

# DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM FEIJOEIRO.

## IV. ALTERAÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS<sup>1</sup>

HOMERO BERGAMASCHI<sup>2</sup>, HAMILTON J. VIEIRA<sup>3</sup>, JOSÉ C. OMETTO<sup>4</sup>  
LUIZ R. ANGELOCCI e PAULO L. LIBARDI<sup>5</sup>

**RESUMO** - Em experimento de campo, conduzido em Piracicaba, SP, à latitude de 22°42' sul e altitude de 576 m, foram avaliadas alterações micrometeorológicas em culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), submetidas a diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo. Os tratamentos constaram de três épocas de semeadura (7.7, 22.7 e 4.8.83) e duas condições de disponibilidade de água no solo (com e sem irrigação), durante a estiagem de 25.9 a 12.10, em subparcelas de 30 m x 20 m. Durante o período de estiagem e em dias de alta demanda evaporativa atmosférica, a temperatura do dossel (medida com sensor infra-vermelho) foi sempre superior à do ar junto à cultura não irrigada, ocorrendo o contrário na cultura irrigada. A temperatura e o déficit de saturação de vapor d'água do ar da camada limite também aumentaram sob déficit hídrico no solo, elevando a demanda evaporativa da atmosfera junto à cultura não irrigada. As alterações micrometeorológicas se acentuaram com a evolução do déficit hídrico e foram maiores nas horas mais quentes do dia e com a cultura menos desenvolvida. As condições micrometeorológicas seguiram as variações do balanço de energia da cultura.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, deficiência hídrica, micrometeorologia, temperatura, umidade.

### WATER DEFICIT IN COMMON BEANS. IV. MICROMETEOROLOGICAL MODIFICATIONS

**ABSTRACT** - Micrometeorological modifications were evaluated in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crops subject to varying conditions of soil-water availability, in an experiment conducted at Piracicaba, SP, Brazil, 22°42' south latitude and 576 m altitude. Common beans were sown in 30 m x 20 m split-plots, on three dates (July 7, July 22, and August 4, 1983), each receiving two conditions of soil water availability: with continued irrigation and with a period of water stress caused by an 18-day period without rain (Sept. 25 to Oct. 12). During the drought period, on days with high atmospheric evaporative demand, the temperature of the canopy surface (measured by a remote infrared sensor) was higher than air temperature close to the plants in the stressed crop, while the contrary occurred in the irrigated one. Soil water deficit increased the air temperature and the water vapor saturation deficit near the plants. Micrometeorological modifications were higher by the end of the drought period and during the warmer times of the days. They also were higher at the plots of the latest sowing date (less developed plants). The micrometeorological conditions near the plants were in agreement with the crop energy balance.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, water deficit, micrometeorology, temperature, humidity.

### INTRODUÇÃO

Todo o desenvolvimento e o desempenho produtivo de uma cultura é função de dois fatores fundamentais: sua potencialidade genética e as condições do ambiente. Os fatores do meio são os que mais dificilmente o homem consegue controlar e que, pela sua grande variabilidade e multiplicidade de interações, muito freqüentemente impõem estresses aos vegetais, tanto por deficiência como por excesso.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 15 de outubro de 1987. Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, ESALQ/USP, nov/84.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Dr., Fac. de Agron., UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90000 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (EMPASC), Caixa Postal D-20, CEP 88000 Florianópolis, SC.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., Dr., ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

<sup>5</sup> Eng. - Agr., Dr., ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

A deficiência hídrica conduz a modificações no ambiente físico das culturas, modificações, estas, que envolvem desde o abaixamento do potencial da água e da condutividade hidráulica do solo até alterações em toda a termodinâmica do sistema, como resultado de mudanças no próprio balanço energético. Sendo a evapotranspiração o processo que normalmente consome a maior parte da energia disponível em ecossistemas vegetados, sempre que este processo é afetado todo o estado energético do sistema fica alterado.

Trabalhando no campo com sorgo irrigado, em experimento de verão, Van Bavel & Ehrlér (1968) constataram que, mesmo em condições de ar quente e seco do meio-dia, a temperatura da folhagem esteve, sempre, vários graus centígrados abaixo da do ar ambiente. Idso et al. (1981), trabalhando com alfafa no campo, também verificaram que a temperatura das folhas bem supridas de água se manteve abaixo

da temperatura do ar, aumentando esta diferença com o aumento do déficit de pressão de vapor do ar. Os autores associaram este comportamento à densidade de fluxo transpiratório, que é função do déficit de pressão de vapor do ar, a força motriz da transpiração.

Por outro lado, inúmeros trabalhos têm demonstrado que, em culturas deficientes em água, a temperatura das folhas é superior à do ar, o que torna úteis as medidas de temperatura do dossel vegetativo para indicar o estado de estresse hídrico das plantas (Walker & Hatfield 1979).

Em trabalhos com feijoeiro, conduzidos no campo por Sakai et al. (1987), em Campinas, SP, e em casa de vegetação por Santos & Santos (1987), em Pelotas, RS, também foram observadas temperaturas inferiores nas folhas sem estresse e superiores com estresse hídrico, em relação à temperatura atmosférica.

