

APLICAÇÃO DA TERMOMETRIA POR INFRAVERMELHO A IRRIGAÇÃO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.): PARÂMETROS FISIOLÓGICOS¹

GUSTAVO ADOLFO PAZZETTI², MARCO ANTONIO OLIVA CANO³ e MORETHSON RESENDE⁴

Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, CEP-36570.

RESUMO- Avaliou-se no campo a resposta de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Carioca submetidas a quatro regimes de irrigação, visando adotar um indicador fisiológico que permitisse determinar o momento de se efetuar a irrigação, tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva. Registraram-se significativas relações entre os decréscimos do potencial hídrico foliar e os acréscimos na resistência estomática ao longo do dia, e desta com os aumentos na temperatura do dossel, que foram maiores nas plantas sob deficiência hídrica mais acentuada. Os maiores diferenciais de temperatura do dossel foram observados entre o controle irrigado e o tratamento mais seco. Também foram registrados para cada tratamento, diferenciais de temperatura do dossel em relação à temperatura do ar, obtendo-se diferenciais positivos apenas nas plantas sob menor frequência de irrigação na condição máxima de tensão de água no solo. Os resultados indicam que o diferencial de temperatura do dossel entre uma parcela de plantas bem irrigadas e outra submetida ao estresse hídrico foi o parâmetro fisiológico mais apropriado para monitorar a irrigação.

Termos adicionais para indexação: feijão, manejo de irrigação.

IRRIGATION OF *Phaseolus vulgaris* L. BASED ON THE INFRARED THERMOMETRY: Physiological Parameters

ABSTRACT- The response of field grown dry beans cv Carioca to four irrigation treatments was evaluated in order to establish a physiological indicator to determine when to irrigate. On both vegetative and reproductive phases a decrease in the leaf-water potential corresponded to an increase of stomatal resistance, and an increase of canopy temperature. The greatest differences in canopy temperature were observed between the irrigated control and the driest treatments. The differences between canopy and air temperatures were positive only for treatments with the lowest frequencies of watering. The results suggest the canopy temperature difference between a water stressed and a well irrigated reference plot is a better indicator of the irrigation needs compared to crop minus air temperature.

Additional index terms: beans, irrigation management.

INTRODUÇÃO

A época, bem como a lâmina de água a ser reposta a cada irrigação, na maioria das vezes são definidas independentemente da interação da água no sistema solo-planta-atmosfera. Em geral, o controle da irrigação é comandado por parâmetros visuais, turno de rega fixo ou quando muito, pelo uso de tensiômetros no solo. Por outro lado, a carência de informações sobre as respostas fisiológicas das plantas à irrigação, bem

como a falta de um equipamento confiável e de fácil manejo a nível de campo, tem sido as principais dificuldades para se determinar o momento mais apropriado da suplementação de água à cultura.

Potencial hídrico foliar, resistências estomática e taxa transpiratória são parâmetros que mudam significativamente durante o intervalo de rega. A resposta das plantas esses parâmetros pode ser usada como indicador do estado hídrico das plantas (Mtui et al, 1981). Entretanto, talvez pelas dificuldades práticas na medições e pela grande variabilidade dos dados, esses parâmetros vem sendo pouco usados no controle da irrigação.

A termometria por infravermelho vem sendo empregada como técnica mediante a qual é possível determinar a temperatura do dossel de plantas C3 e C4 de forma rápida e precisa (Gardner et al, 1981; Kenner & Kircher, 1983; Bascur et al, 1985). Esse parâmetro tem sido usado no monitoramento do estado hídrico de plantas de soja (Reicosky et al, 1980), e plantas de feijão (Basour et al, 1985).

Em regiões temperadas ou semi-áridas, tem sido mostrado que ao meio dia, plantas bem irrigadas apresentam temperatura do dossel menor que a temperatura do ar (Jackson et al, 1977; Jung & Scott, 1980; Reicosky et al, 1980), e que em plantas sob estresse hídrico, essa temperatura torna-se maior ou igual à temperatura do ar (Idso et al, 1977). Entre plantas com e sem estresse, os menores valores de temperatura do dossel no horário do meio dia correspondem às plantas bem irrigadas (Reicosky & Deaton, 1979; Pazzetti, 1990). A diferença de temperatura entre plantas com e sem estresse, fundamenta-se no estado hídrico das plantas, no comportamento estomático e na perda de calor latente através da transpiração. Todos esses processos mudam ao longo do dia para cada espécie, conforme a intensidade e duração do estresse hídrico. Portanto, é preciso estabelecer a relação que existe numa dada espécie a respeito da variação dos diversos parâmetros fisiológicos que caracterizam o estresse hídrico, para adotar um indicador fisiológico que permita determinar o momento da irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Carioca foram cultivadas durante o período de seca (20/03 a 25/06/88) na área do CNPMS/EMBRAPA no município de Sete Lagoas, MG. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico de textura argilosa, de acordo com as Normas Brasileiras de Ciências do Solo.

