

ERROS ASSOCIADOS AO MÉTODO DO BALANÇO DE ENERGIA-RAZÃO DE BOWEN

A. F. S. Dias¹, J. F. Medeiros², V. B. Figueiredo², J. Espínola Sobrinho², F. Q. Porto Filho²,

RESUMO: Considerando que em muitos trabalhos onde o método do balanço de energia razão de Bowen tem sido utilizado, para evitar erros na estimativa dos fluxos os dados inerentes ao erro instrumental micrometeorológico do sistema são excluídos, foi instalada uma torre no centro de uma área experimental equipada com sensores de temperatura e umidade relativa do ar, saldo radiômetro e fluxo de calor no solo, com o objetivo quantificar os erros associados ao método em vários horários do dia. Para identificação dos valores inconsistentes, incluindo aqueles fora dos limites da resolução instrumental, foi usada a análise física do método. Erros da ordem de 20% a 60% dos intervalos analisados foram constatados e os maiores percentuais de erro compreenderam os horários noturnos, sendo o erro do tipo C o mais freqüente, seguido pelo erro do tipo B.

PALAVRAS CHAVE: Balanço de energia; Razão de Bowen; Erro micrometeorológico.

ERRORS ASSOCIATED WITH BOWEN RATIO-ENERGY BALANCE METHOD

ABSTRACT: The objective this work was quantifies errors associated with ratio-energy Bowen Balance method in castor cultivation in climatic conditions of Mossoró-RN in several hours/day. Considering that in many works where the ratio-energy Bowen Balance method had used, to avoid errors in flows estimate, the error for data instrumental micrometeorological of system are excluded, was tower micrometeorological installed on center of experimental area with sensor of temperature and relative humidity of air, net radiometer and flow heat for soil. The identification of inconsistent values, including those out of instrumental limits resolution, was physical analysis of method used. Errors of order of 20% to 60% in analyzed intervals were verified and the largest percentile of errors understood the hours night, being the error of type C the most frequent, following for error type B.

KEYWORDS: Balance of energy; Bowen ratio; micrometeorological Erros.

INTRODUÇÃO: Em muitos trabalhos em que o método do balanço de energia razão de Bowen é utilizado, para evitar erros na estimativa dos fluxos, os dados inerentes ao erro instrumental micrometeorológico do sistema são excluídos. PEREZ et al. (1999) propõem critérios para determinar os valores confiáveis da razão de Bowen e de fluxos de calor latente

¹ Engenheiro Agrônomo M. Sc. Irrigação e Drenagem, Extensionista Rural, EMATER-RO, Tel.: (69) 3411 4550, (69) 8133 1070, (69) 9283 1497, e-mail: diasafs@yahoo.com.br

² Prof. Dr., Departamento de Ciência Ambientais, UFERSA, Mossoró-RN.

e sensível baseados nos limites de resolução dos sensores e gradientes de pressão de vapor, fornecendo resposta prática e clara ao problema da avaliação de quando o método do balanço de energia razão de Bowen fornece valores inconsistentes. Esses autores relataram que os horários mais suscetíveis a erros pelo método do balanço de energia razão de Bowen são os de final de tarde, durante a noite e ao amanhecer, quando o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo mudam de sinal. O objetivo do presente estudo foi quantificar os erros inerentes ao método do balanço de energia razão de Bowen pelo modelo proposto por Perez et al. (1999), em três horários do dia, em uma área cultivada com Mamona irrigada por gotejamento nas condições climáticas de Mossoró-RN.

MATERIAL E MÉTODOS: Instalou-se na parte central de uma área experimental, cultivada com mamona (*Ricinus communis* L.) cv. BRS energia de ciclo precoce, irrigada por gotejamento, em fileiras duplas com espaçamento de 0,4 m entre plantas, 0,3 m entre fileiras simples e 1,8 m entre fileiras duplas, uma torre micrometeorológica onde foram coletados através de um sistema automático de coleta e armazenamento de dados, modelo CR 10X, Campbell Scientific, programado para efetuar leituras dos sinais analógicos a cada cinco segundos e armazenamento das médias em intervalos de 10 minutos. A área é integrante da fazenda Rafael Fernandes pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, localizado no distrito de Alagoinha, município de Mossoró, região noroeste do Estado do Rio Grande do Norte, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 5° 03' 40'' S, longitude 37° 23' 51'' W, altitude de 72 m, distando 20 Km da sede do município. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é do grupo BSw^h, isto é, tropical semi-árido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9%. CARMO FILHO et al., 1991. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados por dois sensores HMP 45 C, Vaisala, instalados em dois níveis acima do dossel da cultura, para estimativas dos parâmetros de pressão atual e de saturação de vapor. Os dados foram coletados em um