Partindo deste princípio, Idso et al. (1977) estabeleceram um modelo de estimativa de rendimento baseado no acúmulo do que denominaram graus-dia de estresse, que é a própria diferença de temperatura entre dossel e o ar, tomadas com sensores infravermelhos, ao meio-dia, e somada em alguma parte do ciclo. Este modelo, inicialmente utilizado em trigo (*T. durum*), no Arizona, foi estendido para outras culturas e outros locais, com resultados positivos. Walker & Hatfield (1979) testaram, o modelo, com sucesso, em feijoeiro, verificando alta correlação entre o rendimento da cultura e o acúmulo de graus-dia de estresse da floração à maturação, confirmando a importância deste período em termos de produção de grãos; a inclusão do período de emergência à floração não afetou significativamente a correlação obtida para o período de pós-floração.

Na Colômbia, Kretchmer et al. (1980) utilizaram o sensoriamento com termômetro infra-vermelho para identificação de materiais genéticos de feijoeiro mais tolerantes à seca. A diferença de temperatura folha-ar, a resistência estomática e o potencial da água nas folhas estiveram altamente correlacionados, sugerindo que este critério pode ser usado como indicador do nível de estresse hídrico nas plantas.

No Brasil, Epiphânio (1982) utilizou, com êxito, a metodologia de acúmulo de graus-dia de estresse, a partir de sensoriamento com termômetro infra-vermelho, obtendo boas estimativas de rendimento de milho.

Através do balanço de energia, Wiebelt & Henderson (1978) descreveram que o aumento da resistência à difusão de vapor na transpiração ocasiona

elevação da temperatura das folhas, já que o fluxo de calor latente é reduzido e o fluxo de calor sensível é aumentado, sendo isto válido para toda a comunidade. Também baseados no balanço de energia, em soja no campo, em Taquari, RS, Fontana et al. (1987) constataram que o déficit de saturação do ar na cultura irrigada foi sempre inferior ao da cultura sob déficit hídrico, sendo que esta diferença foi de até 100% nas horas mais quentes.

Com base nesta premissa, e considerando a importância da interação cultura-ambiente, especialmente em termos de demanda evaporativa atmosférica, este trabalho busca descrever e avaliar as alterações micrometeorológicas em culturas de feijão, em resposta à disponibilidade hídrica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP, à latitude de 22°42' Sul e altitude de 576 m, no ano de 1983, em condições de campo. O clima da região é Cwa, pela classificação de Koeppen, e o solo local foi classificado como Terra Roxa Estruturada. Consistiu de duas parcelas de feijoeiro com dimensões de 60 m x 30 m, correspondentes a dois tratamentos de disponibilidade hídrica: (I) - irrigado, sempre que o potencial matricial da água do solo a 0,15 m de profundidade atingisse -0,05 MPa; (D) - com deficiência hídrica, sem irrigação, durante uma estiagem de 17 dias, a partir de 25 de setembro. Para o presente trabalho, foram utilizados apenas resultados referentes ao período de estiagem, no qual os tratamentos de disponibilidade hídrica foram aplicados, desprezando-se o restante do período experimental.

A cultivar utilizada foi Aroana 80, de hábito de crescimento indeterminado arbustivo, tipo II segundo a classificação do CIAT. Dentro de cada parcela, a semeadura foi efetuada em três épocas (três subparcelas): 7.7; 22.7 e 4.8.83. Com isso, o período de diferenciação dos tratamentos de disponibilidade hídrica coincidiu com o final de enchimento de grãos e maturação fisiológica, na primeira época; formação e desenvolvimento de vagens, na segunda época; formação de botões florais e floração, na terceira época. Pela limitação de equipamento, optou-se pela determinação de parâmetros micrometeorológicos na segunda e terceira épocas de semeadura, que se encontravam em estádios considerados mais críticos, durante o período de diferenciação dos tratamentos I e D. Detalhes da fenologia, do desenvolvimento da cultura e das condições do experimento foram apresentados por Bergamaschi et al. (1988a, b).

A semeadura foi feita manualmente, em sulcos espaçados de 0,5 m, procurando-se obter em torno de 200.000 plantas/ha após estabilizada a emergência, correspondendo a dez plantas por metro.

As determinações dos parâmetros micrometeorológicos foram efetuadas ao longo do período diurno, no centro das subparcelas, a intervalos de aproximadamente meia hora. Para análise das alterações micrometeorológicas decorrentes do déficit hídrico no solo, foram selecionados cinco dias de

observações, todos eles com elevada demanda evaporativa atmosférica, buscando representar e evolução da diferenciação dos tratamentos I e D.

A temperatura da superfície do dossel vegetativo foi medida com um termômetro infra-vermelho, modelo PRT 10, fabricado por Barnes Engineering Co. Em cada horário, e em cada subparcela, foram feitas de oito a dez medidas, tomadas obliquamente (aproximadamente 45°), à altura do observador, descrevendo um giro de 360°. Assim procedendo, buscou-se medir a temperatura da superfície do dossel em todas as direções e com o menor efeito possível da superfície do solo.

