) of corn and cowpea crops. The leaf temperature was measured using a infrared thermometer. Different soil water levels were imposed from tassel emergence of corn and flowering from cowpea by using a line source irrigation system. Leaf temperature was measured from upper side and under side of leaf surface. In the same time, air temperature ( $T_a$ ) and soil water potential ( $\Psi_{\text{soil}}$ ) at 0 – 0,2 m and 0,2 – 0,4 m depth were measured. The results obtained show a  $T_f - T_a$  difference of 2,8°C e 4,2°C in corn and cowpea crops, respectively. A high Pearson correlation coefficient between  $T_f - T_a$  and  $\Psi_{\text{soil}}$  was obtained which was higher in cowpea crop than in corn.

**KEYWORDS:** Infrared thermometry, irrigation scheduling, line source

**INTRODUÇÃO:** A medida da temperatura da folha como indicador do estado de umidade do solo e, conseqüentemente, da planta apresenta potencial de uso no manejo da irrigação em função da facilidade e relativo baixo custo da obtenção do dado. A temperatura da folha como parâmetro indicador do estado hídrico da planta é baseada na assunção que a água transpirada evapora e resfria a folha, deixando-a abaixo da temperatura do ar circundante. Alguns índices propostos para estabelecer o momento de iniciar a irrigação são baseados na diferença entre a temperatura da folha e a do ar. JACKSON (1982) propôs um índice de estresse baseado no

somatório da diferença entre a temperatura da folha e a do ar ao longo do tempo. Outro índice foi proposto por IDSO (1981), o qual considera outros parâmetros do balanço de energia da folhagem da cultura, uma vez que, conforme observado por HSIAO (1982), fatores como pressão de vapor, balanço de radiação e o vento podem afetar essa diferença. A diferença da temperatura da folha de uma parcela adequadamente irrigada com a cultura de interesse e a temperatura de folha da área a ser manejada foi proposta por FUCKS & TANNER (1966), tendo como vantagem o fato de se integrar os fatores climáticos intervenientes, na medida obtida na parcela de referência. Utilizando esse procedimento, PANZETTI et al. (1993) estabeleceu que uma diferença 2,0°C seria indicador do momento de irrigar a cultura do feijão comum. Nessa mesma linha, LOBO et al., (2004), também trabalhando com o feijão comum, estabeleceu que essa diferença crítica seria de 3,2 °C. O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a relação entre a temperatura foliar nas culturas do milho e do feijão de corda, utilizando a técnica de termometria ao infravermelho, e a disponibilidade de umidade no solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os dados apresentados no presente trabalho foram obtidos a partir de um experimento com as culturas de milho e feijão caupi visando a obtenção de parâmetros de irrigação (Kc e ISNA) para culturas consorciadas. Esse experimento foi conduzido no Campo Experimental de Umbaúba, pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros e localizado na região centro-sul do Estado de Sergipe, com coordenadas UTM 8.741.649 E e 644.458 N e altitude média de 109,0 m. O solo da área experimental foi classificado como um Podzólico Acinzentado eutrófico com fragipã Tb A fraco, textura média argilosa. A temperatura média anual, umidade relativa do ar e precipitação pluvial são de 24 °C, 81% e 1318 mm, respectivamente. A cultura do milho, variedade “Sertanejo”, foi plantada no dia 19/10/2006 e a do feijão caupi, variedade “Guaribas”, em 24/10/2007, utilizando plantio consorciado e solteiro. Para o presente trabalho os dados de temperatura foram coletados apenas no plantio solteiro de cada cultura. O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão convencional em linha (*line source*), o qual permitiu a obtenção dos diferentes níveis de umidade do solo utilizados no presente trabalho. As duas culturas receberam irrigação plena até o momento da emissão da panícula (milho) e do florescimento (feijão), o que ocorreu aos 42 e 32 DAG, respectivamente. A temperatura da folha ( $T_f$ ) foi obtida utilizando-se um termômetro infravermelho, com resolução de 0,2°C, acuracidade de  $\pm 1\%$ , resposta espectral de 8 – 14  $\mu\text{m}$ , relação distancia/área de 12:1 e regulado com emissividade de 0,95. A medição da temperatura da folha foi efetuada na mesma data para as duas culturas, o que correspondeu a 66 DAG para o milho e 60 DAG do feijão caupi, no período compreendido entre 14:00 e 14:30 para a primeira e 14:40 e 15:20 para a segunda, sempre em momentos sem ocorrência de sombreamento por nuvens. Assim, no momento da medição da  $T_f$  decorreram 22 dias desde a imposição do déficit hídrico, para as duas culturas, sem ocorrência de precipitação. Folhas saudáveis, da parte superior da planta, com exposição direta ao sol e em posição paralela ao solo foram amostradas, sendo medidas a  $T_f$  tanto da face abaxial como adaxial da folha, posicionando-se o termômetro a uma distância média de 5 cm e perpendicular à superfície da mesma. Em cada faixa correspondente aos níveis de umidade obtidos com o sistema de irrigação em linha foram amostradas 10 plantas de cada cultura. Amostras de solo foram coletadas no mesmo momento da medição da temperatura da folha, também para cada faixa referente aos tratamentos de lâmina de água. Foi determinada a umidade gravimétrica das amostras, utilizando-se o método padrão de estufa e, a partir desta, calculada a umidade volumétrica, em função da densidade global do solo (1,65 Mg m<sup>-3</sup>). As amostras foram coletadas nas camadas 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40m de profundidade. De uma estação climatológica instalada ao lado da área experimental foram obtidos os dados de temperatura