módulo de armazenamento e, posteriormente transferidos para um computador, onde foram processados em planilhas eletrônicas, empregando-se a razão de Bowen. Para o descarte dos valores inconsistentes, incluindo aqueles fora dos limites da resolução instrumental, adotou-se análise física do método, conforme Perez et al. (1999). Segundo esses autores, a estimativa de λE e H fornecida pelo método do balanço de energia razão de Bowen deve ser consistente com a relação fluxo-gradiente, mas, em algumas vezes, as medidas dão sinais incorretos para esses fluxos. Dessa forma, propuseram as classes de erros constantes da tabela 1. Os intervalos de erro que definem os intervalos de exclusão dos valores da razão de Bowen (ε) foram definidos pela seguinte equação proposta por PEREZ et al. (1999): $\varepsilon = \frac{\delta \Delta e - \gamma \delta \Delta T}{\Delta e}$, onde γ é o fator psicrométrico, $\delta \Delta T$ e $\delta \Delta e$ são os limites de resolução do instrumental, respectivamente, para os gradientes de temperatura (0,2°C para mais e para menos) e pressão de vapor (2% para mais e para menos), com base nas informações constantes no manual Campbell Scientific, inc. Nesse trabalho foram contabilizados e analisados os erros correspondentes às classes A, B, C e D, tabela 1, em três horários, respectivamente: de 0:00 às 7:00 horas; de 7:00 às 17:00 horas e de 17:00 às 24:00 horas, tabela 2.

Tabela 1. Classes de erros gerados pela razão de Bowen (PEREZ et al. 1999).

Classe de erro	condição
A	$(Rn-G) > 0, \Delta e > 0$ e $\beta < -1 + \varepsilon $
B	$(Rn-G) > 0, \Delta e < 0$ e $\beta > -1 - \varepsilon $
C	$(Rn-G) < 0, \Delta e > 0$ e $\beta > -1 - \varepsilon $
D	$(Rn-G) < 0, \Delta e < 0$ e $\beta < -1 + \varepsilon $
E	Mudanças rápidas em T e

$Rn-G$: energia disponível; Δe : diferença de pressão de vapor entre o nível superior e o inferior; β : razão de Bowen; T e e : temperatura do ar e pressão de vapor; ε : intervalo de erro que define o intervalo de exclusão dos valores da razão de Bowen; λE e H : fluxos de calor latente e sensível, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Seguindo os critérios de análise dos erros do método do balanço de energia razão de Bowen propostos por PEREZ et al. (1999) e a seleção de três

horários diários, analisaram-se em 3628 intervalos de 10 minutos cada, os valores de β que se enquadravam nas classes de erro (ϵ) apresentadas na tabela 1. De acordo com os limites de resolução do instrumental constantes no manual Campbell Scientific, Inc., obtiveram-se valores de 0,0717 KPa e 0,0209 KPa para a pressão de saturação e pressão atual de vapor, respectivamente. A tabela 2 mostra para cada horário o número de intervalos analisados, o percentual de erros constatados e a distribuição percentual de erros por tipo, assim como, o número total de intervalos analisados, o percentual total de erros e percentual total por tipo de erro. Os dados mostram que 37,24% dos intervalos analisados apresentaram algum tipo de erro, valor esse inferior aos 48,60% constatados por SILVA et al. (2007) sobre a cultura do maracujazeiro irrigado. O primeiro horário do dia, das 0:00 às 7:00 horas, foi o que apresentou maior percentual de erros, 59,01% dos intervalos analisados, sem levar em consideração o tipo de erro, seguido pelo terceiro horário, das 17:00 às 24:00 horas, com 51,37%. O segundo horário foi o que apresentou menor percentual de erro, 21,65% dos intervalos analisados.

