



## I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS

“Pesquisa e Transferência de Tecnologia Contextualizada ao Semiárido”

IFCE Campus Iguatu - CE - Brasil

22 a 24 de maio de 2013

### BALANÇO DE ENERGIA DURANTE O CRESCIMENTO INICIAL DE UM CULTIVO IRRIGADO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO SEMIÁRIDO

Luciana Sandra Bastos de Souza<sup>1</sup>, Thieres George Freire da Silva<sup>2</sup>, Magna Soelma Beserra de Moura<sup>3</sup>, Marcela Lúcia Barbosa<sup>4</sup>, José Edson Florentino de Morais<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bióloga, Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa - MG, Fone: (31) 3899.1859, sanddrabastos@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, Prof<sup>o</sup>. Adjunto, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Serra Talhada-PE.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup>. Agrônoma, Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina - PE.

<sup>4</sup> Graduanda do curso de Ciências Biológicas e Agronomia, Bolsistas PET Biologia UAST e FACEPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Serra Talhada-PE.

Apresentado no

I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido - SBRNS

22 a 24 de Maio de 2013 - Iguatu - CE, Brasil

**RESUMO:** Objetivou-se analisar o balanço de energia em um cultivo irrigado de cana-de-açúcar durante a fase inicial de crescimento. O experimento foi conduzido no município de Juazeiro, BA, Semiárido brasileiro. Foram obtidas medidas micrometeorológicas e aplicado o método do balanço de energia com base na razão de Bowen. Quatro dias após o último evento de irrigação (4, 12, 17 e 21 dias), foram escolhidos para analisar os padrões horários dos componentes do balanço de radiação e de energia. Com os resultados, verificou-se que a redução da disponibilidade de água no solo, resultante dos dias após o último evento de irrigação, e o déficit de pressão de vapor d'água, devido as condições meteorológicas locais, modificam o balanço de energia da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** déficit de pressão de vapor, razão de Bowen, RB 92579

### ENERGY BALANCE DURING THE INITIAL GROWTH OF AN IRRIGATED CULTIVATION OF SUGARCANE IN THE SEMI-ARID

**ABSTRACT:** It objective was to analyze the energy balance in irrigated sugarcane crop during the initial phase of growth. The experiment was conducted in the district of Juazeiro, State of the Bahia, the Brazilian semi-arid region. Micrometeorological measures were obtained and applied the energy balance method based on the Bowen ration. Four days after the last event of irrigation (4, 12, 17 and 21 days), were chosen to analyze the balance sheet components times patterns of radiation and energy. With the results, it was found that the reduction in water availability in the soil, days after the last event of irrigation, and the vapour pressure deficit, due to local weather conditions, modify the energy balance of sugarcane crop under irrigation in the Brazilian semi-arid region.

**KEYWORDS:** déficit de pressão de vapor, razão de Bowen, RB 92579

### INTRODUÇÃO

A superfície terrestre é a principal área de transferência de energia para os processos atmosféricos, que estão relacionados aos fluxos do balanço de radiação e de energia em



superfície. O conhecimento do comportamento desses fluxos é crucial para um melhor entendimento dos mecanismos que controlam o ciclo de água, carbono e de outros processos dos ecossistemas, bem como os seus efeitos sobre o tempo meteorológico e o clima da Terra (BALDOCHI et al., 2004).

A biosfera e o clima compõem um sistema acoplado, onde as escalares meteorológicas (temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, insolação, dentre outras) e os processos biológicos (fotossíntese, respiração, trocas de calor e vapor d'água) afetam o balanço de água, os fluxos de carbono e o crescimento das plantas (MOTZER, 2005).

A compreensão dos processos que influenciam na interação biosfera-atmosfera pode ser obtida por meio de medições micrometeorológicas (QIN et al., 2008). O método do balanço de energia, com base na razão de Bowen (BERB), é um dos mais utilizados em estudos micrometeorológicos. Para a partição da energia disponível a diferença entre o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo ( $R_n - G$ ) entre os fluxos de calor latente (LE) e sensível (H), o método BERB se baseia na relação do fluxo-gradiente e na transferência de massa. É um método indireto, quando comparado ao método dos Vórtices Turbulentos, que mede diretamente os fluxos, ou aos lisímetros de pesagem, que medem a variação de massa de um volume de solo (INMAN-BAMBER; MCGLINCHEY, 2003).

