



Estimativa de balanço de energia na região do Curaçá Vidal,A.T.; Novaes,A.B.; Pereira, L.C.

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Radiation fluxes over a surface close to Sobradinho Dam, were measured on clear day. The Bowen ratio method for calculating latent heat and sensible heat fluxes density was used by measuring temperature and water vapour at two heights. Each of energy fluxes density was computed from the Bowen ratio and net radiation minus soil heat fluxes density. The site of interest, under drought conditions, the Bowen ratio was usually in the range 1 – 3, and the latent heat flux accounted for only 15% of the net radiation.

Introdução

Medidas precisas da evaporação em regiões contrastantes da superfície natural são necessárias para estabelecer as reservas hídricas da região e tentar prever os efeitos de possíveis mudanças do uso do solo nestas regiões. Um dos fatores do maior interesse à agricultura é o transporte da umidade de uma superfície natural para a atmosfera. Esta transferência de umidade da superfície vegetada inclui a perda de água do solo (evaporação) bem como a transpiração da planta (evapotranspiração). Atualmente, vários métodos estão disponíveis para medidas de fluxos; dentre eles, o método do balanço de energia, que avalia os fluxos verticais de calor sensível e calor latente. Através deste estudo, pode-se avaliar os fluxos de calor sensível. Há estudos relacionando resultados do balanço de energia e necessidades de irrigação para cultivo comercial de manga na região de Petrolina – PE em que se mostraram mais efetivos em descrever as necessidades de consumo de água desta cultura ao longo do seu ciclo de crescimento. O objetivo deste trabalho é fornecer uma estimativa para o balanço de energia da região do Curaçá, semi-árido baiano, como parte da descrição do balanço de energia da região, particularmente, que possa incrementar informações às necessidades da cultura de cana-de-açúcar, de cultivo comercial em regiões próximas como Juazeiro - BA, e auxílio no conhecimento do mecanismo de evaporação e recarga do aquífero desta região.

Balanço de Energia

Os fluxos de calores sensíveis, latentes e de energia fotoquímica em uma comunidade vegetal podem ser determinados por medidas diretas e contínuas ou por técnicas de análise dos perfis de umidade e temperatura do ar. A técnica de perfil embasada na razão de Bowen e balanço de energia determina a equipartição do saldo de radiação solar sobre a cultura e o desdobramento nos processos de evapotranspiração (calor latente), aquecimento do ar (calor sensível) e o fluxo de calor no solo. Esta técnica tem sido muito utilizada para estimativas na evapotranspiração ou calor latente, do consumo hídrico e para o fluxo de CO₂ em comunidades vegetais, inclusive em culturas de cana-de-açúcar.

O termo balanço de energia, ou balanço de radiação, se refere ao estudo das proporções existentes entre a quantidade recebida por determinada superfície e a quantidade de radiação por ela refletida ou transmitida. A diferença entre a radiação que chega e a que se perde é chamada de “radiação líquida”, e é este saldo de energia que mantém a biosfera em atividade. Nem toda a radiação solar atinge a superfície terrestre: parte é refletida pelas nuvens e parte é espalhada pela atmosfera, transformando-se em radiação difusa. Parte da radiação difusa é emitida para o espaço, e a restante chega à superfície (radiação do céu).

O balanço de energia, baseado na conservação de energia, é descrito como:

$$R_n + G + LE + H = 0,$$

onde, R_n é a radiação líquida disponível à superfície, G , o fluxo de calor no solo, H , o fluxo de calor sensível e LE , o fluxo convectivo de calor latente, todos medidos em $W.m^{-2}$, normalmente. Com isso, a medida do balanço de energia entre a superfície da terra e a atmosfera, reduz-se a dois problemas. Primeiro; a medida do balanço de radiação que é uma estimativa do fluxo de energia disponível em termos do fluxo de radiação líquida, R_n , e o fluxo de radiação que penetra no solo, G ; segundo; para produzir o balanço total de energia, esses fluxos são divididos entre o fluxo de calor sensível, LE , para o solo e para a atmosfera e o fluxo de calor latente, H , para a atmosfera.

