

BALANÇO DE ENERGIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PASTAGENS NO AGRESTE PERNAMBUCANO

*Patrícia Sousa de Sales Gondim*¹; *José Romualdo de Sousa Lima*²; *Antonio Celso Dantas Antonino*³; *Renan Almeida Brito da Silva*¹; *Clarissa de Albuquerque Gomes*¹ & *Pollyanna Ferreira Vilar*¹

RESUMO – Os aspectos micrometeorológicos permitem analisar as interações da planta com o ambiente, possibilitando a quantificação do saldo de radiação (Rn) e suas transformações em calor latente (LE), sensível (H) e no solo (G). Assim, este trabalho teve como objetivo determinar os componentes do balanço de energia (Rn, H, LE e G) e a evapotranspiração (ET) numa área cultivada com brachiária em São João-PE (8° 52' 30'' S; 36° 22' 00'' O e 705 m). Para tal, instalou-se uma torre micrometeorológica contendo sensores de medidas da temperatura e da umidade relativa do ar em dois níveis. Além desses sensores, foram instalados um piranômetro, um radiômetro, um fluxímetro e um pluviógrafo. Todas as medidas foram armazenadas como médias a cada 30 minutos, a exceção da pluviometria onde foi calculado seu valor total, em um sistema de aquisição de dados. A ET média da brachiaria foi de 1,54 mm d⁻¹, com um total de 562,4 mm. A maior parte do Rn, foi consumida pelo H, com 62%. O LE consumiu 36% e o G apenas 2% do Rn. A disponibilidade hídrica influenciou na partição do Rn em H e LE, enquanto o G manteve-se quase constante durante todo ano.

ABSTRACT – The micrometeorological aspects allow us to analyze the interactions of the plant with the environment, quantifying the net radiation (Rn) and their transformations into latent (LE), sensible (H) and soil (G) heat fluxes. Thus, the objective of this study was to assess the energy balance components (Rn, H, LE and G) and evapotranspiration (ET) of grasslands (*Brachiaria decumbens*) at São João, Pernambuco State, Brazil (8° 52' 30'' S; 36° 22' 00'' O e 705 m). For this end was installed a micrometeorological tower contained sensors for measuring air temperature and relative humidity (at two levels). Measurements of net and global radiation, soil heat flux and rainfall also were made. All data were stored in a datalogger each 30 min, with exception of rainfall where your total value was calculated. It was verified that the average value for ET on brachiaria was 1.54 mm d⁻¹, with total of 562.4 mm. Most of Rn was consumed by H, with 62%. LE consumed 36% and G only 2% of Rn. The water availability influenced the partition of Rn into H and LE, while G remained almost constant throughout the year.

Palavras-Chave – fluxo de calor latente, uso de água, saldo de radiação.

1 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola, UAG/UFRPE. Av. Bom Pastor S/N, Boa Vista, 55292-270, Garanhuns-PE. (87) 3761-0882, patricia.s.gondim@hotmail.com, britaas@yahoo.com.br, clarissalbuquerque@hotmail.com, pollyvilar@yahoo.com.br

2 Professor Adjunto da UAG/UFRPE. Av. Bom Pastor S/N, Boa Vista, 55292-270, Garanhuns-PE. (87) 3761-0882, romualdo@uag.ufrpe.br

3 Professor Associado do DEN/UFPE. Av. Prof. Luiz Freire, 1000, Cidade Universitária, 50740-540, Recife-PE. (81) 2126-7973, acda@ufpe.br

1. INTRODUÇÃO

As pastagens englobam aproximadamente 32% de toda vegetação natural do globo terrestre (Parton et al., 1995). No Brasil, segundo dados do Censo Agropecuário de 2006 do IBGE, existem aproximadamente 172 milhões de hectares cultivados com pastagens sendo elas naturais e plantadas. No estado de Pernambuco a área ocupada com pastagens é de 2.506.730 ha, já a área ocupada por pastagens na mesorregião do Agreste Pernambucano é de 1.066.776 ha, sendo que 276.613 ha estão situados na microrregião de Garanhuns (IBGE, 2008).

A produção de qualquer cultura é dependente de uma série de fatores. A *Brachiaria decumbens* apesar de ser uma espécie resistente à seca, não é diferente, exigindo para produtividades elevadas, condições edafoclimáticas favoráveis. O excesso ou falta de água e de nutrientes são fatores limitantes a produção, dessa forma, o conhecimento da quantidade de água consumida pela cultura durante todo o seu ciclo é de grande importância, principalmente, para o estudo sobre o uso da água pela cultura, bem como a dinâmica de absorção de nutrientes. Atualmente os recursos hídricos estão cada vez mais escassos devido à poluição. Dessa forma, a utilização da água de forma eficiente pode auxiliar na resolução dos problemas de escassez, estabilizar e garantir a produção.

