

MAPEAMENTO DE ÍNDICE DE ESTRESSE HÍDRICO DA CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM PIVÔ CENTRAL POR MEIO DE TERMOMETRIA A INFRAVERMELHO¹

R. L. GOMIDE², M. K. KOBAYASHI³, G. de AVELLAR⁴

RESUMO: O principal objetivo deste trabalho foi o mapeamento de índice de estresse hídrico da cultura (IEHC) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em pivô central por meio de termometria a infravermelho. Um transdutor de temperatura a infravermelho (TTIR) registrou os valores de temperaturas do dossel da cultura (T_c) e do ar (T_a), déficit de pressão de vapor do ar (DPV) e radiação solar. Uma equação relacionando a diferença $T_c - T_a$ atual (dT) com os limites inferior e superior de $T_c - T_a$ (dT_i e dT_s) foi usada nos cálculos dos valores de IEHC. Equações relacionando a diferença $T_c - T_a$ com o DPV constituíram estes limites. Um sistema de posicionamento global diferencial possibilitou o georreferenciamento dos locais de medições de altimetria da área, da diferença $T_c - T_a$ e de produtividade de grãos da cultura e a integração dos dados a um sistema de informação geográfica (SIG). O TTIR mostrou-se eficaz no mapeamento de IEHC e possibilitou a caracterização e análise da variabilidade do estresse hídrico da cultura e produtividade de grãos. Valores de IEHC de 0,0 a 0,2 foram encontrados em 65,3 % da área irrigada. Apenas 7 % da área irrigada forneceu rendimentos de grãos da ordem de 2000 a 3000 Kg/ha. As áreas da parte mais elevada do pivô apresentaram as menores produtividade e os maiores valores de IEHC, devido principalmente a baixa uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação.

PALAVRAS-CHAVES: sistema de informação geográfica, temperatura do dossel, água e produtividade de grãos.

DRY BEAN CROP (*Phaseolus vulgaris* L.) WATER STRESS INDEX MAPPING IN CENTER PIVOT BY MEANS OF INFRARED THERMOMETRY

SUMMARY: The main objective of this work was the mapping of dry bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) water stress index (IEHC) in center pivot by means of infrared thermometry. An

¹ Pesquisa financiada pelos projetos Embrapa 12.1999.021-02 e PRODETAB 030-01/1999.

² Engenharia de Irrigação, Ph.D., Pesquisador Sênior, Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG, Fone: (31)3779-1228, E-mail: gomide@cnpmc.embrapa.br.

³ Eng. Agrônomo, D.S. Eng. Agrícola, Prof. UNIMONTES, Caixa Postal 91, 39440-000 Janaúba, MG.

⁴ Geógrafa, Geoprocessamento, Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG.

infrared pressure transducer (TTIR) registered crop canopy (T_c) and air (T_a) temperatures, vapor pressure deficit of the air (DPV), and solar radiation. An equation relating the actual difference $T_c - T_a$ (dT) to the inferior e superior limits of $T_c - T_a$ (dT_i and dT_s) was used in the IEHC values computations. Equations relating the difference $T_c - T_a$ to the DPV constituted these limits. A differential global position system made possible the positioning of the measurements sites of field altimetry, $T_c - T_a$ difference and crop grain yield and the integration of the data to a geographic information system (SIG). The TTIR showed itself effective in the IEHC mapping and made possible the characterization and analysis of crop water stress and grain yield variability. IEHC values of 0.0 to 0.2 were found in 65.3 % of the irrigated field. Only 7 % of the irrigated field provided grain yield in the range of 2000 to 3000 Kg/ha. The most elevated portion of the pivot field showed the lowest grain productivity and the greatest values of IEHC, due mainly the low uniformity of water distribution of the irrigation system.

KEYWORDS: geographic information system, canopy temperature, water and grain yield.

INTRODUÇÃO

As regiões semi-áridas do Brasil caracterizam-se pelo uso intensivo de diferentes sistemas agrícolas irrigados, onde geralmente as áreas vêm sendo manejadas de maneira uniforme. Isso traz a tona um problema que os técnicos e agricultores enfrentam no estabelecimento de estratégias de gerenciamento destes sistemas, a variabilidade espacial e temporal de alguns atributos relacionados ao estatus hídrico das culturas. De modo geral, a reposição da água requerida pelas culturas por meio da irrigação é feita com base em um valor médio para toda a área. Com isso, dependendo da disponibilidade de água no solo, parte da área pode receber excesso de aplicação de água e parte menos água que o requerido. Esta prática pode resultar perdas econômicas para os agricultores, como também provocar danos ao meio ambiente, sobretudo devido à lixiviação de agroquímicos.