De acordo com a análise química efetuou-se a adubação de plantio junto à sementeira mecânica, no próprio sulco, com a formulação 8-28-16, à base de 200 kg/ha. Adotou-se

¹Recebido em 17/09/91 e aceito em 17/06/92.

²Eng. Agr., M.Sc. Parte da tese apresentada para obtenção do Grau de Mestre em Fisiologia Vegetal à UFV pelo primeiro autor.

³Biólogo, Dr.rer.nat., Prof.Adj.

⁴Eng. Agr., Ph.D., Pesquisador EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas, MG.

espaçamento entre fileiras de 0,5m e densidade populacional após desbaste, de 300 mil plantas/ha.

Estabeleceram-se quatro parcelas experimentais, espaçadas entre si de 6m, nas dimensões 18x18m. Todas as parcelas foram uniformemente irrigadas até o vigésimo dia após a emergência (DAE), quando foram implantadas os tratamentos. Quatro regimes de irrigação foram condicionados por quatro níveis de tensão máxima de água no solo (TH1-0,04MPa; TH2-0,07MPa; TH3-0,3MPa e TH4-1,5MPa), na profundidade de 0,2m. A partir desta data a irrigação foi realizada de maneira separada, utilizando aspersores setoriais adequados a dimensão das parcelas.

A irrigação era feita em cada parcela assim que o solo atingia seu limite máximo 1 de tensão de água pré-estabelecido. O monitoramento da tensão de água no solo foi realizado através das leituras diárias das colunas de mercúrio dos tensiômetros e das resistências elétricas dos blocos de gesso instalados em cada parcela à profundidade de 0,2 e 0,4m.

O controle de ervas daninhas foi realizado dois dias após a semeadura, utilizando-se o herbicida metalachlor em pré-emergência na dose de 0,72 kg i.a/ha. Com oito DAE, registrou-se ataque de vaquinha (*Diabrotica sp*), pelo que foi efetuado um controle químico à base do inseticida demeton-etil.

As curvas diárias dos parâmetros fisiológicos avaliados foram obtidas em plantas na condição limite de tensão de água no solo (TH2, TH3 e TH4), e em plantas sob regime de irrigação TH1, sendo este último irrigado 12 horas antes das medições, estando portanto, próximo a capacidade de campo. Após a finalização das medições, procedeu-se a irrigação das plantas sob condição limite de tensão de água no solo, de maneira a atingir a capacidade de campo. O monitoramento dos parâmetros fisiológicos foi efetuado novamente, assim que as plantas atingiam sua condição limite pré-estabelecida. Portanto, teve-se a oportunidade de efetuar o monitoramento de cada parâmetro fisiológico por três vezes durante a fase vegetativa e, por quatro vezes na fase reprodutiva da cultura, mas não foram registradas diferenças acentuadas entre os comportamentos de cada parâmetro obtidos em ambas fases.

Foram medidos, resistência estomática abaxial (R_{st}), transpiração (E), temperatura foliar (t_f), temperatura do dossel (t_D), potencial hídrico foliar (Ψ_w), radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e temperatura do ar (t_a). Além desse monitoramento, durante cada turno de rega acompanhou-se no intervalo horário das 12 às 14 horas o diferencial de t_D entre tratamentos (Δt_D), tomando como referencial as plantas sob maior frequência de irrigação (TH1). Também foi acompanhado nesse mesmo intervalo, a evolução da temperatura do dossel em relação à temperatura do ar para cada tratamento durante todo o ciclo da cultura.