do ar ( $T_a$ ), referentes aos mesmos horários de realização das medidas de temperatura da folha, para cada cultura estudada.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Para todos os níveis de umidade do solo observados e culturas avaliadas, a temperatura da folha foi superior a do ar. No momento da determinação de  $T_f$  do milho e do feijão caupi, a  $T_a$  era de 31,8 e 30,8°C, respectivamente. Considerando a média da  $T_f$  da face superior da folha para todos os tratamentos, que foi de 34,6°C para o milho e 35,0°C para o feijão caupi (Tabela 1) resultara em uma diferença média entre a  $T_f$  e  $T_a$  de 2,8°C e 4,2°C para as culturas do milho e feijão, respectivamente (Figura 1). Essa diferença pode estar relacionada à características físicas da folha (albedo, espessura, ângulo de exposição), do sistema de cultivo (nível de energia incidente e refletida pelo solo) ou de características fisiológicas de cada espécie (potencial de água na folha, resistência estomatal, taxa transpirativa). Na cultura do milho, o teste de comparação de médias revelou não haver diferença significativa entre valores absolutos de temperatura da folha, tanto da parte superior como da inferior para os diferentes níveis de umidade do solo avaliados. Para a cultura do feijão caupi, a análise de variância mostrou significativa, revelando diferenças entre os valores absolutos de temperatura da folha em função dos níveis de umidade do solo (Tabela 1). Utilizando o procedimento metodológico de comparar a  $T_f$  da cultura do feijão submetido a diferentes níveis de estresse hídrico com a  $T_f$  da cultura na condição de adequado suprimento hídrico, LOBO et al. (2004) observaram que essa diferença, denominada de  $\Delta T_c$ , foi, em média, de 2,8°C para o maior nível de estresse imposto. Esse valor foi bem abaixo do observado por PAZETTI et al. (1993), onde  $\Delta T_c$  médio para o tratamento mais crítico alcançou 5,9°C. Os valores de  $\theta_{v2}$  e  $\theta_{v3}$  correspondem a um nível de umidade acima do ponto de murcha permanente (PMP), para o solo da área experimental. A variabilidade dos valores de  $T_f$  mostrou uma relação direta com a redução do nível de umidade do solo, sendo esse mesmo comportamento observado por GARDNER (1981), estudando a cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). Para o presente estudo, o coeficiente de variação da  $T_f$  variou de 4,1 a 7,3 e de 5,3 a 7,0 para o milho e o feijão caupi, respectivamente.