A temperatura e o déficit de saturação de vapor d'água do ar junto às plantas foram determinados através de psicrômetro de pares termo-elétricos cobre-constantan, localizado na altura do topo da cultura, em microabrigo aberto de PVC branco, colocado à meia-distância entre a linha de plantas e o centro da entrelinha. Estes sensores faziam parte do equipamento utilizado na determinação do balanço de energia da cultura, cujas medidas foram feitas com potenciômetro de leitura direta, com resolução de 0,01 mV e mais um dígito estimado. Maiores detalhes deste equipamento foram descritos por Bergamaschi et al. (1988b).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Fig. 1 pode-se observar que, para os dias 27 e 28 de setembro (fase inicial da estiagem), as curvas de temperatura do dossel, de temperatura e déficit de saturação do ar junto às plantas, estão muito próximas ou, até, superpostas; destaca-se, apenas, a terceira época com a temperatura do dossel superior à do ar. Esta diferença é perceptível para as horas mais quentes do dia (a partir das 11 horas) e se destaca nos resultados do dia 28.9 (Fig. 1 b).

Considerando que a estiagem foi iniciada em 25.9, portanto havendo grande quantidade de água disponível no solo para as plantas, em 27 e 28 de setembro, como demonstrado por Bergamaschi et al. (1988b), pode-se atribuir esta maior temperatura do dossel, na terceira época, a uma maior exposição e maior aquecimento da superfície do solo. Como salientaram Walker & Hatfield (1979), as medidas de temperatura do dossel, por sensoriamento remoto, são influenciadas por todos os materiais que estiverem ao foco do sensor; dessa maneira, a temperatura da superfície do solo afetará essas medidas quando a cobertura for incompleta e esta superfície estiver seca, aquecendo-se mais intensamente. Com efeito, nos dias 27 e 28 de setembro o índice de área foliar nas parcelas da terceira época era de 1,25, inferior ao da segunda época - 1,80 -, e a superfície do solo já estava seca, o que justifica a diferença. As determinações com sensor dirigido obliquamente à cultura, procurando minimizar a influência da tempera-

tura do solo, como descreveram Walker & Hatfield (1979), devem ter reduzido, mas não eliminado, este efeito, em face da menor cobertura do solo pelas plantas do terceiro plantio. Nas parcelas correspondentes à segunda época, este procedimento pode ter sido eficaz em função do maior desenvolvimento das plantas.

As diferenças da temperatura do dossel, observadas na Fig. 1, são coerentes com os resultados dos balanços de energia do dia 28.9; neste, foi constatado que maior quantidade de energia foi destinada ao fluxo de evaporação na parcela da segunda época de semeadura (87% do saldo de radiação), em relação à terceira época (77% do saldo de radiação). Enquanto isto, a quantidade de energia utilizada no aquecimento do ar (calor sensível) foi maior na parcela da terceira época de semeadura (17% do saldo de radiação) e menor na segunda época (7% do saldo de radiação) (Bergamaschi et al. 1988b).

Para o dia 30.9 (Fig. 2), com a inclusão dos dados obtidos nas parcelas irrigadas das segunda e terceira épocas de semeadura, as alterações micrometeorológicas mostram-se mais evidentes, em especial a temperatura do dossel. As parcelas correspondentes ao tratamento I foram irrigadas no dia 29.9 e tiveram temperaturas mais baixas do que as parcelas não irrigadas. Com a irrigação, além do melhor suprimento de água às plantas, as camadas superficiais do solo permitiram intensa evaporação, talvez limitada apenas pelo suprimento de energia direta do solo, conforme observaram Black et al. (1970). Por outro lado, no tratamento D a superfície do solo já se encontrava seca, restringindo parcialmente o processo de evapotranspiração e, portanto, o consumo de energia na forma de calor latente de evaporação. A exemplo dos dias 27 e 28 de setembro, no dia 30.9 a superfície do solo deve ter-se aquecido mais na terceira época de semeadura não irrigada, em relação à segunda época também não irrigada, pela maior quantidade de energia recebida, dada a menor cobertura foliar, e por se encontrar seca. Conforme Wiebelt & Henderson (1978), a menor utilização do saldo de radiação como calor latente de evaporação causa uma maior conversão de energia para a forma de calor sensível, destinado ao aquecimento do sistema, causando temperaturas mais elevadas na superfície do dossel. Neste caso, pode-se deduzir que houve uma interação entre a disponibilidade hídrica e o índice de área foliar, influenciando o aquecimento da superfície do solo e o ambiente imediatamente próximo a ela. Por outro lado, deve-se considerar que o índice de área foliar sofreu reduções pela defi-