O monitoramento da R_{st} , E e t_f , foi realizado no terceiro e/ou quarto trifolios contados a partir do ápice, totalmente expandidos e expostos à radiação solar, empregando-se para isto um porômetro de difusão em estado estacionário da LICOR (LI-1600). Simultaneamente na altura correspondente ao topo do dossel vegetal, foi medida a RFA, empregando-se sensores quânticos, marca LICOR (LI-190SB), acoplados a radiômetro-fotômetro, marca LICOR (LI-185A). A medição do Ψ_w foi realizada mediante uso da câmara de pressão (Scholander *et al*, 1965). Os valores de t_D foram obtidos a distância de 0,2m dos trifolios, mediante termômetro infravermelho da Barnes Eng. Co. (BE PRT-10), direcionado em sentido perpendicular as folhas. A temperatura do ar foi obtida com termômetro de mercúrio instalado no local do experimento a 1,5m acima da superfície do solo. As curvas diárias foram construídas a partir de valores médios obtidos de cinco medições realizadas em cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento de cada parâmetro fisiológico avaliado foi praticamente o mesmo nos sete monitoramentos efetuados durante o ciclo da cultura. Dessa forma, o conjunto de gráficos apresentados na Fig. 1 representa o comportamento médio de cada parâmetro fisiológico avaliado durante todo o ciclo da cultura.

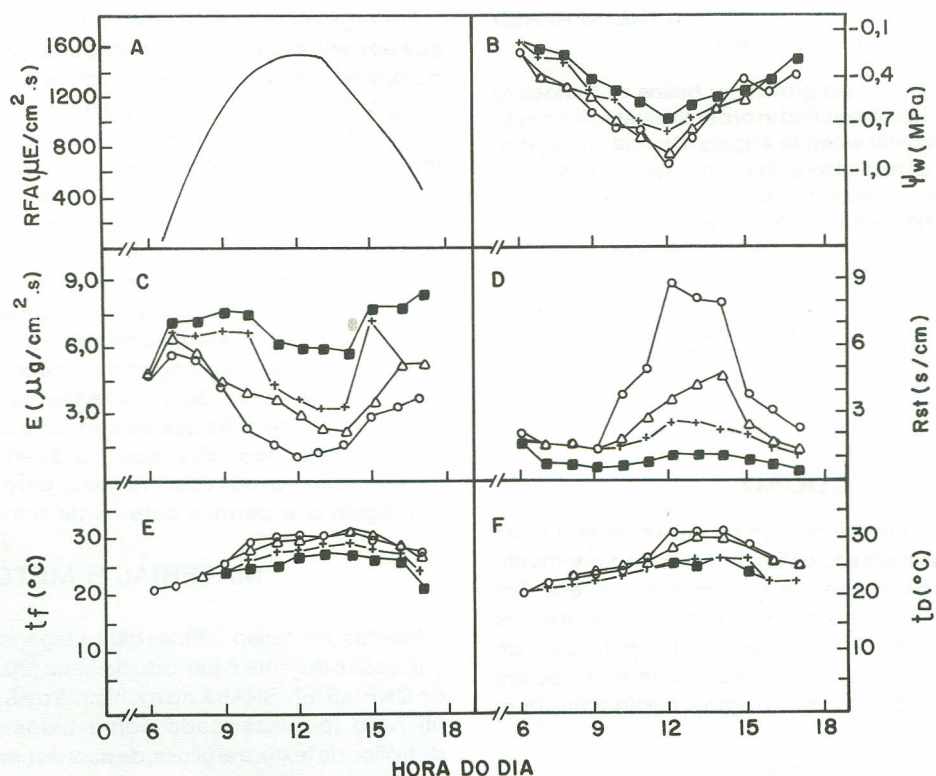


FIGURA 1- Variação diária de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), potencial hídrico foliar transpiração (E), resistência estomática (R_{st}), temperatura foliar (t_f) e temperatura do dossel (t_D) em plantas de feijão sob quatro regimes de irrigação com os seguintes níveis de tensão máxima de água no solo: TH1 (-0,04 MPa ■—■), TH2 (-0,07 MPa +—+), TH3 (-0,3 MPa △—△), TH4 (-1,5 MPa o—o).