Tabela 1. Temperatura média das superfícies superior e inferior das folhas de milho e de feijão caupi.

Cultura	Milho		F. caupi	
	Temp. superior °C	Temp. inferior °C	Temp. superior °C	Temp. inferior °C
$\theta_v$ ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )				
$\theta_{v1} - 0,118$	34,9 a	36,2 a	33,2 a	33,6 a
$\theta_{v2} - 0,065$	36,6 a	37,6 a	35,4 b	35,8 ab
$\theta_{v3} - 0,043$	35,6 a	36,6 a	36,4 b	36,2 b
ANOVA	1,77 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	5,74*	4,51*
DMS	2,3	1,8	2,6	2,6
CV (%)	5,68	4,37	6,61	6,40

<sup>1</sup>Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não apresentam diferenças significativas, pelo teste de Tuckey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com exceção do Tratamento 3 do feijão caupi, a temperatura da face inferior da folha foi sempre maior que a da face superior. Essa diferença se mostra mais pronunciada na cultura do milho, com valor médio de -1,13°C, que a do feijão caupi, na qual média da diferença foi de -0,20°C (Figura 1). Assim para as condições experimentais reinantes, o efeito da energia refletida pelo solo foi mais preponderante que a energia incidente para o aquecimento da folha. O feijão caupi apresentou uma maior resposta da temperatura da folha à redução do

nível de umidade do solo, como pode ser evidenciado pelos maiores coeficientes de correlação de Pearson entre essas duas variáveis, apresentados na Tabela 2. Um maior nível de regulação estomática inerente a essa cultura, reduzindo a taxa de transpiração e o conseqüente resfriamento da superfície da folha poderia explicar o fato. Para o milho os coeficientes de correlação mais elevados ocorreram na camada de 0,20 a 0,40 m; esse fato pode estar relacionado a uma maior densidade de raízes nessa profundidade, em relação à camada superficial. Tais resultados sugerem que a técnica da termometria ao infravermelho se mostra promissora para estudos de manejo da irrigação nas culturas estudadas.

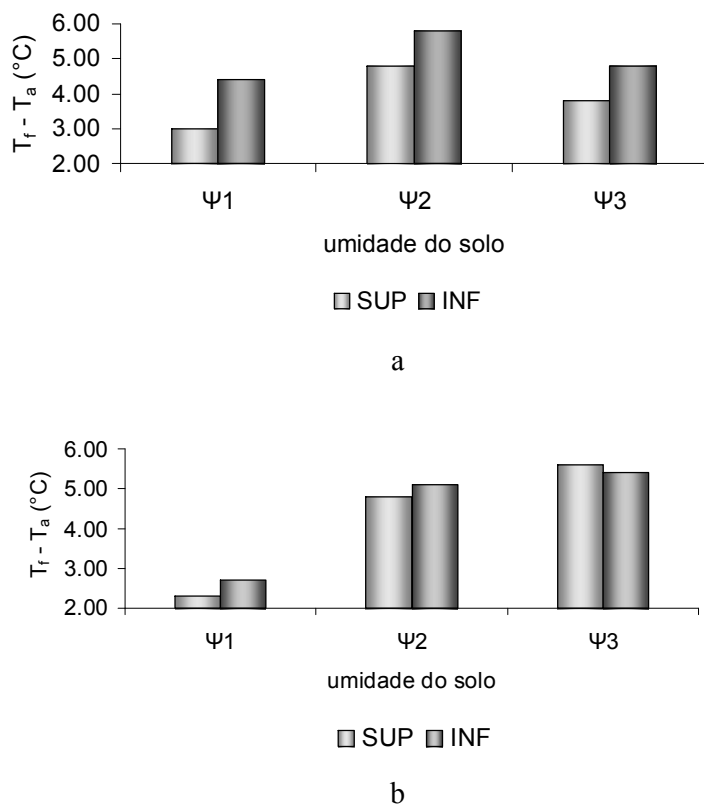


Figura 1. Diferença entre temperatura da folha e temperatura do ar para as culturas do milho (a) e feijão caupi (b), para os níveis de umidade do solo avaliados.