Constata-se a existência de poucos estudos sobre os parâmetros agrometeorológicos que atuam na evapotranspiração de pastagens. Os estudos sobre os processos de evapotranspiração fornecem informações relativas à quantidade de água consumida pelas plantas, fornecendo dados para o manejo da água e para o dimensionamento dos sistemas de irrigação. A evapotranspiração nada mais é do que o processo de perda de água pela planta por meio da transpiração e da evaporação do solo.

Praticamente, toda a água de que as plantas necessitam para realizar suas funções vitais, é extraída pelo sistema radicular e perdida para a atmosfera pelo processo de evapotranspiração, sendo necessário que a mesma seja devolvida à planta, por meio da precipitação ou da irrigação, podendo comprometer o desenvolvimento e produção da cultura (Montenegro & Bezerra, 2004). A quantificação da evapotranspiração, mesmo em agricultura de sequeiro, é muito importante, pois possibilita estratégias de manejo em função das condições climáticas da região e hídricas do solo (Souza et al., 2009).

Os fluxos de água e de energia, e conseqüentemente a evapotranspiração, são influenciados pelo tipo funcional da planta, pelo tempo e pelas propriedades físicas do solo (Baldocchi et al., 2004). Os fatores ligados a vegetação estão relacionados à distribuição espacial da folhagem resistência interna da planta ao transporte de água e outros fatores morfológicos como número, tamanho e distribuição dos estômatos, que diferem de acordo com a espécie vegetal (Santos, 2009).

Para se compreender a troca de água entre a atmosfera e as pastagens faz-se necessário examinar os padrões de variação sazonal nos fluxos de água desses ecossistemas. Esses estudos podem ser feitos por meio da medição e/ou simulação, em longo prazo, dos componentes dos balanços de água.

Por se tratar de um método prático, o método da razão de Bowen que considera a relação $\beta = H/LE$, vem sendo bastante utilizado por vários autores como Oliveira *et al.*, (2009), Lima *et al.* (2011), Esteves (2011), para estimar os componentes do balanço de energia e a evapotranspiração de várias culturas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo empregar a metodologia da razão de Bowen para determinar os componentes do balanço de energia e a evapotranspiração de pastagens na microrregião de Garanhuns-PE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização, clima e solo da área experimental

As medidas para a realização do de energia foram efetuadas numa área de 23 há cultivada com Braquiária decumbens Stapf, na fazenda Riacho do Papagaio, em São João-PE, na mesorregião do Agreste Meridional do estado de Pernambuco (8° 52' 30'' S e 36° 22' 00'' O, com 705 m de altitude). O clima predominante na região é o As', que equivale a um clima quente e úmido, conforme classificação de Köppen (Fundação de Informações para o Desenvolvimento de Pernambuco, 1982). O período chuvoso começa no outono/inverno tendo início em dezembro/janeiro e término em setembro. A precipitação média anual é de 1.310 mm. O solo da área é classificado como Neossolo Regolítico (EMBRAPA, 2006).

2.2 Determinação do balanço de energia

O estudo dos componentes do de energia foi realizado durante o período de 01/01/2011 a 31/12/2011.

Para a realização do balanço de energia foi instalada uma torre (Figura 1) no centro da área contendo dois sensores de medidas da temperatura e da umidade relativa do ar, em dois níveis ($z_1 = 50$ cm, e $z_2 = 100$ cm) acima do dossel da pastagem. Além desses sensores, foi instalado um piranômetro, para a medida da radiação global, um saldo radiômetro para as medições do saldo de radiação, um sensor para a medição da direção do vento, e um pluviógrafo, para a medida da precipitação pluvial, sendo estes sensores instalados na mesma torre, numa altura de 2,0 m da superfície do solo. Para a medida do fluxo de calor no solo, foram instalados fluxímetros em dois locais numa profundidade $z_1 = 5,0$ cm, juntamente com um sensor de umidade do solo na mesma profundidade, além de duas sondas térmicas instaladas horizontalmente nas profundidades de $z_1 = 2,0$ cm e $z_2 = 8,0$ cm. Todas as medidas citadas acima foram armazenadas como médias a cada 30 minutos, a exceção da pluviometria onde foi calculado seu valor total, em um sistema de aquisição de dados CR 1000 da Campbell Scientific.



Figura 1 – Torre micrometeorológica automatizada instalada na área experimental para a realização do balanço de energia

O balanço de energia é descrito pela seguinte equação (Lima et al., 2011):

$$R_n = LE + H + G \quad (1)$$

sendo R_n o saldo de radiação, LE o fluxo de calor latente, H o fluxo de calor sensível e G o fluxo de calor no solo. Todos os termos dessa equação estão em $W m^{-2}$.