Independente do regime de irrigação implantado, registrou-se estreita relação entre o comportamento diário do Ψ_w e da R_{st} , uma vez que, os gradativos decréscimos no Ψ_w até valores mínimos para cada tratamento, no horário da 11 às 13 h, traduziram-se em gradativos acréscimos na R_{st} até valores máximos também no intervalo referido (Fig. 1B e D). Além disso, a recuperação hídrica das plantas (aparentemente após as 13 horas), manifestada pelos paulatinos acréscimos nos valores do Ψ_w , resultou em menores valores de R_{st} após este último horário. Comportamento semelhante entre Ψ_w e R_{st} tinha anteriormente sido observado e relatado para plantas de soja com e sem irrigação (Carlson *et al.* 1979; Jung & Scott, 1980) e plantas da fava (Muller *et al.* 1986), ambas também cultivadas no campo. Convém salientar que a relação acima citada, foi mais pronunciada nas plantas sob menor frequência de irrigação (TH3 e principalmente TH4) e, portanto submetidas a maiores tensões de água no solo. Sendo assim, foram observados nessas plantas, os menores valores de Ψ_w e os maiores valores de R_{st} ao longo do dia (Fig. 1B e D).

Desde as primeiras horas da manhã, as plantas sob estresse mais acentuado (TH3 e TH4), quando na condição máxima de tensão de água no solo, já apresentavam os menores valores de Ψ_w que às plantas sob regime TH1 e TH2 (Fig. 1B). Provavelmente, isso se deva a uma recuperação hídrica incompleta durante à noite (Sivukumar & Shaw, 1978), em virtude de em solos secos o movimento de água tornar-se muito vagoroso, provocando na planta um fluxo de água insuficiente para satisfazer a demanda evaporativa (Meyer & Green, 1980). Dessa maneira, o ponto de equilíbrio entre o potencial hídrico da planta e o potencial hídrico do solo, que geralmente é alcançado antes do amanhecer (Taylor & Klepper, 1978), parece não ter sido atingido. Esse tipo de observação têm possibilitado sugerir o Ψ_w matutino como indicador do estado e da recuperação hídrica das plantas após estresse (Meyer & Green, 1980; Shouse *et al.*, 1981; Hall & Larson, 1982).

Os decréscimos de Ψ_w principalmente no horário de maior demanda evaporativa, podem estar relacionados à falta temporária de água no solo (Carlson *et al.* 1979), principalmente para as plantas sob regime TH4, e/ou associados a defasagem entre a taxa transpiratória e a taxa de absorção de água (Ehrler *et al.*, 1978b), agravados ainda pela acentuada radiação (Fig. 1A), elevada temperatura do ar (dados não apresentados), ou elevado déficit de saturação (Ritchie & Hinkley, 1974; Reicosky *et al.*, 1982 Muller *et al.*, 1982).

Segundo Turner (1974) e Denmead & Millar (1976), em condições de campo, além do estresse hídrico no solo, a irradiação também influencia a ação estomática. Todavia, deve-se ressaltar que em condições de reduzido déficit de saturação (dias nublados), porém na mesma condição máxima de tensão de água no solo para cada tratamento, o comportamento estomático obtido (dados não apresentados) foi semelhante aquele apresentado na Fig. 1D. Isto de certa forma sugere que o comportamento estomático diário depende mais do Ψ_w e sua relação com a tensão de água no solo, do que de outros fatores do ambiente, o que se confirma com os resultados apresentados por Sivukumar & Shaw (1978), que concluíram que as variações diárias de Ψ_w e R_{st} estão estreitamente relacionadas às variações no potencial hídrico no solo.

O fechamento parcial ou total dos estômatos ao longo do dia parece obedecer a um valor crítico de Ψ_w , que no caso deste cultivar e sob as condições descritas estaria em torno de -0,6 MPa (Fig. 2). Valores críticos de Ψ_w causando o fechamento estomático já foram observados anteriormente (Zabadal, 1974; Denmead & Millar, 1976), e particularmente, o mesmo valor crítico de Ψ_w aqui relatado, também foi encontrado em diversos cultivares de feijão (Bascur, 1981).