Os fluxos de calor sensível e latente são muito difíceis de se obter diretamente, sendo com isso, estimados, através das relações:

$$H = \rho \cdot cp \cdot K_H \cdot \Delta T \cdot \Delta z^{-1}$$

$$LE = \rho \cdot K_v \cdot cp \cdot \gamma \cdot \Delta e \cdot \Delta z^{-1}$$

onde cp é o calor específico a pressão constante ($J.Kg.^{-1}.^{\circ}C^{-1}$), γ , a constante psicrométrica ($kPa.^{\circ}C^{-1}$), K_v , K_H , os coeficientes de difusividade de vapor e calor sensível, os

quais sob condições de neutralidade ou convecção forçada tornam-se similares, válido também para o K_{CO_2} ; Δe , gradiente de pressão de vapor, ΔT , gradiente de temperatura do ar ($^{\circ}C$), os demais parâmetros foram definidos anteriormente.

Para contornar a dificuldade de obtenção dos fluxos H e LE , pode-se utilizar uma forma analítica para a solução deste problema, introduzindo a razão dos fluxos de calor sensível e calor latente, de modo que:

$$\beta = \frac{H}{LE}$$

Em termos dos gradientes de temperatura do ar (seco e úmido), β pode ser expresso como:

$$\beta = \frac{1}{\left(\frac{S + \gamma}{\gamma}\right) \left(\frac{\Delta TU}{\Delta T}\right) - 1},$$

$$S = \frac{4098}{(\overline{TU} + 237,3)^2}$$

onde S é a tangente à curva de saturação de vapor sobre a água na temperatura úmida média entre os níveis de medida; ΔTU e ΔT a diferença de temperatura de ar úmido e ar seco respectivamente, entre os níveis de medida. Desta forma com as variáveis medidas, estima-se β e os termos do balanço energético ficam expressos como:

$$LE = -(R_n + G)(1 + \beta)^{-1}$$

$$H = (LE)\beta$$

O valor de β muda muito durante um dia. Ao nascer do sol e final de tarde, por exemplo, β pode ser negativo, pelo fato da superfície estar mais fria que o ar circundante, o que resulta num pequeno fluxo líquido de calor sensível para a superfície, resultando em valores negativos de calor sensível enquanto que o gradiente de pressão de vapor ainda está longe da superfície, gerando valores positivos de calor latente (evapotranspiração). A curva típica da razão de Bowen mostra que β tem um máximo no meio do dia.

Outros fenômenos que normalmente influenciam β , e os valores de H e LE é a contribuição do calor e vapor de água de áreas vizinhas por advecção. Este fenômeno ocorre em escala maior em massas de ar que atravessam continentes, ocorrendo também, em menor escala em comunidades vegetais, além de áreas de agricultura irrigadas em regiões áridas, desde que as áreas não irrigadas na vizinhança sejam mais secas que as irrigadas, é o efeito "Oásis".

Além da variação diária, verifica-se que há uma grande dependência com os parâmetros meteorológicos. Sendo assim, o método assume alguns parâmetros básicos:

- Estado estacionário – não há mudanças na radiação ou vento durante o período de observação;

- Constância dos fluxos em relação às alturas – não há divergência ou convergência vertical;
- Igualdade dos coeficientes de transferência K_H e K_V , ou seja, as convecções de calor e vapor de água fluem com igual facilidade.

Descrição da região em estudo

As medidas foram realizadas próximas a região do Curaçá, mais precisamente, "Recreio", localizada no lago de Sobradinho. Esta região está localizada numa área de clima de predominância semi-árida que é uma função da influência de continentalidade desta região. Possui altas temperaturas e baixo ciclo de precipitações. O ciclo anual de chuvas gira em torno de 500 a 800mm. O período seco ocorre no inverno, durante os meses de Abril a Outubro, onde as precipitações são menores que 10mm, enquanto que o período de chuvas ocorre entre Novembro e Março, com precipitações mensais, superiores a 100mm.