O saldo de radiação (R_n) foi obtido por meio das medições realizadas pelo saldo radiômetro. O fluxo de calor na superfície do solo (G) foi obtido a partir da medição do fluxo de calor pelo fluxímetro na profundidade $z = 0,05$ m, de acordo com Kustas et al. (2000).

Os fluxos de calor latente (LE) e calor sensível (H) foram determinados, a cada 30 minutos, pelo método do balanço de energia razão de Bowen por meio das equações 2 e 3 (Lima et al., 2011):

$$LE = \frac{(R_n - G)}{1 + \beta} \quad (2)$$

$$H = \frac{\beta}{1 + \beta}(Rn - G) \quad (3)$$

sendo β a razão de Bowen.

A razão de Bowen é obtida por meio das diferenças, a cada 30 minutos, na temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do ar (ΔT) e na pressão de vapor (kPa) (Δe), entre os níveis 1 ($z_1 = 0,50$ m) e 2 ($z_2 = 1,0$ m):

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (4)$$

sendo γ a constante psicrométrica ($0,066 \text{ kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Para evitar possíveis erros na estimativa dos fluxos de calor latente, e conseqüentemente, na evapotranspiração, os valores da razão de Bowen menores que $-0,75$ (Ortega-Farias et al., 1996), bem como aqueles nos quais as medições dos gradientes de temperatura e de pressão de vapor foram menores que o limite da resolução dos sensores (Ohmura, 1982), foram eliminados e substituídos por interpolação dos valores, de cada 30 minutos, precedentes e subseqüentes válidos.

A evapotranspiração (mm d^{-1}) foi determinada por meio da equação:

$$ET = \frac{LE}{\rho_{H_2O} L} 0,035 \quad (5)$$

sendo LE o fluxo de calor latente (W m^{-2}), ρ_{H_2O} a massa específica da água, considerada como constante (1000 kg m^{-3}) e L o calor latente de vaporização, considerado como constante ($2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$). Esse valor constante se refere a uma temperatura de 20°C , embora L seja uma função fraca da temperatura (Lima et al., 2006). O fator $0,035$ foi usado para obter o valor de ET em mm d^{-1} .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é apresentada a precipitação pluvial diária e a umidade volumétrica (medida a 5 cm de profundidade) durante o período de 01/01/2011 a 31/12/2011, já a Figura 3, apresenta o total mensal de precipitação pluvial para o mesmo período.

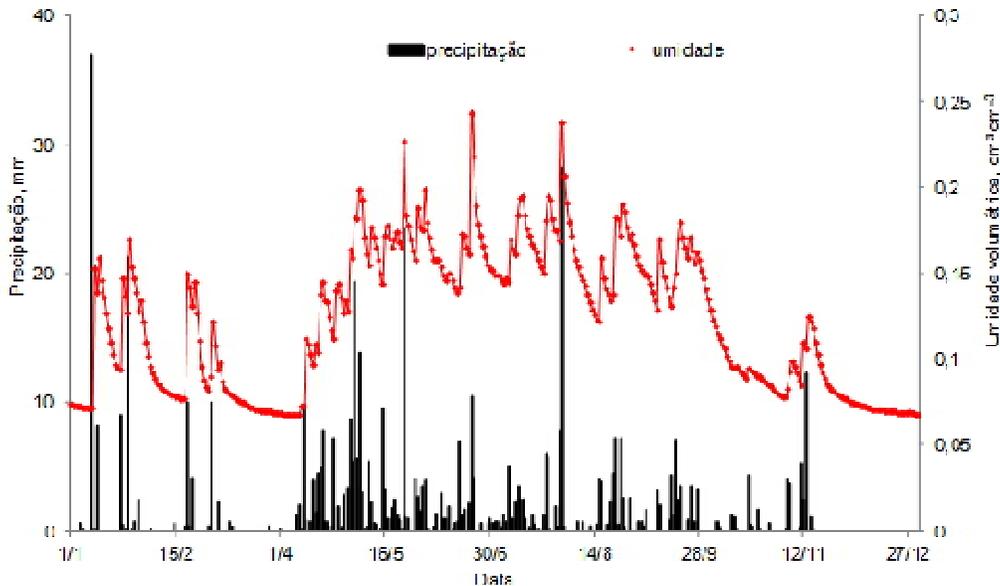


Figura 2 – Precipitação pluvial e umidade volumétrica do solo (5 cm) durante o período de 01/01/2011 a 31/12/2011, São João – PE