Na Fig. 2 percebe-se que os decréscimos no Ψ_w até próximo a -0,6 MPa resultaram em aumentos relativamente pequenos na R_{st} para todos os tratamentos. Ultrapassado esse valor, obteve-se acentuada resposta estomática, sendo a escala dessa resposta maior nas plantas sob elevada tensão de água no solo (TH4). Esse comportamento corrobora com aquele obtido por Carlson *et al.* (1979). É importante notar que as plantas sob regime TH4 apresentaram um primeiro Ψ_w crítico (-0,4 MPa) atingido entre oito e nove horas da manhã, o que de certa forma explicaria o súbito aumento de R_{st} nestas plantas a partir desse horário (Fig. 1D). Este primeiro ponto crítico parece revelar certo tipo de endurecimento ou adaptação, como resultado do estresse hídrico ter sido mais acentuado nas plantas submetidas a esse regime. Atingido o valor crítico de Ψ_w , houve fechamento parcial ou total dos estômatos segundo o nível de estresse, o que resultou num bloqueio parcial ou total do fluxo de vapor de água (Fig. 1C). O maior R_{st} foliar traduziu-se em aumentos da temperatura foliar e da temperatura do dossel (Fig. 1E & 1F), fato anteriormente relatado (Boyer, 1969) e compatível com aquele obtido por Bascur *et al.* (1985) em diversos cultivares de feijão.

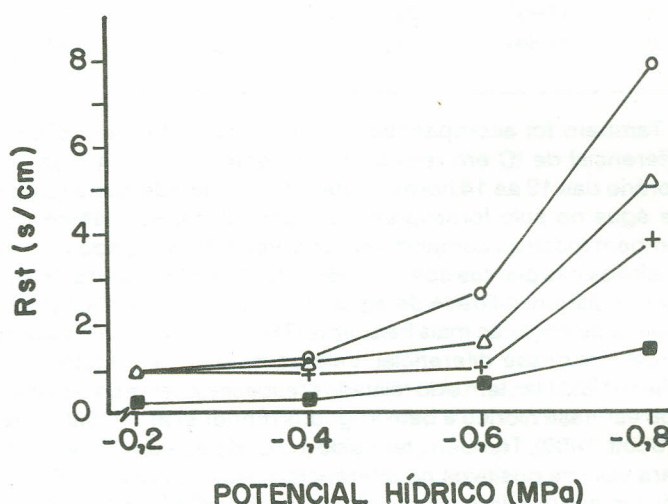


FIGURA 2-Relação entre a resistência estomática (R_{st}) e o potencial hídrico foliar obtido em plantas de feijão sob quatro regimes de irrigação com os seguintes níveis de tensão máxima de água no solo: TH1 (-0,04 MPa ■), TH2 (-0,07 MPa +), TH3 (-0,3 MPa Δ), TH4 (-1,5 MPa ○).

Independente do regime de irrigação, registrou-se significativa relação entre o comportamento diário de R_{st} , t_f e t_D . Verificou-se que os acréscimos da R_{st} ao longo do dia, que foram máximos entre 12 e 14 horas e mais acentuadas nas plantas sob regime TH3 e TH4, coincidiram com os acréscimos na t_f e t_D que também foram máximos no horário referido nas mesmas plantas (Fig. 1D, 1E & 1F). Assim, parece que dos fatores intrínsecos à planta o que mais afeta a temperatura foliar é o fechamento estomático (Raschke, 1960).

A temperatura do dossel (t_D) pode ser obtida de forma rápida e precisa (Bascur *et al.*, 1985) por não precisar de sensores de contato direto com a folha (Fuchs & Tanner, 1966) e, por ser facilmente obtida à distância, tem sido selecionada para traduzir o estado hídrico da cultura (Bascur *et al.*, 1985).

Entre turnos de rega ao longo do ciclo da cultura, as plantas sob regime TH1 sempre apresentaram os menores valores de t_D . Além disso, estes valores apresentaram comportamento mais ou menos constante dia após dia. Portanto, as plantas sob esse regime de irrigação foram tomadas como ponto de referência para expressar qualitativamente através de diferenciais de t_D (Δt_D), a condição hídrica das plantas em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Nas plantas sob o regime de irrigação

TH2 e principalmente TH3 e TH4, os ΔtD mostraram comportamento crescente a medida que progredia o esgotamento de água no solo. Esses ΔtD tornaram-se máximos na condição limite de tensão de água no solo pré-estabelecida (Tabela 1). Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Ehrler *et al.* (1978a,b.) e Basour *et al.* (1985), que encontraram boa correlação entre os decréscimos no Ψ_w e a evolução de tD .

TABELA 1 - Temperatura média do dossel (tD) e diferenciais médios de tD em relação à temperatura do ar (tD -tar) e entre tratamentos (ΔtD). Valores obtidos ao meio dia na condição de máxima de tensão de água no solo em plantas de feijão mantidas sobre quatro regimes de irrigação.