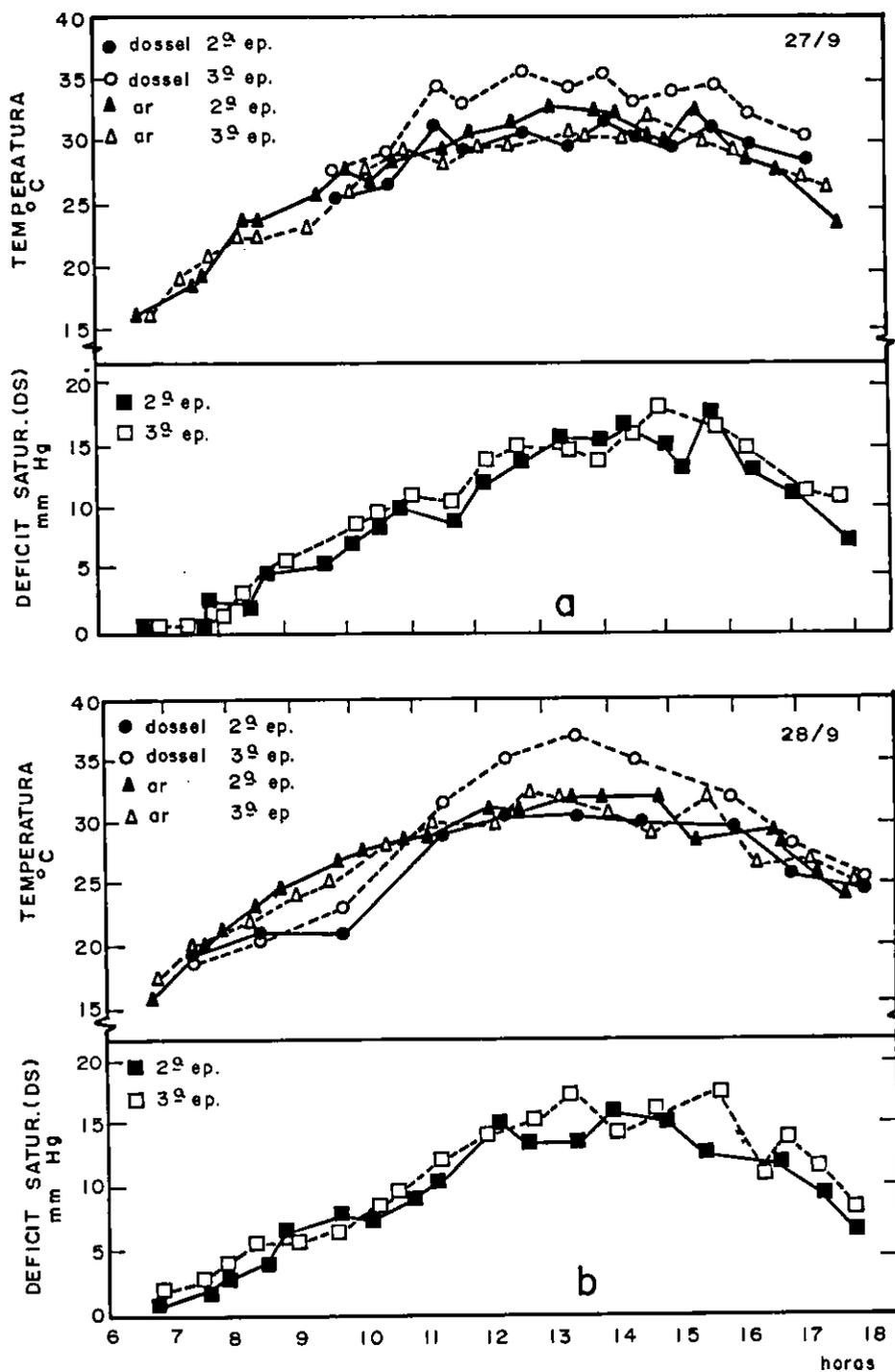


FIG. 1. Temperatura do dossel, temperatura e déficit de saturação (DS) do ar junto às plantas de feijoeiro, cultivar Aroana 80, em duas épocas de semeadura, nos dias 27.9 (a) e 28.9 (b). Piracicaba, 1983.