A partição do balanço de energia em uma superfície varia de acordo com as suas características, disponibilidade de água e as condições meteorológicas locais (MOTZER, 2005; QIN et al., 2008). Assim, objetivou-se analisar o balanço de energia em um cultivo irrigado de cana-de-açúcar durante a fase inicial de crescimento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo foi conduzido em um talhão experimental de 12,17 ha de cana-de-açúcar, situado no município de Juazeiro, Bahia, no Submédio do Vale do São Francisco, na região semiárida do Nordeste brasileiro. As coordenadas geográficas do local de realização do estudo são: 9°28'07"S; 40°22'43"O; 386,5 m. A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* sp.), variedade RB 92579, foi conduzida no ciclo de cana-soca (segundo ciclo da cultura), na safra de 2007/2008. O solo da área experimental é pertencente à classe dos Vertissolos.

O cultivo foi realizado na direção leste-oeste, em fileiras com espaçamento de 1,5 m. A adubação foi feita com base nas análises de solo e foliar, onde no início do ciclo de cana-soca foram aplicados 157,5 kg ha<sup>-1</sup> e 0,5 L ha<sup>-1</sup> de uréia e Ajipower, respectivamente. Para o controle de ervas daninhas foram aplicados 1 L ha<sup>-1</sup> dos herbicidas Aminol e Trop.

A irrigação era do tipo superficial por sulcos, utilizando um sistema de condução em tubos janelados, tendo os eventos sido realizadas com base no conteúdo de água no solo obtido por meio de uma sonda FDR (Frequency Domain Reflectometer) modelo PR2/6 (Delta-T Devices Ltd., Burwell, Cambridge, UK) e a partir dos valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), calculado pelo método de Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO. A irrigação foi realizada sempre que o conteúdo de água no solo atingia 50% da capacidade de campo.