Tabela 2. Percentual total e distribuído dos erros da razão de Bowen por horário e por tipo.

horário	intervalos	%	Por tipo de erro (%)			
			A	B	C	D
1º (0:00 às 7:00)	727	59,01	2,06	11,69	39,89	5,36
2º (7:00 às 17:00)	1912	21,65	0,21	20,97	0,42	0,05
3º (17:00 às 24:00)	989	51,37	1,21	0,20	45,70	4,25
Total	3628	37,24	0,85	13,45	20,67	2,26

Trabalhos dessa natureza geralmente comparam erros em dois períodos, diurno e noturno. A tabela 3 mostra, para o período noturno, os números mostrados na tabela 2. Com efeito, PEREZ et al. (1999) relatam que os dados referentes aos períodos noturnos adicionados de dados referentes aos eventos de precipitação e irrigação constituem em média 40% de erros. No presente trabalho não foram constatados eventos de chuva durante os dias e horários estudados e a irrigação da cultura foi feita por gotejamento, de uma a duas vezes por dia, sempre a partir das 7:30 e das 14:00 horas, não influenciando, portanto, no horário noturno. Entretanto, o percentual de erro constatado nesse período foi da ordem de 54,60%, tabela 2, superando o percentual constatado por aqueles autores. Quanto aos percentuais de erros por tipo e por horário, destaca-se o erro tipo C no terceiro e primeiro horário, 45,70% e 39,89%,

respectivamente. De um modo geral o primeiro e o terceiro horário superaram o segundo para todos os tipos de erro, com exceção do erro tipo B que superou os demais nesse horário, 20,97%, chegando a atingir sozinho quase o total de erros nesse horário que foi de 21,65%. Perez et al. (1999) constataram valores médios de 15%; 13%; 12,5% e 0,5% para os erros dos tipos A, B, C e D, respectivamente, em três localidades de clima semi-árido sobre cultivo de centeio, no norte da Espanha, aqui, mais uma vez, os dados contrastam com os dados encontrados por aqueles autores, com exceção do erro tipo B, quando foi obtido, respectivamente: 0,85%; 13,45%; 20,67% e 2,26% para os erros do tipo A, B, C e D. Mesmo considerando-se os dados referentes aos períodos noturnos os valores são díspares: 1,57%; 5,07%; 43,24% e 4,72%, para os erros A, B, C e D respectivamente, tabela 3.

Tabela 3. Percentual total e distribuído dos erros da razão de Bowen no horário noturno.

Período noturno	Intervalos	%	Por tipo de erro (%)			
			A	B	C	D
17:00 às 7:00	1716	54,60	1,57	5,07	43,24	4,72

CONCLUSÕES: O método do balanço de energia razão de Bowen, nas condições do presente estudo, apresentou erros da ordem de 20% a 60% dos intervalos analisados dependendo do horário do dia; a parte do dia que apresentou os maiores percentuais de erro compreende o horário das 17:00 horas até as 7:00 horas do dia seguinte e o tipo de erro mais freqüente foi o erro do tipo C no horário da 17:00 horas às 7:00 horas do dia seguinte, seguido do erro do tipo B no horário das 7:00 às 17:00 horas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -CNPq, Edital Universal 2006, pelo apoio financeiro para a realização dessa pesquisa.



REFERÊNCIAS

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados meteorológicos de Mossoró (Jan. de 1988 a Dez. de 1990)**. Mossoró: ESAM/FGD, 1991. 121p. (Coleção Mossoroense, série C).

Model HMP45C Temperature end Relative Humidity Probe. Campbell Scientific, inc. disponível em www.campbellscientific.com/documents/manuals/hmp45c pdf em 06/03/2008.

PEREZ, P. J.; CASTELLVI, F.; IBAÑEZ, M.; ROSELL, J. I. **Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes**. Agricultural end Forest Meteorology, Amsterdam, v.97, n.3, p.141-50, 1999.

SILVA, T. J. A.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, C. R.; ALVES JÚNIOR, J.; BONFIM-SILVA, E. M. **Balanco de energia e estimativa de evapotranspiração em culturas irrigadas de maracujazeiro pelo método da razão de Bowen**. Eng. Agric., Jaboticabal, v.27, n.2, p.392-403, 2007.