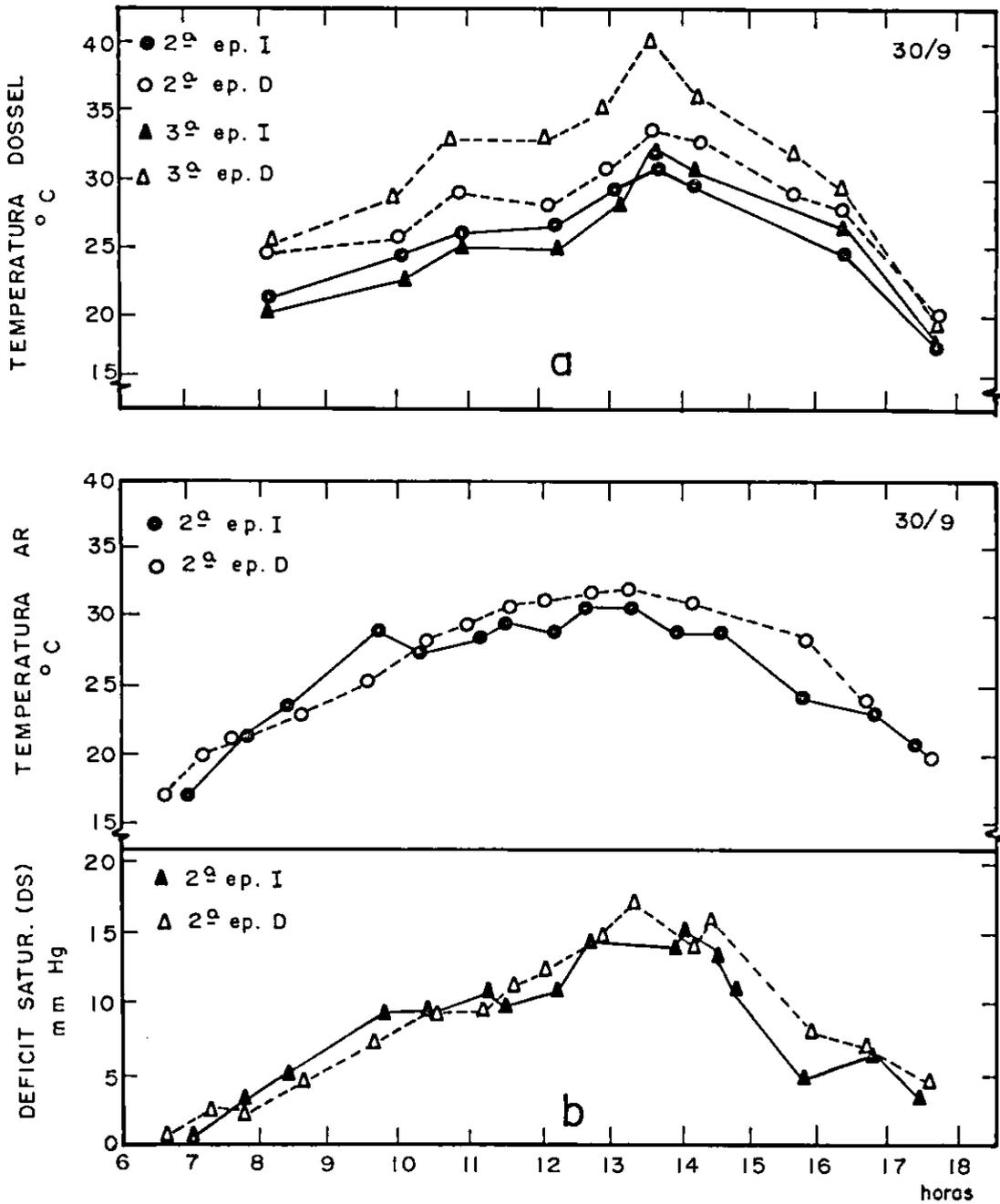


FIG. 2. Temperatura do dossel, temperatura e déficit de saturação (DS) do ar junto às plantas de feijoeiro, cultivar Aroana 80, em duas épocas de semeadura, irrigado (I) e com suspensão da irrigação (D), em 30.9. Piracicaba, 1983.

ciência hídrica (Bergamaschi et al. 1988a), o que demonstra relação recíproca entre a planta e o ambiente físico que a cerca.

A dependência das condições micrometeorológicas ao balanço de energia também pode justificar a maior temperatura do ar e o maior déficit de saturação de vapor d'água junto à cultura na parcela não irrigada, em relação à irrigada da segunda época de semeadura (Fig. 2b). Essas diferenças se evidenciaram mais no período da tarde, o que parece relacionar-se ao balanço energético.

Os resultados relativos aos dias 4 e 9.10 (Fig. 3 e 4) seguem as tendências do dia 30.9, porém com diferenças mais acentuadas, o que deve ser atribuído à intensificação da deficiência hídrica do solo e aos seus efeitos sobre termodinâmica da cultura. Quanto à temperatura do dossel, os resultados são análogos, e as causas devem ser basicamente as mesmas apontadas na análise dos resultados do dia 30.9. Os efeitos da deficiência hídrica nas condições micrometeorológicas foram mais evidentes, o que pode ser devido a uma interação disponibilidade hídrica x índice de área foliar mais intensa. Evidentemente, o déficit hídrico nas folhas e os movimentos foliares de paraheliotropismo, reduzindo perdas de água por transpiração e permitindo maior incidência de radiação sobre a superfície do solo, devem ter contribuído para maiores temperaturas nas parcelas não irrigadas. Estes resultados concordam com Dubetz (1969), Walker & Hatfield (1979), Kretchmer et al. (1980) e Lawn (1982).

As oscilações de alguns pontos nas curvas de temperatura do dossel do dia 9.10 (Fig. 4a) decorrem da nebulosidade momentânea durante as observações, o que, segundo alguns autores citados por Epiphanyo (1982), é fator que dificulta as medidas e deve ser considerado na interpretação dos resultados.

As alterações de temperatura e de déficit de saturação do ar junto à cultura se intensificaram nos dias 4 e 9.10 (Fig. 3b e 4b), em relação aos dias anteriores. No dia 9.10 as alterações foram ainda mais acentuadas, e isto pode ser atribuído à evolução da deficiência hídrica e à maior diferença de índice de área foliar entre a parcela irrigada e não irrigada, em cuja data se utilizou a terceira época (mais influenciada no desenvolvimento das plantas). A 9.10, o índice de área foliar na parcela irrigada da terceira época era de 2,0, enquanto no tratamento não irrigado era de 1,3.