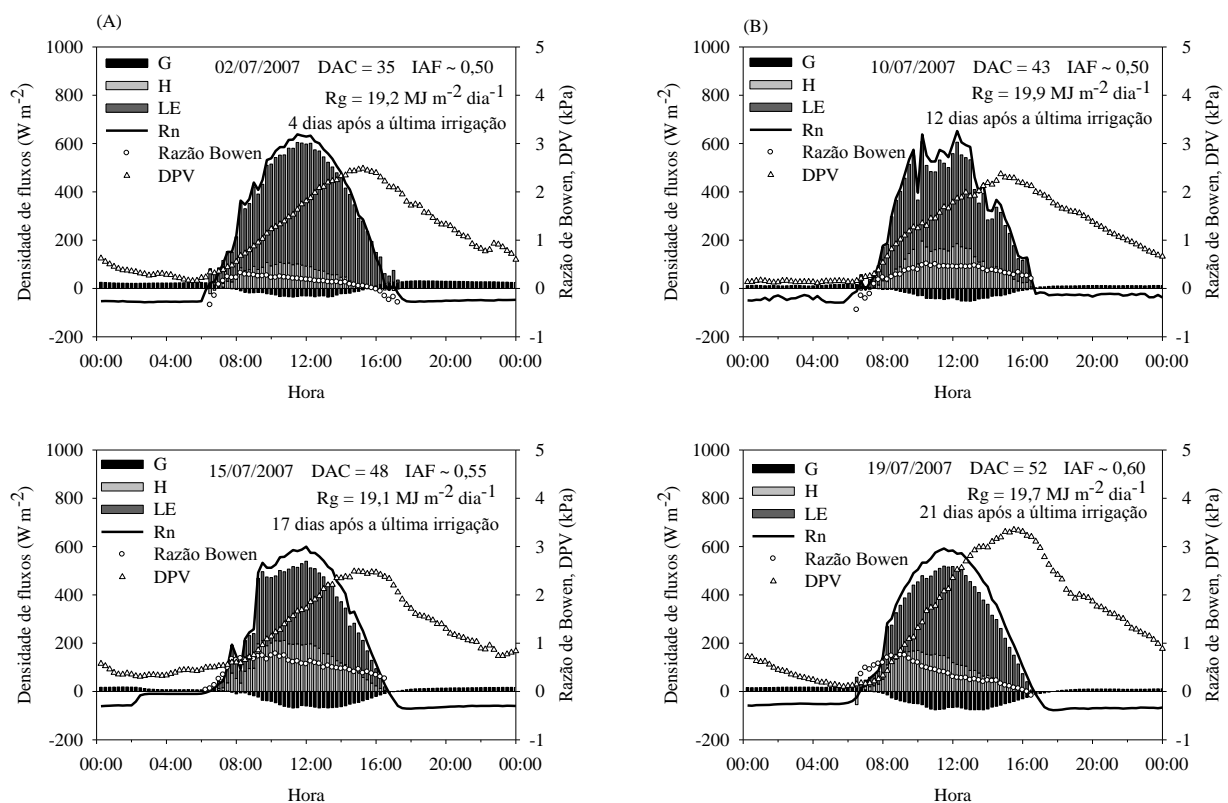
Para a quantificação dos componentes do balanço de radiação e energia foi instalada uma torre micrometeorológica de oito metros de altura e a 350 m em relação à bordadura, na direção do vento predominante, com vários sensores eletrônicos. O saldo radiômetro (NR-Lite Net radiometer, Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah) foi instalado na altura de  $2z_{om} + 1,5 + h_c$  (onde,  $z_{om}$  = parâmetro de rugosidade da superfície para o *momentum* e  $h_c$  = altura do dossel da cultura), juntamente com um sensor de radiação solar refletida (EPPLEY PSP, Campbell Scientific, Inc, Logan, Utah, USA). No topo da torre foi disposto um sensor de radiação solar incidente ou global (LI-200SA Quantum sensor, Li-cor, Nebraska, USA). Além disso, foram instalados três fluxímetros (HFT3-REBS, Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, USA) a 0,02 m de profundidade no solo, situados entre fileiras e na fileira de cultivo. Para a estimativa dos componentes do balanço de energia, também, foram utilizados três psicrômetros ventilados com termopares do Tipo T de Cobre-Constantan, sendo o primeiro localizado a uma altura de  $2z_{om}$  do topo do dossel da cultura, enquanto o segundo a uma distância de 1,5 m do primeiro psicrômetro. O segundo e o terceiro, também, foram posicionados a 1,5 m entre si. Estas distâncias entre os psicrômetros foram mantidas até o final do experimento, contudo os mesmos foram realocados para novas posições em relação ao dossel, à medida que a cultura foi crescendo. Todos os sensores foram conectados a um multiplexador (modelo AM16/32, Campbell Scientific Inc., Logan, Utah, USA) e a um sistema de aquisição de dados (modelo CR10X, Campbell Scientific Inc., Logan, Utah, USA) programado para realizar medidas a cada 60 s e armazenar médias em intervalos de 15 min.

Quatro dias após o último evento de irrigação (4, 12, 17 e 21 dias), correspondentes a 02, 10, 15 e 19/07/2007, durante o crescimento inicial da cultura, foram escolhidos para analisar os padrões horários dos componentes do balanço de radiação e de energia. Para esses dias o IAF da cultura (variando entre 0,50 e 0,60 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e o R<sub>g</sub> (variando entre 19,2 e 19,9 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), eram semelhantes entre os dias. Contudo diferenciavam-se quanto ao número de dias após o último evento de irrigação (4, 12, 17 e 21 dias) e aos valores de DPV. A partição do balanço de energia à superfície, entre as densidades de fluxos de calor sensível

(H) e latente (LE), foi obtida por meio do método do balanço de energia com base na razão de Bowen (BERB), conforme Silva et al. (2011). Os erros associados as estimativa dos valores da razão de Bowen ( $\beta$ ) foram avaliados utilizando os critérios definidos por Perez et al. (1999). Para o cálculo dos valores diários de LE e H foram considerados os dados a cada 15 minutos, quando a diferença do saldo de radiação pelo fluxo de calor no solo ( $R_n - G$ ) foram positivos. Adicionalmente, considerou-se que valores de  $\beta < -0,75$  resultam em valores de LE e H fisicamente inconsistentes, conforme referenciado por Silva et al. (2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os padrões diurnos da densidade de fluxos dos componentes do balanço de energia para quatro dias do período inicial de crescimento da cana-de-açúcar. Observou-se que os valores de G foram de 5%, 7%, 11% e 13% para os 4, 12, 17 e 21 dias após a irrigação, demonstrando a influência do conteúdo de água no solo nas magnitudes deste componente.



