

# *Pesquisa em andamento*

Número 3

3p.

100 exemplares

dez./1999

ISSN 1517-4921

## UTILIZAÇÃO DO MÉTODO RAZÃO DE BOWEN – BALANÇO DE ENERGIA NA OBTENÇÃO DOS FLUXOS DE VAPOR DE ÁGUA E CO<sub>2</sub>

Maria Lúcia Meirelles<sup>1</sup>; Fernando Antônio Macena da Silva<sup>1</sup>;  
Balbino Antônio Evangelista<sup>1</sup>; Antônio Fernando Guerra<sup>1</sup>

A partir da conscientização da importância da manutenção dos recursos naturais para a nossa sobrevivência e das outras espécies, dois problemas ambientais vêm-se transformando em preocupação global: o aumento da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico contribuindo com o efeito estufa e a possível escassez do recurso água. O Cerrado tem apresentado, nas últimas décadas, uma transformação significativa de ecossistemas nativos em agroecossistemas. Estima-se que de 200 milhões de hectares de cerrado nativo, atualmente cerca de 12 milhões estão sendo transformados em lavoura e 46 milhões em pastagens plantadas. Essa mudança possivelmente vem alterando a contribuição da região do Cerrado no balanço global de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Dados sobre os fluxos de CO<sub>2</sub> e vapor de água de diferentes comunidades vegetais do Cerrado são fundamentais na modelagem desses processos e também são dados básicos para a avaliação do impacto ambiental da transformação agrícola do Cerrado.

Diante dessa realidade, pretende-se quantificar os fluxos de CO<sub>2</sub> e o vapor de água na interface vegetação-atmosfera de agroecossistemas no Cerrado para futuras comparações com os dados obtidos em ecossistemas nativos dessa região. Esses fluxos serão obtidos por um método micrometeorológico que permite essa quantificação de maneira não destrutiva e contínua.

Um dos principais objetivos da micrometeorologia são os estudos de transferências dos fluxos de entidades como o calor latente (vapor de água), energia fotoquímica (CO<sub>2</sub>) e calor sensível (temperatura) entre a vegetação e a atmosfera. A quantificação desses processos permite avaliar a influência de determinadas mudanças (como a transformação agrícola) sobre esses fluxos. Para isso é necessário conhecer os padrões diários dos componentes do balanço de energia e como variam em função das intervenções humanas.

Existem dois enfoques metodológicos básicos para a medição desses fluxos: o instantâneo que realiza uma medição direta dos fluxos e exige equipamentos de resposta rápida, e os métodos de perfis que medem as diferenças verticais de concentração entre dois pontos.

O método Razão de Bowen - Balanço de Energia é um método de perfil amplamente utilizado, com resultados confiáveis para ecossistemas homogêneos. A equação do Balanço de Energia e a Razão de Bowen constituem sua base teórica.

A primeira lei da termodinâmica, também conhecida como Princípio da Conservação de Energia, afirma que a energia não pode ser criada nem destruída, somente transformada. Esse princípio, aplicado em processos energéticos na vegetação, implica que a energia radiante de entrada é dissipada em diferentes processos, onde:

$$R_n = H + LE + G + P + M$$

<sup>1</sup> Embrapa Cerrados, BR 020 km 18, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina-DF.

- Rn - fluxo de radiação líquida (corresponde à diferença entre a energia incidente e a que sai do sistema).  
 H - fluxo de calor sensível (energia utilizada nas mudanças de temperatura do ar).  
 LE - fluxo de calor latente (energia requerida na evaporação ou condensação da água).  
 G - fluxo de calor para o solo (energia utilizada nas mudanças de temperatura do solo).  
 P - fluxo de energia fotoquímica (energia fixada pelas plantas através do processo de fotossíntese e utilizada no processo de respiração).  
 M - fluxo de energia de armazenamento (aquecimento de elementos do dossel).

A razão de Bowen corresponde a razão entre o fluxo de calor sensível e o de calor latente. Os fluxos de Rn e G são medidos diretamente por aparelhos. M é de pequena magnitude não sendo considerado. H, P e LE são obtidos a partir dos gradientes de temperatura, CO<sub>2</sub> e vapor de água, respectivamente, em duas alturas determinadas acima da vegetação. Para o cálculo dos fluxos, é necessário determinar os coeficientes de intercâmbio turbulento (K) que corresponde à velocidade de transferência de calor, umidade e CO<sub>2</sub>. Assume-se que esses coeficientes são iguais em condições de atmosfera próxima da neutralidade, já que os processos de transferência são de natureza turbulenta.