Nos resultados dos dias 4.10 e 9.10, pode-se ve-

rificar que, nas parcelas em déficit hídrico, a temperatura do dossel foi superior à temperatura do ar adjacente a ele. Porém, nas parcelas irrigadas, a superfície da cultura se manteve mais fria do que o ar, concordando com resultados de Van Bavel & Ehrlér (1968), Idso et al. (1981), Sakai et al. (1987) e Santos & Santos (1987).

As alterações micrometeorológicas ocasionadas pelo déficit hídrico no solo são coerentes com a análise dos balanços de energia (Bergamaschi et al. 1988b), e bem mais evidentes em 9.10. Neste dia, uma maior limitação ao processo de evapotranspiração ocasionou maior quantidade de calor destinado ao aquecimento do sistema planta-solo, nas parcelas não irrigadas, estando de acordo com resultados de Fontana et al. (1987). Em 9.10, 35% do saldo de radiação foram utilizados no aquecimento do ar e do solo na parcela sob déficit hídrico, contra apenas 1% na parcela irrigada da terceira época.

Convém ressaltar que nos tratamentos cuja cobertura do solo era incompleta, a temperatura do dossel resultou de uma integração das temperaturas das superfícies das plantas e do solo. Nas parcelas sob déficit hídrico, a influência da temperatura da superfície do solo deve ter sido maior, por estar mais seca e pela maior quantidade de energia destinada ao aquecimento do solo.

As alterações observadas no déficit de vapor d'água do ar permitem inferir que, além da deficiência de umidade no solo, as parcelas não irrigadas também foram submetidas a uma maior demanda evaporativa da atmosfera, imposta pelas alterações micrometeorológicas junto às plantas, em decorrência de modificações no balanço energético. A interação destes dois fatores (disponibilidade de água no solo e demanda evaporativa) é ponto fundamental em termos de respostas da cultura ao fator água. Além disso, considerando que o déficit de saturação de vapor d'água do ar foi elevado e a temperatura das folhas foi ainda maior do que a do ambiente externo, o gradiente de vapor folha-ar, que é a força motriz da transpiração, foi muito acentuado durante as horas mais quentes. Com isso, o fluxo de água através da planta teria de ser intenso, a fim de suprir a demanda imposta pelo gradiente de pressão de vapor folha-ar. Entretanto, como o suprimento de água pelo solo era limitado, em decorrência do seu baixo potencial matricial, houve déficit hídrico nas plantas, com alterações no seu desenvolvimento, nas trocas de vapor e energia, bem como nas condições micrometeorológicas.