**Figura 1.** Padrões médios horários dos componentes do balanço de energia para diferentes dias após o último evento de irrigação, durante o crescimento inicial da cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579), sob as condições climáticas do Semiárido brasileiro.

Por outro lado, ao analisar-se os valores de H, foi possível constatar que os mesmos aumentaram até os 17 dias após a irrigação, com valores em relação ao  $R_n$  na ordem de 13%,

26% e 33%, respectivamente. Em contraste, os valores de LE diminuíram, respondendo por 82%, 67% e 56%, respectivamente. Para os três primeiros dias (4, 10 e 17 dias após a irrigação), constatou-se que os valores médios diários de DPV foram baixos (1,15, 1,08 e 1,18 kPa, respectivamente). No entanto, quando a demanda atmosférica aumentou para 1,48 kPa, aproximadamente, verificou-se uma ligeira elevação dos valores de LE aos 21 dias após a irrigação, e redução dos valores de H, quando comparados àqueles obtidos aos 17 dias após a irrigação. Os valores dos fluxos aos 21 dias após a irrigação foram 67% para o LE e 20% para o H. Estes resultados indicam que a cana-de-açúcar tendeu a fechar os estômatos, visando reduzir a troca de água com a atmosfera, à medida que a disponibilidade de água no solo foi reduzindo e o DPV, ainda era baixo. Esse fato proporcionou uma maior transferência de H do dossel da cultura para a atmosfera.

Contudo, quando o DPV aumentou, o fluxo de LE foi maior, possivelmente, como artifício da cultura visando evitar o aquecimento do seu dossel. Em termos horários, observa-se pela Figura 1 que, durante os 4, 12 e 17 dias após a última irrigação, os valores de H tornaram-se maiores, especialmente entre o período compreendido entre às 10 e 14 h. Por outro lado, aos 21 dias após a irrigação, nos horários da tarde, os valores de LE foram mais pronunciados, como resposta do aumento do DPV. A relação entre a contribuição dos valores de LE e H, ao longo do dia, pode ser analisada por meio dos dados de  $\beta$ , quando se verificou, na maioria dos casos, os maiores valores ocorrendo entre os horários de 8 às 12 h, sendo igual a 0,24, 0,38, 0,68 e 0,56, para os 4, 12, 17 e 21 dias após a última irrigação. Em contraste, entre as 12 e 16 h, os valores foram de 0,10, 0,38, 0,48 e 0,19, respectivamente, com dados médios diários, nessa ordem, iguais a 0,17, 0,38, 0,58 e 0,38. Comportamento similar dos valores horários de  $\beta$  foram verificados por Steduto e Hsiao (1998a) para o milho, em que os mesmos foram maiores durante a manhã, mas que reduziram no período da tarde até atingir valores negativos após as 15 h, como resultado da inversão de H, caracterizando uma superioridade dos valores da temperatura do ar em relação à da superfície da cultura.

## **CONCLUSÕES**

A redução da disponibilidade de água no solo, resultante dos dias após o último evento de irrigação, e o déficit de pressão de vapor d'água, devido as condições meteorológicas locais, modificam o balanço de energia da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- BALDOCCHI, D. D.; XU, L. K.; NANCY, K. How plant functional type, weather, seasonal drought, and soil physical properties alter water and energy fluxes of an oak-grass savanna and an annual grassland. **Agricultural Forest Meteorology**, v. 123, p. 13-39, 2004.
- INMAN-BAMBER, N. G.; MCGLINCHEY, M. G. Crop coefficients and water-use estimates for sugarcane based on long-term bowen ratio energy balance measurements. **Field Crops Research**, v. 83, p. 125–138, 2003.
- MOTZER, T. Micrometeorological aspects of a tropical mountain forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 135, p. 230–240, 2005.
- PEREZ, P. J.; CASTELLVI, F.; IBAÑEZ, M.; ROSELL, J. I. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 97, p. 141-150, 1999.
- QIN, Z.; OUYANG, Y.; SU, G.; YU, Q.; LI, J.; ZHANG, J.; WU, Z. Characterization of CO<sub>2</sub> and water vapor fluxes in a summer maize field with wavelet analysis. **Ecological Informatics**, v. 3, p.397-409, 2008.
- SILVA, T. G. F. da; MOURA, M. S. B. de; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; SOUZA, L. S. B. de; BRANDÃO, E. O. Variação do balanço de radiação e de energia da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.139-147, 2011.