Durante o ano de 2011, o total de água precipitada foi de 523,7 mm, apresentando uma maior concentração de chuva nos meses de janeiro, abril, maio e julho (Figura 3). Estes meses apresentaram uma precipitação pluvial de 80,3 mm, 54,8 mm, 119,3 mm e 77 mm, respectivamente. O maior evento de chuva ocorreu no dia 10/01/2011 com 37 mm (Figura 2), sendo considerada uma precipitação pluviométrica típica para a região nesse período. Verificou-se que dos 365 dias estudados, 190 dias não apresentaram precipitação pluvial, no entanto as chuvas foram bem distribuídas regularmente no período de 08/04 a 29/09, onde ocorreu um total de chuvas de 372,6 mm, ou seja, 71,15% da precipitação total. Verifica-se ainda que a partir do dia 17/11 ocorreu escassez de chuvas.

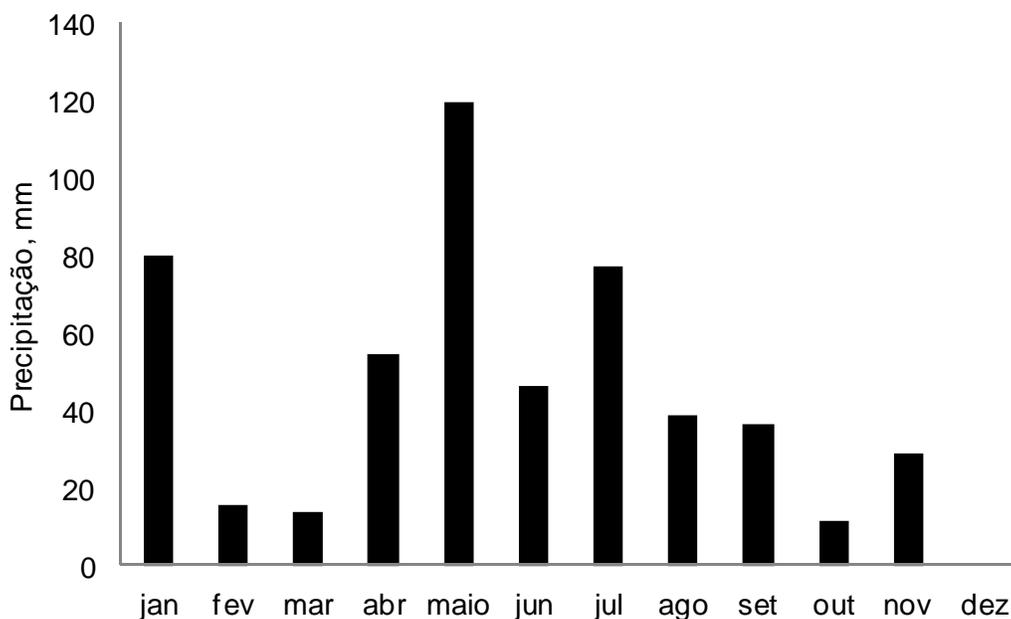


Figura 3 - Precipitação pluvial mensal durante o ano de 2011 em São João – PE

Com relação à umidade volumétrica do solo (Figura 2), observa-se que o solo durante o período mais seco (meses de janeiro a março e setembro a dezembro) se encontrava com valores próximos de $0,05 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, já durante o período úmido (meses de abril a agosto) os valores máximos ficaram próximos de $0,25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. A umidade volumétrica média do solo para o período analisado foi de $0,12 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Esses valores são condizentes com a classe de solo (Neossolo Regolítico) da área experimental, os quais possuem elevados teores de areia (80-90%).

Os dados relativos à evolução diária dos componentes do balanço de energia (radiação global, saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor latente e fluxo de calor sensível) em *Brachiaria decumbens* são apresentados na Figura 4.