As equações utilizadas são:

$$H_{(z)} = C_p \rho K_{(z)} \frac{dT}{dz}$$

$$LE_{(z)} = L K_{(z)} \frac{dW}{dz}$$

$$P_{(z)} = \lambda K_{(z)} \frac{dC}{dz}$$

$$K_{(z)} = \frac{Rn(z) - G}{-L \frac{dW}{dz} - C_p \rho \frac{dT}{dz}}$$

Sendo para a altura z acima do dossel:

- H<sub>(z)</sub> - Densidade do fluxo de calor sensível.  
 C<sub>p</sub> - Calor específico do ar.  
 ρ - Densidade do ar seco.  
 K<sub>(z)</sub> - Coeficiente de intercâmbio turbulento.  
 dT/dz - Gradiente vertical de temperatura.  
 LE<sub>(z)</sub> - Densidade do fluxo de calor latente.  
 L - Calor latente de vaporização da água.  
 dW/dz - Gradiente vertical da concentração do vapor de água.  
 P<sub>(z)</sub> - Densidade do fluxo de energia fotoquímica.  
 λ - Fator de conversão fotoquímica na fixação de CO<sub>2</sub>.  
 dC/dz - Gradiente vertical da concentração de CO<sub>2</sub>.

Os equipamentos utilizados na quantificação dos componentes do balanço de energia que se encontram disponíveis no Laboratório de Biologia Vegetal da Embrapa Cerrados são:

- Q-7 Net Radiometer (Campbell Scientific)
- HFT-3 Soil Heat Flux Plate (Campbell Scientific)
- MSX10 Solar pannels (Campbell Scientific)
- 21X Micrologger (Campbell Scientific)
- SM716 Storage Module (Campbell Scientific)
- LI-6262 CO<sub>2</sub> / H<sub>2</sub>O Analyser (LI-COR)
- LI-670 Flow control unit (LI-COR)
- LI-6400 eLI-6400-09 Soil CO<sub>2</sub> flux chamber (LI-COR)
- Termopares cobre-constantan
- LI-190SA Quantum sensor (LI-COR)
- LI-200SA Pyranometer sensor (LI-COR)
- 014A Wind Speed Sensor (Campbell Scientific)

Foi montado um sistema portátil para a utilização, no campo, do método Razão de Bowen-Balanco de Energia. Todos os aparelhos são acoplados a um mastro apoiado por um tripé. Os medidores de radiação total (LI-200SA), radiação líquida (Q-7), radiação fotossinteticamente ativa (Li-190SA) e velocidade do vento (014A) localizam-se a dois metros acima da vegetação. Os termopares e as mangueiras que captam o ar para a medição da concentração de CO<sub>2</sub> e vapor de água no LI-6262, encontram-se a 30 cm e 130 cm acima do dossel. Uma válvula solenóide acoplada a um controlador de fluxo (Li-670), a cada minuto, alterna a captação do ar nas duas alturas. São armazenados os dados médios de todas as variáveis a cada dois minutos no 21X Micrologger acoplado a um módulo de armazenamento (SM716).

Como exemplo, a Figura 1 apresenta os fluxos dos componentes do balanço de energia de uma plantação de feijão no início da formação das vagens, localizada na Embrapa Cerrados e irrigada por aspersão. Observa-se, no período da tarde, um gasto de energia em calor latente (processo evapotranspirativo) maior que a radiação líquida disponível. Esse fenômeno conhecido como "efeito oásis" é ocasionado pela advecção (transporte horizontal) do ar circunvizinho mais seco e quente, cuja parte do calor sensível transportado é usado na evapotranspiração da área irrigada. Esse efeito apresenta grande significância hidrológica em relação ao gasto de água em culturas irrigadas no Cerrado.