Tensão máxima de de agua no solo (MPa) °C		tD	ΔtD	tD -tar
-0,04 (TH1)		26,1 $\pm$ 0,1	-	-1,5
-0,07 (TH2)		26,6 $\pm$ 0,2	0,5	-
-0,3 (TH3)		29,3 $\pm$ 0,4	3,2	2,7
-1,5 (TH4)		32,0 $\pm$ 0,3	5,9	3,5

Também foi acompanhado no intervalo entre irrigações o diferencial de tD em relação à temperatura do ar (tD -tar), no horário das 12 às 14 horas (Tabela 1). Na medida que a tensão de água no solo tornava-se mais acentuada, este diferencial também mostrou comportamento crescente, atingindo valores positivos nas plantas sob regimes TH2, TH3 e TH4, portanto sob menor disponibilidade de água. Por outro lado, as plantas sob regime de irrigação mais frequente (TH1), apresentaram valores negativos desse diferencial. Valores positivos e negativos do diferencial tD -tar, tem sido relatados respectivamente para plantas sob estresse hídrico e bem irrigadas (Ehrler *et al.*, 1978ab; Jung & Scott, 1980). Também, tem sido indicado que um incremento para valores positivos no diferencial tD -tar obtido ao meio dia, parece adequado para monitorar o "status" hídrico no solo e ainda indicar o momento de se efetuar a irrigação (Idso & Ehrler, 1976). Entretanto, é importante ressaltar que foi observada grande interferência dos fatores do ambiente (velocidade do vento e presença de nuvens), sob o diferencial tD -tar. Por outro lado, o tD apresentou-se menos dependente das flutuações ambientais, podendo ser recomendado como indicador fisiológico do estado hídrico das plantas (Aston & Van Bavel, 1972; Berliner *et al.*, 1984).

O estreito relacionamento observado entre a evolução do estresse hídrico com as variações na temperatura do dossel, possibilita admitir o uso da termometria por infravermelho, para determinar-se o início do estresse hídrico e, conseqüentemente, poder determinar o momento de se efetuar a irrigação.

CONCLUSÕES

Potencial hídrico foliar, resistência estomática e transpiração mostraram estreita relação com a temperatura foliar e do dossel em plantas de feijão em diferentes níveis de umidade no solo.

O diferencial temperatura do dossel e temperatura do ar mostrou-se como parâmetro pouco confiável para determinar o estado hídrico da cultura.

O diferencial de temperatura do dossel entre plantas com e sem estresse hídrico, mostrou uma consistência suficiente, e parece evidenciar o estado hídrico da cultura de forma rápida e simples. Portanto, é possível estabelecer um tD como indicador do momento de se efetuar a irrigação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS).