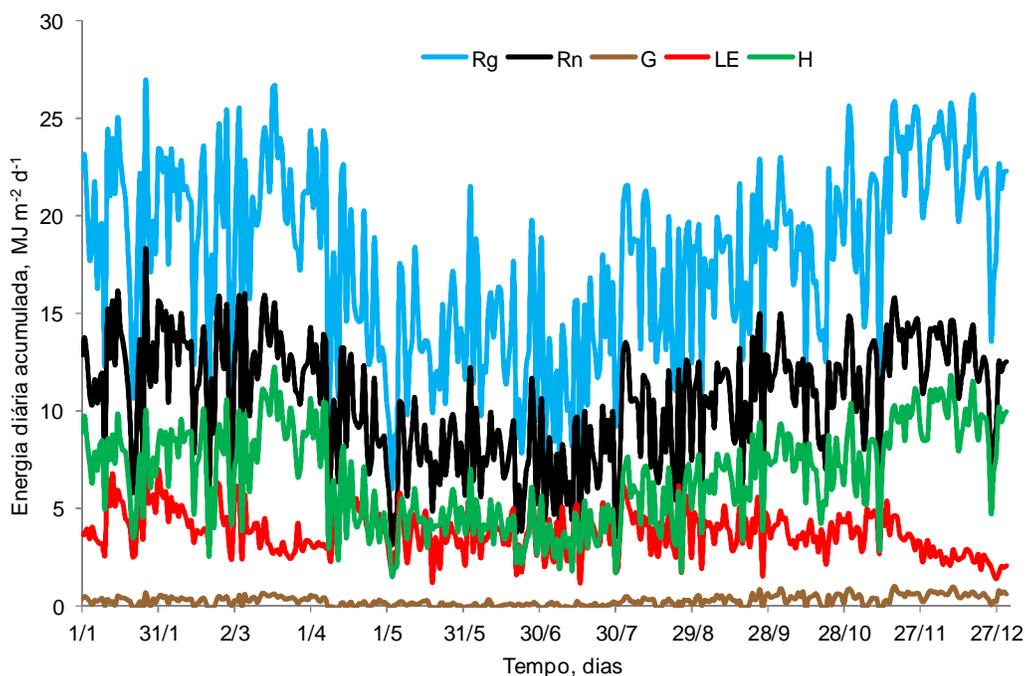


Figura 4 - Evolução diária dos componentes do balanço de energia sobre a cultura da *Brachiaria decumbens* durante o período de 01/01 a 31/12/2011 em São João-PE

Observa-se que a radiação solar global (R_g) variou de 5,97 a 26,80 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$, com valor médio de 17,74 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$; os valores do saldo de radiação (R_n) variaram entre 3,11 e 18,25 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$, com um valor médio de 10,55 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Os valores de fluxo de calor no solo (G) apresentam-se quase constantes com uma média de 0,21 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Os valores de fluxo de calor latente (LE) e fluxo de calor sensível (H) seguiram as distribuições da precipitação pluvial, pois, nos períodos com menor disponibilidade hídrica no solo, o principal consumidor de energia ($R_n - G$) foi o H , e quando não houve restrição hídrica, o consumo de energia disponível foi bem semelhante para H e LE , sendo a maior parte da energia disponível utilizada no processo de aquecimento do ar.

Observou-se, ainda, que o saldo de radiação (R_n) foi utilizado em média como 62%, 36% e 2% para os fluxos de calor sensível (H), latente (LE) e no solo (G), respectivamente. Esses resultados mostram que a transpiração da pastagem foi pequena, pois a maior parte do saldo de radiação foi direcionada para o aquecimento do ar (fluxo de calor sensível), e não para o processo de evapotranspiração.

Esses resultados estão de acordo com Krishnan et al. (2012), que também observaram o maior consumo de R_n para H em duas pastagens na América do Norte. No entanto, diferem dos obtidos em vários trabalhos com balanço de energia, com culturas anuais e perenes, que concluíram que a maior porção do saldo de radiação é transformada em fluxo de calor latente, utilizada para a

evapotranspiração (Lima et al., 2005; Oliveira et al., 2009; Gouveia Neto et al., 2011; Lima et al., 2011).

A Figura 5 apresenta a evolução horária mensal dos componentes do balanço de energia (saldo de radiação, fluxos de calor no solo, latente e sensível), pelo método da razão de Bowen, em *Brachiaria decumbens*, nos períodos seco (meses de janeiro a março, e setembro a dezembro de 2011) e úmido (meses de abril a agosto de 2011).