As elevações desta região não ultrapassam 500m acima do nível do mar. Sua vegetação típica é a caatinga – vegetação de arbustos e espinheiros. Esta vegetação característica pressupõe pouca folhagem e raízes mais profundas, fazendo com que muitas destas plantas realizem o ciclo fotossintético no próprio caule. O solo consiste principalmente de fragmentos de embasamento basáltico, material também presente na calha de rios da região.

Resultados e Conclusões

Para a determinação das medidas, foi utilizado um radiômetro para medida da radiação líquida construído pelos autores; além de um anemômetro da marca "King Marine" mod. KW 820 e um psicrômetro também de fabricação própria. Os dados de campo obtidos estão apresentados na figura 2, que mostram as medidas de Razão de Bowen para um dia de medidas. Durante a realização destas medidas, foi identificada uma manhã parcialmente nublada. Devido a grande quantidade de solo exposto à radiação solar e ao grande déficit de água, o valor diário da taxa de razão de Bowen possui, em sua maioria, um valor alto, acima da unidade, o que é típico de regiões áridas, em que $\beta > 1$, enquanto que regiões desérticas, $\beta = 5$ a 10 aproximadamente.

A partição de energia dos calores sensível (H) e latente (LE), mostram que o fluxo de calor sensível é responsável por cerca de 80% da radiação líquida medida e calor latente, aproximadamente 15%.

Os resultados obtidos estão em concordância com valores esperados para o tipo de vegetação encontrado. No entanto, estes dados podem levar a estimativa quanto a necessidade de consumo de água requeridos por uma cultura agrícola, inclusive os períodos de maior ou menor necessidade de irrigação ao longo do ciclo de crescimento das plantas desta cultura. Isto pode ser descrito através da estimação do coeficiente da planta (K_c) que normalmente são escolhidos por semelhança com alguma planta de características similares, o que

nem sempre leva a uma boa produtividade da cultura em si.

Devido às simplificações impostas no método da razão de Bowen, aparentemente este, não responde a mudanças *phenological (ambiental)* quando estudado no tocante às necessidades de culturas agrícolas específicas.

Agradecimentos

Ao Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia – CPGG/UFBA e ao grupo de pesquisa: Hidrologia subterrânea e Geofísica Ambiental – CNPq/UFBA pela possibilidade de publicar este trabalho.

Referências

- Birdlake, W.R.; Woodham, W.M.; Lopez, M.A.**, 1996, Evapotranspiration from áreas of native vegetation in West-Central Florida: *U.S. Geological Survey WATER-SUPPLY PAPER*, No.2430.
- Bowen, I.S.**, 1926, The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface: *Physical Review*, v.27,p.779-787.
- Brunini, Orivaldo; Machado, Eduardo Caruso; Sawazaki, Eduardo; Miranda, Luís Torres de**, 1999, Fluxo de gás carbônico sobre as culturas de dois híbridos de milho: *Rev.Bras.Fisiologia Vegetal*, v. 11, p.161-168.
- Lowell, F.W. Duell, Jr.**, 1990, Estimates of Evapotranspiration Alkaline Scrub and Meadow Communities of Owens Valley, California, Using the Bowen-ratio, Eddy-Correlation and Penman-Combination Methods: *U.S. Geological Survey WATER-SUPPLY PAPER*, No.2370.
- Munro, D.S.**, 1979, Daytime energy exchange and evapotranspiration from a wooded swamp: *Water Resources Research*, v. 15, p. 1259-1265.
- Novaes, A.B.; Bignell, K.J.**, 1989, Improved instrumentation for measuring the Bowen Ratio: *Rev. Fis. Apl. Inst.*, v.4, p.83-102.
- Oke, T.R.**, Boundary layer climates. *Methuen and CO. Ltd.*, London.
- Rijks, D.A.**, 1969, Evaporation from a papyrus swamp: *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, v.95, p.643-649.
- Webb, E.K.**, 1960, An investigation of the evaporation from lake Eucumbene: *Div. of Meteorol. Phys. Technical Paper No.10*.
- Webb, E. K.**, 1960, On estimating evaporation with fluctuating Bowen ratio: *Jour. Geoph. Res.*, v. 65, p.3415-3417.
- Webb, E.K.**, 1964, Further note on evaporation with fluctuating Bowen ratio: *Jour. Geoph. Res.*, v. 69, p. 2649-2650.