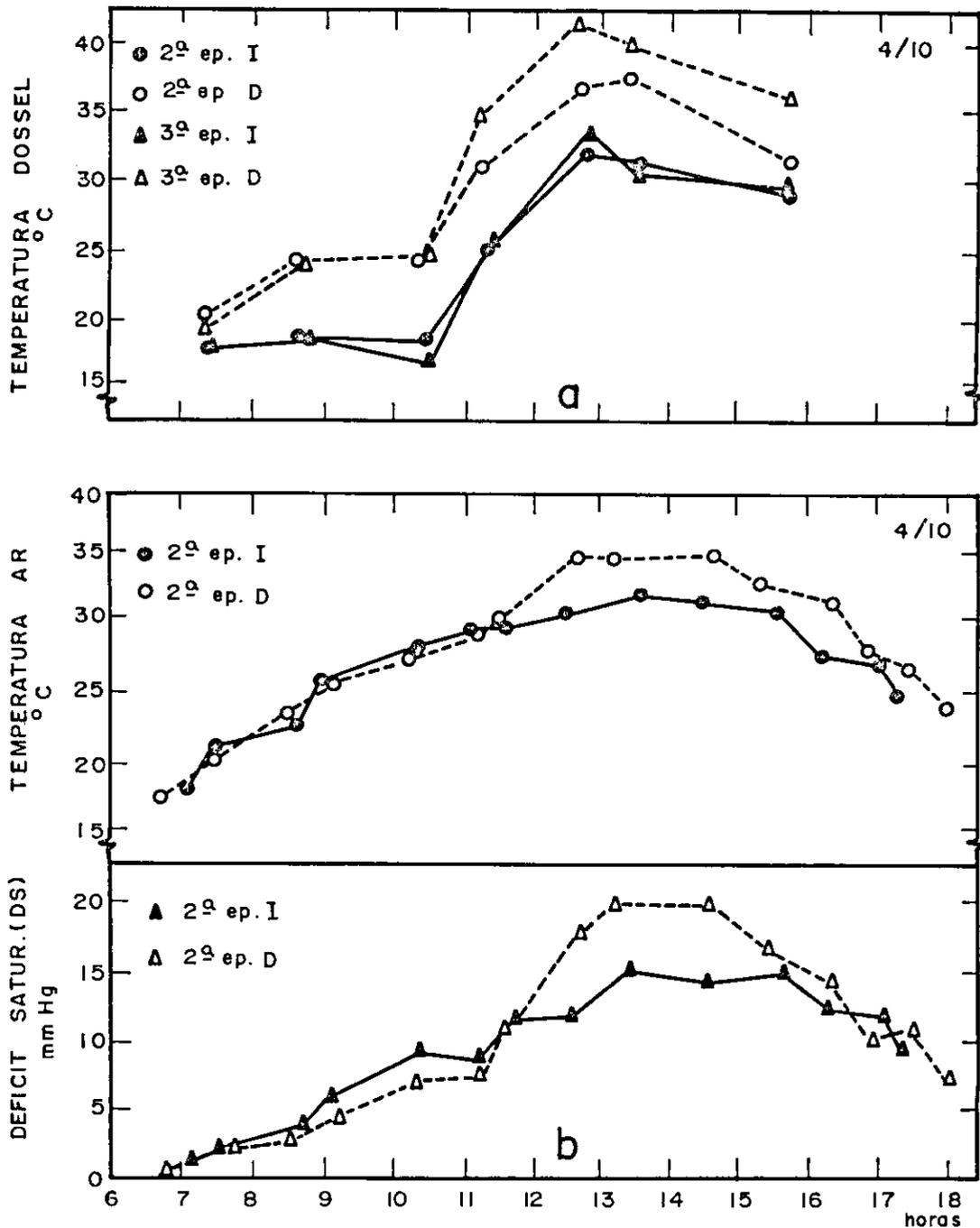


FIG. 3. Temperatura do dossel, temperatura e déficit de saturação (DS) do ar junto às plantas de feijoeiro, cultivar Aroana 8C em duas épocas de semeadura, irrigado (I) e com suspensão da irrigação (D), em 4.10. Piracicaba, 1983.

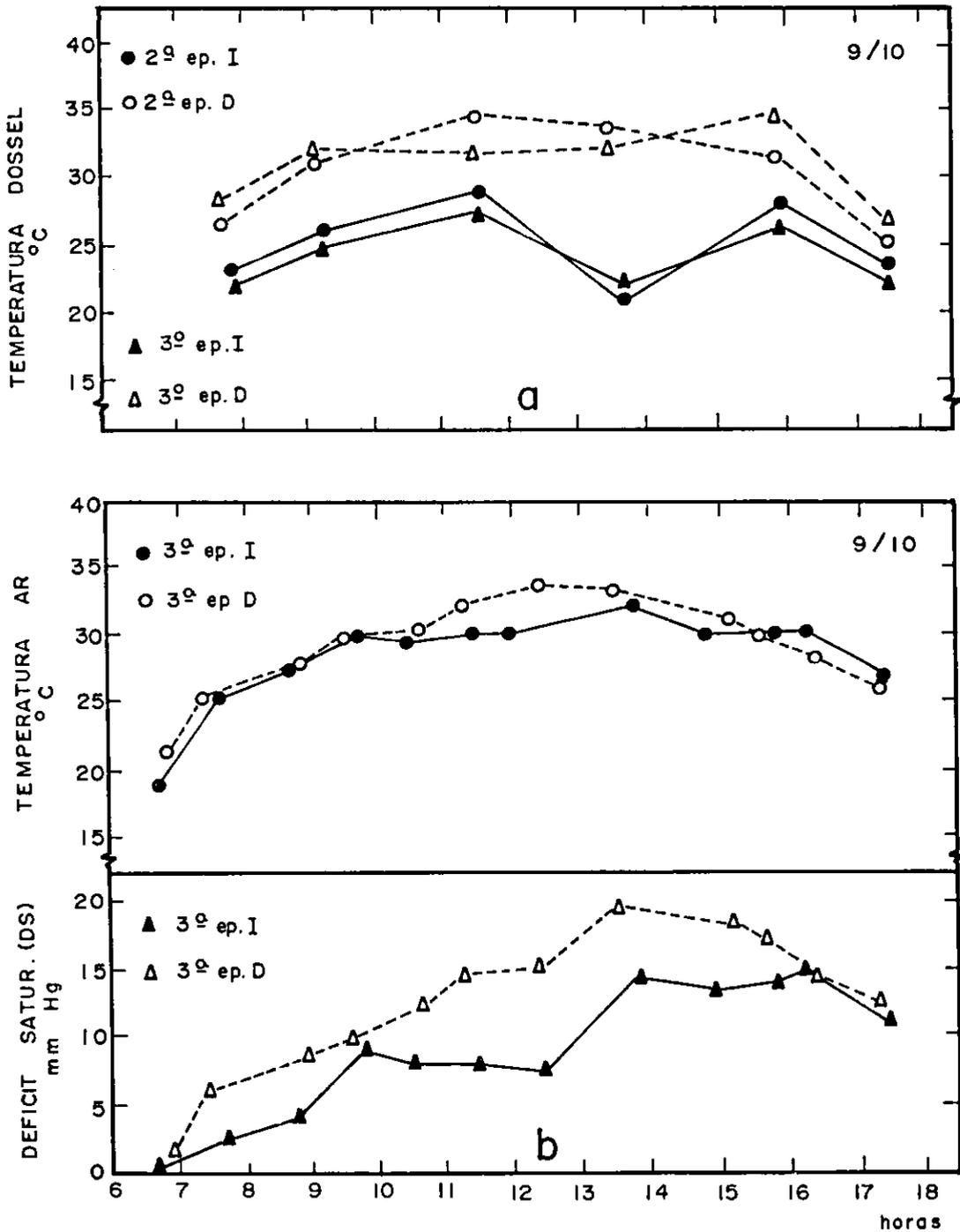


FIG. 4. Temperatura do dossel, temperatura e déficit da saturação (DS) do ar junto às plantas de feijoeiro, cultivar Aroana 80, em duas épocas de semeadura, irrigado (I) e com suspensão da irrigação (D), em 9.10. Piracicaba, 1983.