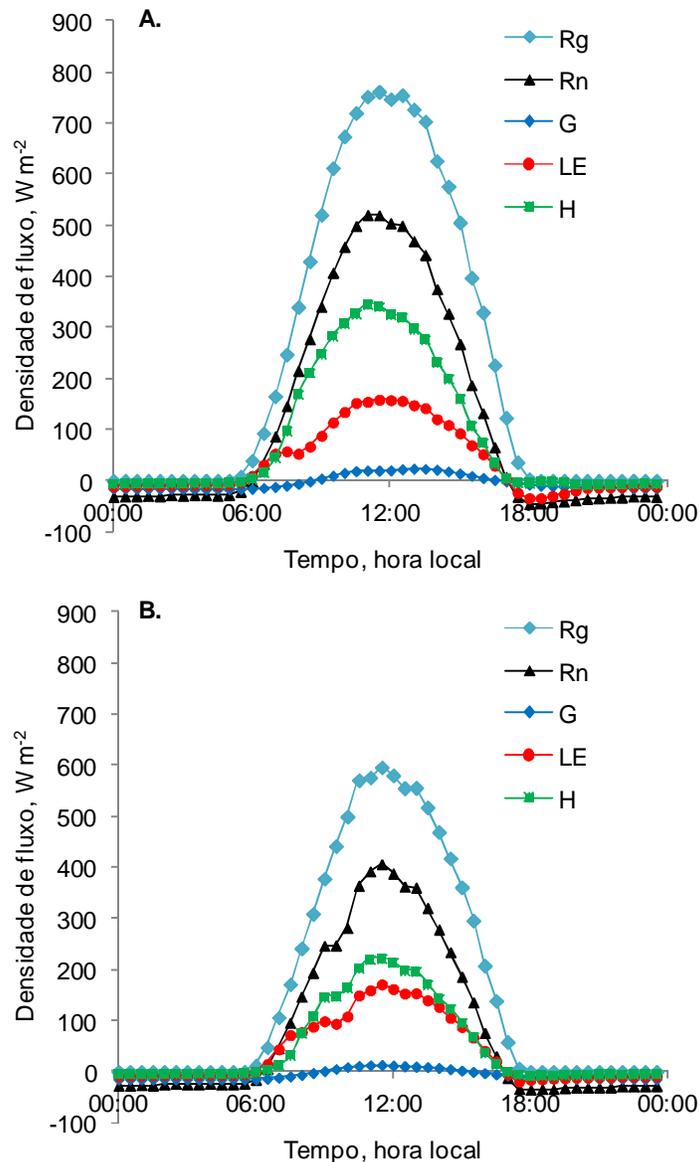


Figura 5 - Média horária mensal da radiação global (Rg), do saldo de radiação (Rn) e dos fluxos de calor latente (LE), sensível (H) e no solo (G) em *Brachiaria decumbens* no município de São João, PE, durante os períodos seco (A) e úmido (B)

Os valores médios (das 06:00 às 18:00) da radiação global (Rg) e dos componentes do balanço de energia (Rn, LE, H e G) para o período seco, foram de 445,5; 268,1; 84,1; 176,8 e 7,2 W m⁻² para Rg, Rn, LE, H e G, respectivamente. Para o período úmido foram de 324,6; 188,1; 84,0; 103,3 e 0,8 W m⁻², para Rg, Rn, LE, H e G, respectivamente. Apesar de no período úmido, a umidade volumétrica do solo e a precipitação pluvial terem sido bem mais elevados que no período seco (Figura 2), isso não se refletiu diretamente na partição de Rn em LE e H, uma vez que mesmo no período úmido (Figura 5B), o H ainda foi maior que o LE. No entanto, a diferença entre H e LE caiu, pois, a relação H/Rn e LE/Rn para o período seco foram de 66 e 31%, enquanto que no período úmido foram de 54,9 e 44,6%.

Diversos autores afirmam que maiores taxas de LE são encontradas na estação chuvosa em função da maior disponibilidade de água devido ao aumento da precipitação. Quando começa o processo de secagem do solo, a maior parte do saldo de radiação começa a ser utilizada no fluxo de calor sensível de aquecimento do ar e no processo de aquecimento do solo (Lima, 2004; Biudes et al., 2009; Gouveia Neto et al., 2011).

Hayashi et al. (2002) avaliando os componentes do balanço de energia no período seco e úmido em *Crotalaria juncea* L., na região do Cerrado, verificaram que durante o período seco, o saldo de radiação foi direcionado em média para o LE, H e G como 68, 15 e 17%, respectivamente. A precipitação ocorrida no período foi de 50 mm. Já no período úmido encontraram que 81% do saldo de radiação foi utilizado pelo fluxo de calor latente, 4% em fluxo de calor sensível e 15% em fluxo de calor no solo.

As diferenças entre as pesquisas podem ser justificadas pelo fator climático, da cultura, e condições que as pastagens foram submentidas, ou seja, o Cerrado ter uma demanda evaporativa superior a da região do Agreste de Pernambuco, a fisiologia das plantas, e o fato de a *C. juncea* ter sido cultivada com irrigação enquanto que a *Brachiaria decumbens* foi cultivada em sequeiro.

Na Figura 6 são apresentadas as variações diárias da precipitação pluvial e da evapotranspiração (ET) em *Brachiaria decumbens* para o ano de 2011. De forma geral, a evapotranspiração seguiu as variações da precipitação pluvial, com valores mais elevados após o umedecimento do solo.