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre temperatura da folha de milho e feijão caupi e umidade do solo para diferentes camadas.

Cultura Camada do solo (m)	Milho		F. caupi	
	Temp. superior °C	Temp. inferior °C	Temp. superior °C	Temp. inferior °C
0 – 0,20	-0,63	-0,49	-0,96	-0,92
0,20 – 0,40	-0,98	-1,00	-0,96	-0,99
0 – 0,40	-0,70	-0,56	-0,99	-0,99

As lâminas aplicadas durante o ciclo das culturas do milho e do feijão bem como a produtividade obtida para cada tratamento são apresentadas nas Tabelas 3 e 4. O feijão caupi

apresentou uma resposta quadrática de produção em relação às lâminas aplicadas, enquanto que o milho apresentou uma resposta linear, embora com elevada declividade da reta. A produtividade obtida na cultura do milho se mostrou abaixo do potencial produtivo da variedade. Em ensaios de adaptabilidade realizados em diversos municípios da região Nordeste brasileira, foram obtidas, nos ambientes mais favoráveis e no período de chuvas, produtividades médias de 5,62 Mg ha<sup>-1</sup> (CARVALHO et al., 2002) e de 6,98 Mg ha<sup>-1</sup> (CARVALHO et al., 2005).

Tabela 3. Quantidade de água aplicada, produção e eficiência de uso de água nas culturas do milho e feijão caupi, em função do potencial matricial da água no solo, no momento da leitura de T<sub>f</sub>.

θ <sub>v</sub> (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Lâmina aplicada (mm)		Produção (Mg ha <sup>-1</sup> )		Eficiência de uso da água (Kg mm <sup>-1</sup> )	
	Após o florescimento	Total	Milho	F. Caupi	Milho	F. Caupi
θ <sub>v1</sub>	100,5	217,1	3,61	1,39	16,7	6,4
θ <sub>v2</sub>	62,3	181,4	0,17	1,86	0,9	10,2
θ <sub>v3</sub>	34,8	162,5	0,13	1,36	0,8	8,3

**CONCLUSÕES:** A temperatura da folha nas culturas do milho e do feijão caupi, através do uso da técnica de termometria ao infravermelho, mostrou-se relacionada ao estado de umidade do solo, sendo essa relação mais significativa para cultura do feijão caupi.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, H.W. L. de.; LEAL, M de L. da S.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X. dos.; TABOSA, J.N.; CARVALHO, B.C.L. de.; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio 1998-2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.11, p.1581-1588, 2002.
- CARVALHO, H.W. L. de.; CARDOSO, M.J.; LEAL, M de L. da S.; SANTOS, M.X. dos.; TABOSA, J.N.; SOUZA, E.M. de. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.5, p.471-477, 2005.
- GARDNER, B.R.; BLAD, B.L.; WATTS, D.G. Plant and air temperatures in differentially-irrigated corn. **Agricultural Meteorology**, v.25, p.207-217, 1981.
- HSIAO, T. Measurements of plant water status. In: STWEART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p. 243-279.
- JACKSON, R.D. Canopy temperature and crop water stress In: HILLEL, D. **Advances in Irrigation**. New York: Academic Press, 1982. p. 43-85.
- LOBO, F. de A.; OLIVA, M.A.; RESENDE, M.; LOPES, N.F.; MAESTRI, M. Infrared thermometry to schedule irrigation of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.113-121, 2004.
- PAZZETI, G.A.; OLIVA, M.A.; RESENDE, M.; LOPES, N.F. Aplicação da termometria ao infravermelho à irrigação do feijoeiro – crescimento e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.12, p.1371-1377, 1993.