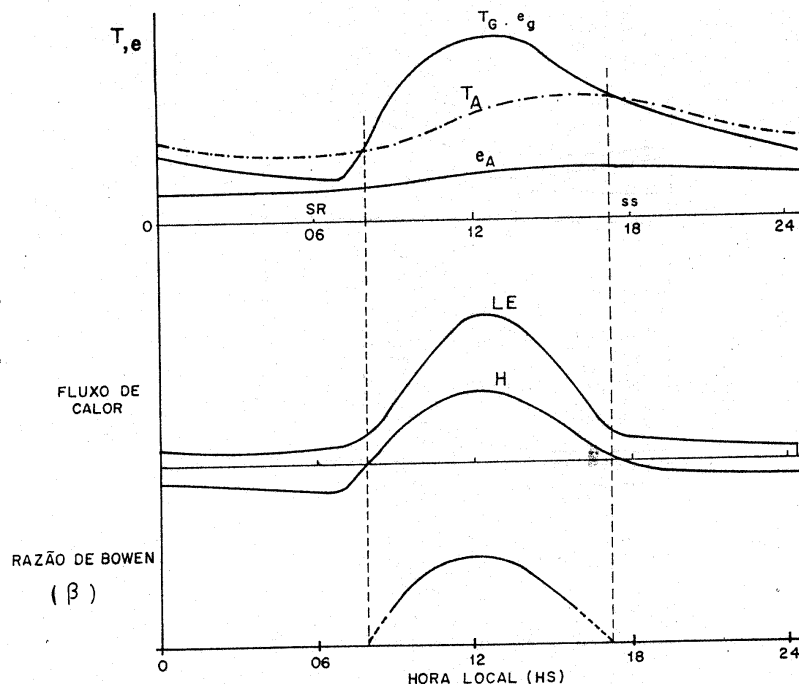


Figura 1- Variação diurna da temperatura da superfície em contato com a atmosfera T_g , da temperatura do ar, e da pressão de vapor na superfície e no ar, e_g e e_a respectivamente. Os fluxos turbulentos de calor sensível (H) e de calor latente (LE), com a correspondente razão de Bowen (β), também são mostrados. A curva da razão de Bowen não é apresentada durante o período noturno e é pontilhada próximo ao nascer e pôr-do-Sol, para indicar que sua magnitude e sinal são bastante sensíveis à umidade atmosférica existente.

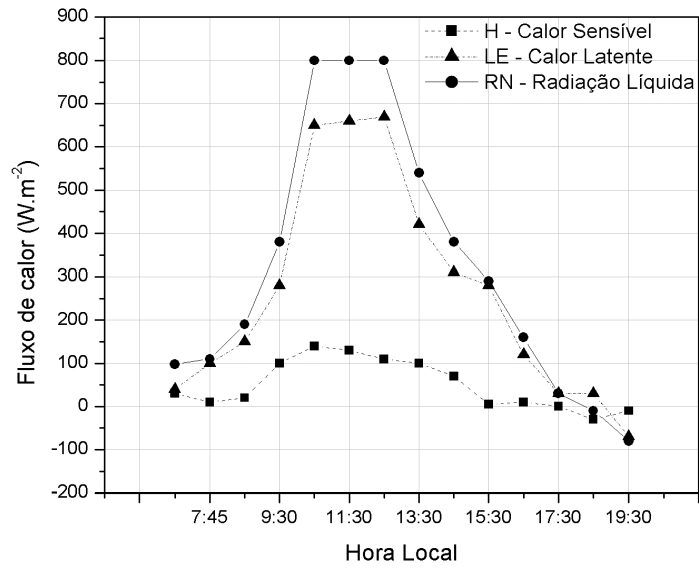


Figura 2 – Diagrama do fluxo de energia no lago de Sobradinho, região semi-árida da Bahia. Calor Latente (LE) e Calor Sensível (H) são calculados a partir de β e RN. Nota-se a pequena flutuação das medidas no período entre 7:45 e 9:30.