Técnicas de sensoriamento remoto de superfície (WANJURA & UPCHURCH, 2000; KOSTRZEWSKI et al., 2002) têm sido utilizadas na determinação da variabilidade de estatus hídrico das culturas em áreas irrigadas. A porção do infravermelho termal do espectro tem sido usada para acessar e avaliar o estado hídrico de culturas baseado na correlação direta existente entre as temperaturas do dossel da cultura (T_c) e do ar (T_a) e o estresse hídrico (JACKSON, 1982). Além disso, outros fatores ambientais de clima (déficit de pressão de vapor do ar, saldo de radiação, resistência aerodinâmica e resistência do dossel da cultura) precisam ser considerados para uma boa medida e caracterização dos níveis de estresse hídrico da cultura (JACKSON, 1982; SADLER et al., 2002). O registro de T_c tem sido obtido

com termômetros a infravermelho portáteis. Mais recentemente, métodos para integrar índices de vegetação espectral com temperatura têm sido estudados para estimativas de evapotranspiração de culturas (ET_c) remotamente (CARLSON et al., 1995; MORAN et al., 1994).

O presente trabalho teve como objetivo principal o mapeamento de índice de estresse hídrico da cultura (IEHC) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em pivô central por meio de termometria a infravermelho. O estudo visou também integrar os dados de IEHC, altimetria da área e produtividade de grãos a um sistema de informação geográfica (SIG) para posterior acesso, processamento, análise e comparação dos mapas gerados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área irrigada por pivô central, da Embrapa Milho e Sorgo, de 38 ha, localizada em Sete Lagoas, MG. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro álico, fase cerrado. A cultivar de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizada foi o Carioca. A semeadura foi realizada em 03/07/2002 com o espaçamento entre fileiras de plantio de 45 cm, distribuindo-se de 12 a 14 sementes por metro de fileira. Os tratos culturais (adubação, controle de pragas e doenças) foram realizados de acordo com as recomendações técnicas do cultivo do feijão. O cálculo da lâmina de água aplicada em cada irrigação foi realizado pelo método do tanque classe A (DOORENBOS & PRUITT, 1977). A colheita foi efetuada em 08/11/2002 e os dados de produtividade da área foram obtidos por meio de uma automotriz, dotada de antena, receptor DGPS e monitor automático de produtividade grãos.

A temperatura do dossel da cultura (T_c) foi registrada por meio de um transdutor de temperatura a infravermelho (TTIR), fabricado pela Everest Interscience, modelo 510B, com ângulo de visada de 1°, faixa de espectro de 8 a 14 μ m e emissividade de 0,98. As leituras de T_c foram realizadas aos 74 dias após a semeadura (12/09/2002), estágio fenológico R6 ou floração (escala do Centro Internacional de Agricultura Tropical- CIAT), no horário de 9 às 16 h, sob condição de céu claro, com o TTIR distanciado de 2 a 3 m dos alvos e o eixo de visada do instrumento formando um ângulo de cerca de 45° em relação a superfície do dossel da cultura. As leituras de T_c foram realizadas próximo às direções de deslocamento das torres do pivô central (Figura 1) com visadas do TTIR nos sentidos leste-oeste e norte-sul (Figura 1). O transdutor, mantido sempre a 1,5 m de altura acima do dossel da cultura, registrou também os valores de temperatura do ar (T_a), déficit de pressão de vapor do ar (DPV) e radiação solar. Com o auxílio de um sistema de posicionamento global diferencial (DGPS), via satélite, da Trimble (modelo AG114), de precisão submétrica, foram georreferenciados as

áreas de amostragem de leituras do TTIR e os dados de altimetria da área, obtidos com uma estação total a laser em uma malha de 25 m x 25 m (Figura 1).

O índice de estresse hídrico da cultura (IEHC) foi calculado com base na seguinte equação (IDSO, 1982; JACKSON, 1982):

$$IEHC = 1 - E_{Tr} / E_{Tp} = (dT - dT_i) / (dT_s - dT_i) \quad (1)$$

em que, E_{Tr} e E_{Tp} são a evapotranspiração real e potencial da cultura, respectivamente, dT é a diferença $T_c - T_a$ atual, dT_i e dT_s são os limites inferior e superior de $T_c - T_a$, respectivamente. Estes limites constituíram as linhas básicas não estressada (dT_i) e estressada (dT_s), ajustadas por meio de equações de regressão que relacionaram a diferença $T_c - T_a$ com o DPV.