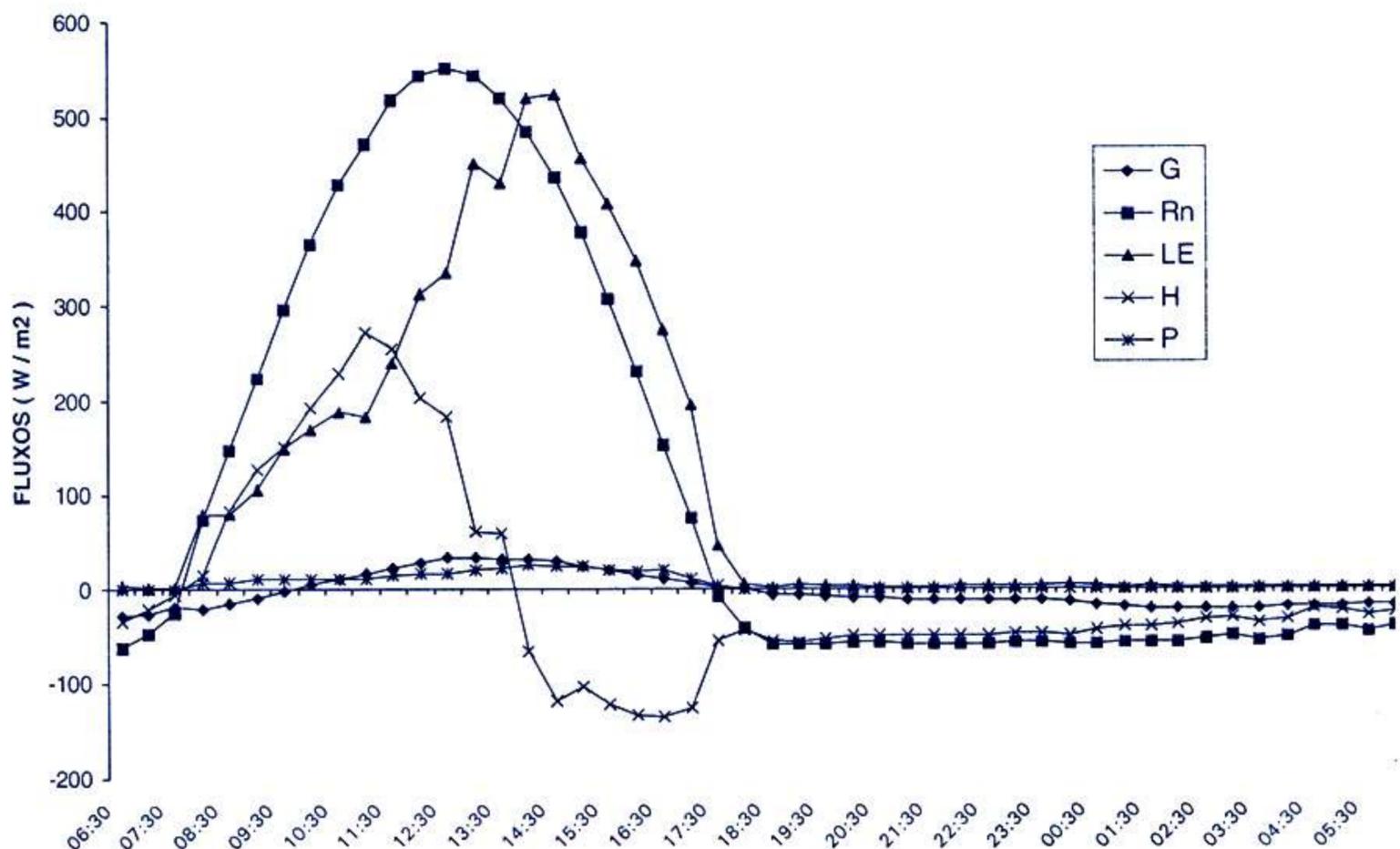


FIG. 1. Fluxos dos componentes do balanço de energia obtidos, do método Razão de Bowen-Balanco de Energia, de uma plantação de feijão irrigado, em 16/8/1999, no início da formação das vagens, localizado na Embrapa Cerrados.



**Embrapa**  
 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
 Embrapa Cerrados  
 Ministério da Agricultura e do Abastecimento  
 BR 020, km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza, Caixa Postal 08223  
 CEP 73301-970, Planaltina, DF  
 Telefone: (61) 389-1171 FAX: (61) 389-2953