REFERÊNCIAS

- ASTON, A.R. & Van BAVEL, C. H. M. Soil surface water depletion and leaf temperature. *Agronomy Journal*, 64:368-373, 1972.
- BASCUR, G.A.B. *Estudo da resistência à seca em doze cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris) mediante termometria a infra-vermelho*. Viçosa, UFV, 1981. 63p. Tese MS.
- BASCUR, G.A.B.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja en selección de genótipos de frijol resistentes a la sequía II. Bases fisiológicas. *Turrialba*, 35(1):43-47, 1985.
- BERLINER, P.; OOSTERHUIS, D. M.; GREEN, G. C. Evaluation of the infrared thermometer as a crop stress detector. *Agricultural and Forest Meteorology*, 31:219-230, 1984.
- BOYER, J.S. Measurements of water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 20:351-360, 1969.
- CARLSON, R.E.; MONEM, N. N.; ARJMAND, O.; SHAW, R. H. Leaf conductance and leaf-water potential relationships for two soybeans cultivars grown under controlled irrigation. *Agronomy Journal*, 71:321-25, 1979.
- DENMEAD, O.T. & MILLAR, B.D. Field studies of the conductance of wheat leaves and transpiration. *Agronomy Journal*, 68:307-311, 1976.
- EHRLER, W. L.; IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; REGINATO, R. J. Wheat canopy temperature relation to plant water-potential. *Agronomy Journal*, 70:251-256, 1978a.
- EHRLER, W. L.; IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; REGINATO, R. J. Diurnal changes in plant water potential and canopy temperature of wheat as affected by drought. *Agronomy Journal*, 70:999-1004, 1978b.
- FUCHS, M. & TANNER, C.B. Infrared thermometry of vegetation. *Agronomy Journal*, 58:597-601, 1966.
- GARDNER, B.R.; BLAD, B.L.; WATTS, D.G. Plant air temperature in differentially irrigated corn. *Agricultural Meteorology*, 25:207-217, 1981.
- HALL, R.G. & LARSON, K.L. Water Stress of alfalfa during stress and recovery. *Canadian Journal of Plant Science*, 62:639-647, 1982.
- IDSO, S.B. & EHRLER, W.L. Estimating soil moisture in the root zone of crops: A technique adaptable to remote sensing. *Geophysical Research Letters*, 3:23-55, 1976.
- IDSO, S.B.; JACKSON, R.D.; REGINATO, R.I. Remote sensing of crop yields. *Science*, 196:19-25, 1977.
- JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J.; IDSO, S.B. Wheat canopy temperature: A practical tool for evaluating water requirements. *Water Resources Research*, 13:651-656, 1977.
- JUNG, P.K. & SCOTT, H.D. Leaf water potential stomatal resistance and temperature in relation growth soybeans. *Agronomy Journal*, 72:986-990, 1980.
- KENNER, M.E. & KIRCHER, P.L. The use of canopy temperature as an indicator of drought stress in humid regions. *Agricultural Meteorology*, 28:339-349, 1983.
- MEYER, W. S. & GREEN, G. C. Water use by wheat and plant indicators of available soil water. *Agronomy Journal*, 72:253-257, 1980.
- MTUI, T.A.; KANEMASU, E.T.; WASSOM, C. Canopy temperatures water use and water use efficiency of corn genotypes. *Agronomy Journal*, 73:639-643, 1981.
- MULLER, O.; GRIMME, K.; MEYER, C.; EHLERS, W. Leaf-water potential and stomatal conductance of field-grown fababeans (*Vicia faba* L.) and oats (*Avena sativa* L.). *Plant & Soil*, 93:17-33, 1986.
- PAZZETTI, G.A. Aplicação da termometria infravermelha na irrigação das culturas do milho (*Zea mays* L.) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Viçosa, UFV, 1990. 61p. Tese MS.
- RASCHKE, K. Heat transfer between plant and the environment. *Annual Review of Plant Physiology*, 11:111-126, 1960.
- REYCOSKY, D.C. & DEATON, D.E. Soybean water extretion leaf water potential and evapotranspiration during drought. *Agronomy Journal*, 71:45-50, 1979.
- REYCOSKY, D.C.; DEATON, D. E.; PARSONS, J. E. Canopy air temperature and evaporation from irrigated and stressed soybeans. *Agricultural Meteorology*, 21:21-35, 1980.
- REYCOSKY, D.C.; KASPAR, T.C.; TAYLOR, H.M. Diurnal relationships between evapotranspiration and leaf water potential of field grown soybean. *Agronomy Journal*, 74: 667-673, 1982.
- RITCHIE, B.A. & HINCKLEY, T.M. The pressure chamber as an instrument for ecological research. In: *Advances in Ecological Reserach*. ed. A. Macfadyen. New York, Academic Press, 1974.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMELL, H. T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, A. Sap

- pressure in vascular plants. **Science**, 148:339-346, 1965.
- SCOTT, H.D.; JUNG, P.K.; FERGUSON, J.A. A comparison of soybean water potential and leaf temperatures under progressive drought. **Agronomy Journal**, 73:574-576, 1981.
- SHOUSE, P.; DASBERG, S.; JURY, W.A.; STOLZY, L.H. Water deficits on water potential yield and water use of cowpeas. **Agronomy Journal**, 73:333-336, 1981.
- SIVUKAMAR, M.V.K & SHAW, R.H. Relative evaluation of water stress indicators of soybeans. **Agronomy Journal**, 70:619- 623, 1978.
- TAYLOR, K. M. & KLEPPER, B. The role of rooting characteristics in the supply of water to plants. **Advances in Agronomy**, 30:99-128, 1978.
- TURNER, N.C. Stomatal response to light and water under field conditions. **Royal Society of New Zealand Bulletin**, 12:423-432, 1974.
- ZABADAL, T.J. A water-potential threshold for the increase of abscissic in leaves. **Plant Physiology**, 53:125-127, 1974.