A integração dos dados georreferenciados de elevação, IEHC e produtividade da cultura ao sistema de informação geográfica (SIG) foi realizada com o software SPRING, versão 4.0, para posterior acesso, processamento e análises de variabilidade destes dados na área do pivô.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra os mapas de localização das áreas de amostragem das leituras do TTIR e de elevação (com curvas de nível a cada 5 m) da área do pivô central. A área irrigada apresentou superfície uniforme, suavemente ondulada, declividade média de 7,9 % na direção ao eixo leste-oeste (desnível total de 55 m, diâmetro do pivô = 696 m).

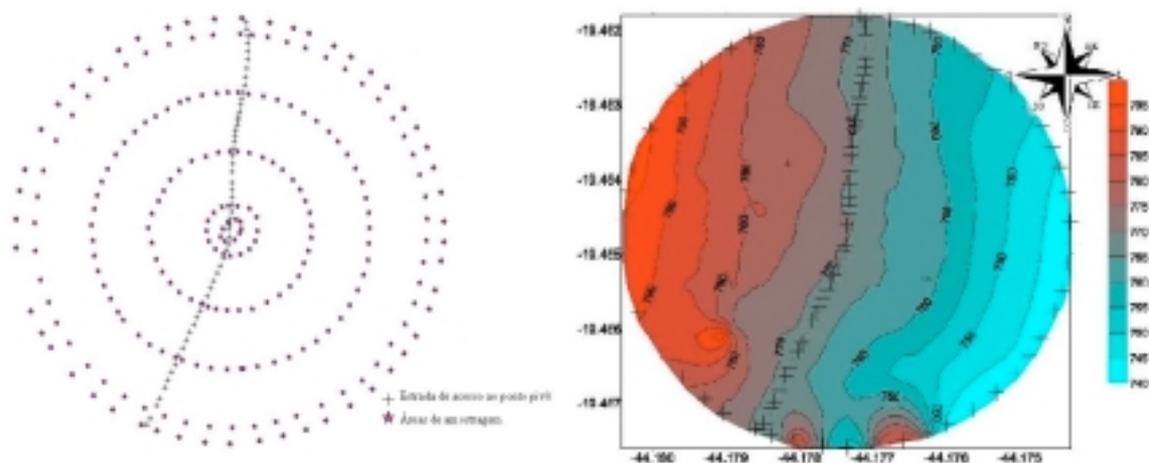


Figura 1. Localização das áreas de amostragem de leituras do transdutor de temperatura a infravermelho (esquerda) e variação de elevação (direita) no pivô central.

Os mapas de variação do índice de estresse hídrico de cultura (IEHC) e da produtividade de grãos de feijão na área do pivô central encontram-se na Figura 2. Quando uma cultura sem estresse hídrico (bem suprida de água) transpira, a água transportada devido ao processo de evaporação mantém a temperatura das folhas abaixo da temperatura do ar da atmosfera ao redor da folha (esfriamento). Assim que a cultura começa a ficar estressada hidricamente, a sua taxa de transpiração reduz e, por conseguinte, a temperatura de suas folhas aumenta.