## CONCLUSÕES

1. Durante um período de estiagem, houve aumento da temperatura do dossel, como decorrência do déficit hídrico no solo e da redução do índice de área foliar. Em dias de alta demanda evaporativa da atmosfera, e nas horas mais quentes, a temperatura da superfície da cultura sob déficit hídrico foi superior à do ar da camada limite, enquanto nas parcelas irrigadas ocorreu o inverso.

2. A temperatura e o déficit da saturação de vapor d'água do ar junto às plantas também aumentaram em decorrência do déficit hídrico no solo, portanto, aumentando a demanda evaporativa da atmosfera junto à cultura não irrigada.

3. As alterações micrometeorológicas acentuaram-se à medida em que evoluiu o déficit hídrico no solo, e foram mais evidentes nas horas mais quentes do dia. As alterações ocorreram antes e mais acentuadamente na cultura menos desenvolvida. As tendências observadas nos parâmetros analisados demonstraram coerência com os balanços de energia da cultura, também evidenciando relação recíproca entre a planta e o ambiente físico que a cerca.

## REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; OMETTO, J.C.; ANGELOCCI, L.R.; LIBARDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. I. Análise de crescimento e fenologia. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 23(7):733-43, 1988a.
- BERGAMASCHI, H.; OMETTO, J.C.; VIEIRA, H.J.; ANGELOCCI, L.R.; LIBARDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. II. Balanço de energia. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 23(7):745-57, 1988b.
- BLACK, T.A.; TANNER, C.B.; GARDNER, W.R. Evapotranspiration from a snap bean crop. *Agron. J.*, 62:66-9, 1970.
- DUBETZ, S. An unusual photonastism induced by drought in *Phaseolus vulgaris*. *Can. J. Bot.*, 47:1640-1, 1969.
- EPIPHANIO, J.C.N. **Sensoriamento remoto termal para avaliação de produtividade sob deficiência hídrica de milho (*Zea mays* L.) na região dos cerrados**. São José dos Campos, INPE/CNPq, 1982. 76p. Dissertação Mestrado.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 4., Belém-PA, 1987. **Coletânea de Trabalhos**. Belém, Soc. Bras. de Agrometeorologia/EMBRAPA-CPATU, 1987. p.317-9.
- IDSO, S.B.; JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J. Remote-sensing of crop yields. *Science*, 196:19-25, 1977.
- IDSO, S.B.; REGINATO, R.J.; REICOSKY, D.C.; HATFIELD, J.L. Determining soil-induced plant water potential depression in alfalfa by means of infrared thermometry. *Agron. J.*, 73:826-30, 1981.
- KRETCHMER, P.J.; LAING, D.R.; ZULUAGA, S. **Uso del termómetro infrarrojo para la selección por tolerancia a sequía en *Phaseolus vulgaris* L.**, Cali, Colombia, CIAT, 1980. 10p.
- LAWN, R.J. Response of four grain legumes to water stress in Southeastern Queensland. I. Physiological response mechanisms. *Aust. J. Agric. Res.*, 33:481-96, 1982.
- SAKAI, E.; BRUNINI, O.; BULIZANI, E.; MURAMOTO, C.A. Efeito de déficit hídrico sobre o comportamento estomático e a temperatura de folhas em feijoeiro (cv. IAC - Carioca 80). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 4., Belém-PA, 1987. **Coletânea de Trabalhos**. Belém, Soc. Bras. de Agrometeorologia/EMBRAPA-CPATU, 1987. p.370-5.
- SANTOS, B.G. dos & SANTOS, D.S.B. Padrões de temperatura da folha e do ar em três cultivares de feijoeiro quando submetidas a dois regimes de água no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 4., Belém-PA, 1987. **Coletânea de Trabalhos**. Belém, Soc. Bras. de Agrometeorologia/EMBRAPA-CPATU, 1987. p.179-87.
- VAN BAVEL, C.H. & EHRLER, W.L. Water loss from a sorghum field and stomatal control. *Agron. J.*, 60:84-6, 1968.
- WALKER, G.K. & HATFIELD, J.L. Test of the stress-degree-day concept using multiple planting dates of red kidney beans. *Agron. J.*, 71:967-71, 1979.
- WIEBELT, J.A. & HENDERSON, J.B. Theoretical thermal modeling of a leaf with experimental verification. *Agric. Meteorol.*, 19:101-11, 1978.