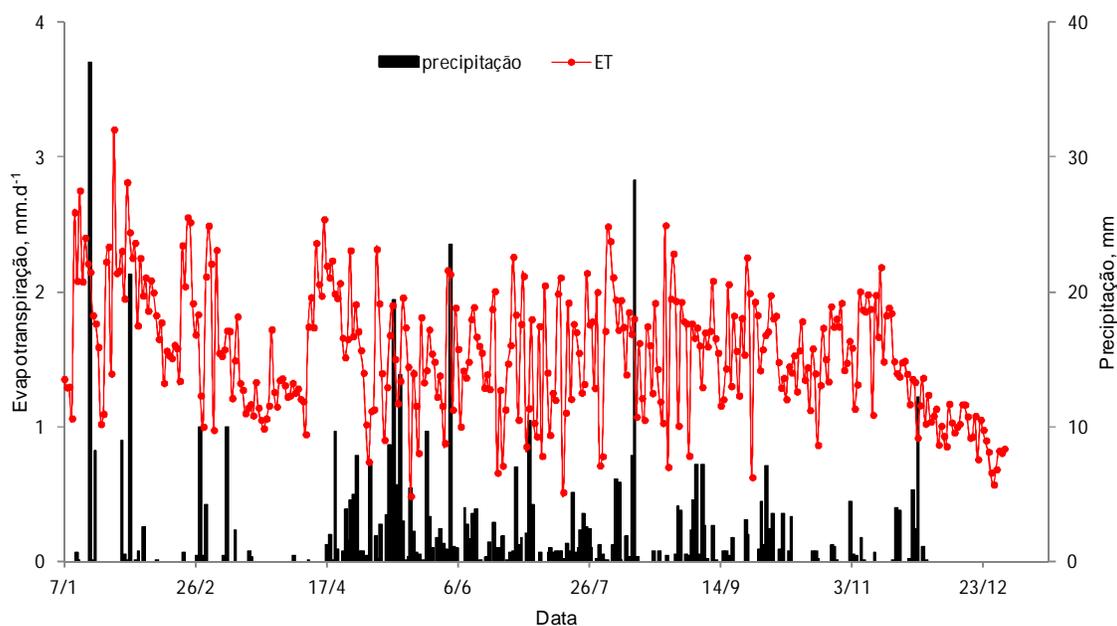


Figura 6 – Precipitação pluvial e evapotranspiração diária em *Brachiaria decumbens* durante o período de 01/01 a 31/12/2011 no município de São João, PE

A ET total da pastagem foi de 562,4 mm, com um valor médio de 1,54 mm d⁻¹. No período de escassez da precipitação (a partir do dia 17/11/11), verifica-se que a ET reduz, atingindo valores abaixo de 1,0 mm d⁻¹. Silva et al. (2005), trabalhando com capim Tanzânia, empregando o método da – razão de Bowen em Piracicaba – SP, durante um período de aproximadamente um ano, encontrou um valor médio de evapotranspiração de 4,13 mm d⁻¹; no entanto, a precipitação pluvial total foi de 1250 mm, sendo realizada ainda irrigação durante o período de condução do experimento, o que explica as diferenças encontradas nas pesquisas.

4. CONCLUSÕES

A maior parte do saldo de radiação (Rn), em *Brachiaria decumbens*, foi consumida pelo fluxo de calor sensível (H), responsável pelo aquecimento do ar, sendo a porcentagem média de 62%. O fluxo de calor latente (LE) foi mais elevado nos períodos de maior disponibilidade hídrica, com valor médio de 36% do saldo de radiação. O fluxo de calor no solo (G) manteve-se quase constante durante todo o período, com valor médio de 2% do saldo de radiação.