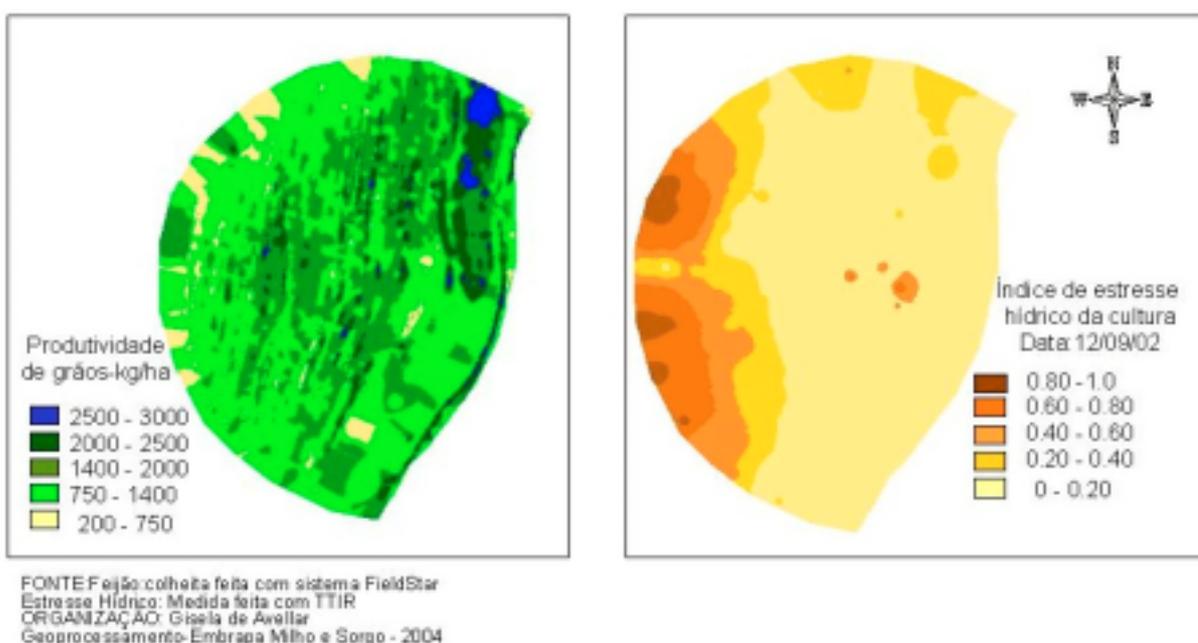


Figura 2. Variação espacial da produtividade de grãos e do índice de estresse hídrico de cultura (IEHC) durante a floração do feijão na área do pivô central.

A produtividade de grãos variou de 200 a 3000 Kg/ha. A região da parte mais elevada (oeste) do pivô apresentou as menores produtividades e os maiores IEHC (Figuras 1 e 2). Nesta região, verificou-se a predominância de um rendimento de grãos de 200 a 750 Kg/ha e uma variação de IEHC de 0,6 a 1,0, que corresponderam a 4,6 % e 9,8 % da área irrigada, respectivamente. Registrou-se produtividade da ordem de 750 a 1400 Kg/ha e 1400 a 2000 Kg/ha em 53,5 % e 35 % da área irrigada, respectivamente, onde prevaleceu valores de IEHC de 0,2 a 0,4. Apenas 7 % da área irrigada forneceu os maiores rendimentos (2000 a 3000 Kg/ha) com valores de IEHC de 0,0 a 0,2. De um modo geral, os valores de IEHC variaram de 0,0 a 0,2 e 0,2 a 0,4 em 65,3 % e 15,3 % da área irrigada, respectivamente. Para a cultura irrigada, os níveis de produtividade foram baixos. Isto pode ser justificado pela baixa uniformidade de distribuição de água do pivô, principalmente nas áreas mais elevadas (active)

onde avaliações de campo forneceram valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen da ordem de 68 %. Verificou-se uma boa correlação entre os mapas de IEHC e produtividade de grãos de feijão na área do pivô central.

CONCLUSÕES

O uso do TTIR no registro de dados georreferenciados de déficit de pressão de vapor (DPV) do ar e de diferenças de $T_c - T_a$ mostrou-se eficaz no mapeamento de IEHC da cultura do feijoeiro e possibilitou a caracterização e análise de variabilidade de estresse hídrico da cultura e produtividade de grãos de áreas irrigadas. Os valores ideais de IEHC de 0,0 a 0,2 foram encontrados em 65,3 % da área irrigada. Os maiores rendimentos da cultura (2000 a 3000 Kg/ha) foram obtidos em apenas 7 % da área irrigada. As menores produtividade e os maiores IEHC foram encontrados na região da parte mais elevada do pivô. A baixa uniformidade de distribuição de água do pivô, principalmente das áreas mais elevadas, foi a principal causa dos baixos níveis de rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARLSON, T.N., W.J. CAPEHART; R.R. GILLIES. A new look at the simplified method for remote sensing of daily evapotranspiration. *Remote Sens. Environ.* 54:161-167, 1995.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 24).
- IDSO, S.B. Non-water-stressed baselines: a key to measuring and interpreting plant water stress. *Agricultural Meteorology* 27:59-70, 1982.
- JACKSON, R.D. Canopy temperature and crop water stress. In: HILLEL, D. **Advance in irrigation**. New York, Academic Press, v. 1, p.43-85, 1982.
- KOSTRZEWSKI, M.; WALLER, P.; GUERTIN, P.; HABERLAND, J.; COLAIZZI, P.; BARNES, E.; THOMPSON, T.; CLARKE, T.; RILEY, E.; CHOI, C. Ground-based remote sensing of water & nitrogen stress. *ASAE. Trans. of the ASAE* 46(1): 29-38. 2002.
- MORAN, S.M., T.R. CLARKE, Y. INOUE; A. VIDAL. Estimating crop water deficit using the relationship between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sens. Environ.* 49:246-263, 1994.
- SADLER, E.J.; CAMP, C.R.; EVANS, D.E.; MILLEN, J.A.. Corn canopy temperature measured with a moving infrared thermometer array. *ASAE. Transaction of the ASAE* 45(3): 581-591. 2002.
- WANJURA, D.F.; UPCHURCH, D.R. Canopy temperature characterization of corn and cotton water status. *ASAE. Transaction of the ASAE* 43(4): 867-875. 2000.