A evapotranspiração da cultura, determinada pelo método do balanço de energia – razão de Bowen, seguiu as variações da precipitação pluvial e foi em média de 1,54 mm d⁻¹, com um total de 562,4 mm.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsas de mestrado ao primeiro, quinto e sexto autores; ao CNPq, pelo auxílio financeiro concedido ao segundo autor (processo 475094/2009-3) e bolsa de produtividade em pesquisa ao terceiro autor; à FACEPE, pela concessão de recursos financeiros por meio dos projetos “Impacto de mudanças climáticas sobre a cobertura e uso da terra em Pernambuco: geração e disponibilização de informações para o subsídio a políticas públicas” (Edital FACEPE 02/2009 - Mudança Climática Global) e “Dinâmica da Água e de Carbono em Ecossistemas no Estado de Pernambuco” (Edital FACEPE 12/2010 PRONEM/FACEPE/CNPq), e pela bolsa de mestrado ao quarto autor; bem como ao proprietário da fazenda Riacho do Papagaio (Prof. Antonio de Pádua Montenegro), em São João-PE, pelo espaço doado para realização do experimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDOCCHI, D.D.; XU, L.K.; NANCY, K. (2004). “*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 and Forest Meteorology* 123, pp.13–39.
- BIUDES, M.S; CAMPELO JÚNIOR, J.H.; NOGUEIRA, J.S.; SANCHES, L. (2009). “*Estimativa do Balanço de Energia em Cambarazal e pastagem no Norte do Pantanal pelo método da Razão de Bowen*”. *Revista Brasileira de Meteorologia* 24, pp.135-143.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ª.ed. Rio de Janeiro, 306p.
- ESTEVES, B.S. (2011) *Balanço de energia e produção de biomassa em um cultivo de cana-de-açúcar*. Campos dos Goytacazes, UENF, 2011. 84p. Dissertação Mestrado.
- FUNDAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO. (1982). *Informações municipais. São João*. Recife, “não paginado”.
- GOUVEIA NETO, G.C.; LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SILVA, J.M.. SOUZA, C.; SILVA, I.F. (2011) “*Estimativa da evapotranspiração da mamona e seus componentes (evaporação e transpiração) na microrregião do Brejo Paraibano*”. *Irriga* 16, pp. 246-258.
- HAYASHI, M.M.S.; CAMPELO JÚNIOR, J.H.; PRIANTE FILHO, N.; NOGUEIRA, J.S.; VOURLITIS, G.L. (2002) “*Balanço de energia da Crotalaria juncea L. no período seco e no período úmido do ano, em condições de cerrado*”. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 10, pp. 197-205.
- IBGE. (2008). “*Banco de dados agregados*”. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 01/10/2008.
- KRISHNAN, P.; MEYERS, T.P.; SCOTT, R.L.; KENNEDY, L.; HEUER, M. (2012) “*Energy exchange and evapotranspiration over two temperate semi-arid grasslands in North America*”. *Agricultural and Forest Meteorology* 153, pp. 31– 44.

- KUSTAS, W.P.; PRUEGER, J.H.; HATFIELD, J.L.; RAMALINGAM, K.; HIPPS, L.E. (2000). "Variability in soil heat flux from a mesquite dune site". *Agricultural and Forest Meteorology* 103, pp. 249-264.
- LIMA, J.R.S. (2004) *Balço hídrico e de energia em solo cultivado e sem vegetação, para as condições do Brejo Paraibano*. Recife, UFPE, 2004. 167p. Tese Doutorado.
- LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; LIRA, C.A.B.O.; SOUZA, E.S.; SILVA, I.F. (2011). "Balço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro". *Revista Ciência Agronômica* 42(1), pp. 65-74.
- LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOARES, W.A.; SILVA, I.F. (2006). "Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith". *Irriga* 11(04), pp. 477-491.
- LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOUZA, C.; SOARES, W.A.; SILVA, I.F.; LIRA, C.A.B.O.; MACIEL NETTO, A.; SANTIAGO, R.D. (2005). "Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando os métodos dos balanços de água e de energia" in *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, João Pessoa, Nov. 2005, CD ROM.
- MONTENEGRO, A.A.T.; BEZERRA, R.N.L. (2004) "Evapotranspiração e coeficientes de cultura do mamoeiro para a região litorânea do Ceará". *Engenharia Agrícola* 24, pp. 464-472.
- OHMURA, A. (1982). "Objective criteria for rejecting data for Bowen ratio flux calculations". *Journal of Applied Meteorology* 21, pp.595-598.
- OLIVEIRA, I.A.; LIMA, J.R.S.; SILVA, I.F.; ANTONINO, A.C.D.; GOUVEIA NETO, G.C.; LIRA, C.A.B.O. (2009). "Balço de energia em mamona cultivada em condições de sequeiro no Brejo Paraibano". *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 4, pp.185-191.
- ORTEGA-FARIAS, S.O.; CUENCA, R.H.; EK, M. (1996). "Daytime variation of sensible heat flux estimated by the bulk aerodynamic method over a grass canopy". *Agricultural and Forest Meteorology* 81, pp.131-143.
- PARTON, W.J.; SCURLOCK, J.M.O.; OJIMA, D.S.; SCHIMEL, D.S.; HALL, D.O. (1995). "Impact of climate change on grassland production and soil carbon worldwide". *Global Change Biology* 1, pp.13-22.
- SANTOS, T.V. (2009) *Fluxos de calor na superfície e evapotranspiração diária em áreas agrícolas e de vegetação nativa na bacia do jacuí por meio de imagens orbitais*. Porto Alegre, UFRGS, 2009. 96p. Dissertação Mestrado.
- SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; VILLA NOVA, N.A. (2005). "Evapotranspiração do capim Tanzânia obtida pelo método de Razão de Bowen e lisímetro de pesagem". *Engenharia Agrícola* 25 (3), pp.705-712.
- SOUZA, M.S.M.; BEZERRA, F.M.L.; VIANA, T.V.A.; TEÓFILO, E.M.; CAVALCANTE, I.H.L. (2009) "Evapotranspiração do maracujá nas condições do Vale do Curu". *Revista Caatinga* 22, pp. 11-16.