

FLUXOS DE ENERGIA EM ÁREA URBANA NO MUNICÍPIO DE RECIFE-PE, NO PERÍODO DE OUTONO-INVERNO

*Iane Andrade de Oliveira¹; Leidjane Maria M. de Oliveira²; José Romualdo de Sousa Lima³;
Antonio Celso D. Antonino⁵; Suzana Maria Gico L. Montenegro⁴; Carlos Alexandre Barros de
Almeida¹; Antonio M. da Silva⁶; Carlos Alberto Brayner de Oliveira Lira⁵*

RESUMO --- O presente trabalho objetivou analisar os fluxos de energia (saldo de radiação, fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível e fluxo de calor no solo) no período de outono-inverno em uma área urbana no município de Recife, Pernambuco. Para tal, foi instalada no Campus da Universidade Federal de Pernambuco uma torre micrometeorológica composta de um pluviógrafo, um piranômetro, um radiômetro e sensores para medidas da temperatura e da umidade relativa do ar e da velocidade do vento, em 2 níveis acima do solo. Ainda, foram instalados a 5 cm de profundidade no solo, fluxímetros para se medir o fluxo de calor no solo, além de duas sondas de temperatura e umidade do solo. Essas medidas foram armazenadas a cada 30 minutos num datalogger. Observou-se que o fluxo de calor latente é o principal componente do fluxo de energia e que a evolução dos componentes segue as variações da radiação global. O saldo de radiação foi utilizado, em média, como 77 % no fluxo de calor latente, 20 % como fluxo de calor sensível e 3 % como fluxo de calor no solo.

ABSTRACT --- The objective of this research was to quantify the components of the energy flux (net radiation, latent heat flux, sensible heat flux and heat in the soil flux) of an urban area in the city of Recife, Pernambuco. For this purpose, a micrometeorologic tower composed by pluviograph, a piranometer, a radiometer and temperature sensors were installed, in the Campus of the Federal University of Pernambuco, for measuring the temperature, relative humidity of the air and wind speed, at two levels above the soil surface. Fluximeters were installed to measure the soil heat flux, at 5 cm depth two as well as sensors to measure the soil temperature and soil humidity. These measurements were stored each 30 minutes in a datalogger. It was observed that the latent heat flux is the main component of the energy flux and that the evolution of the components follows variations in the global radiation. The net radiation was used, on average, as 77% in the latent heat flux, 20% as sensible heat flux and 3% as heat soil flux.

Palavras-chave: Calor latente, meio urbano, temperatura.

1) Doutorandos em Tecnologias Energéticas e Nucleares, (PROTEN/CTG/UFPE), Av Professor Luís Freire, 1000, Cidade Universitária, Recife/PE. CEP: 50740 - 540. Tel: (81) 2126 - 7973. E-mail: iane_andrade@yahoo.com.br, carlosalmeidaden@hotmail.com

2) Doutoranda em Engenharia Civil - Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, (DECIV/CTG/UFPE), Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife/PE. Caixa Postal 7800. CEP: 50741 - 530. Tel: (81) 2126 - 7216. E-mail: leidjaneoliveira@hotmail.com

3) Professor do Departamento de Engenharia Nuclear (DEN/CTG/UFPE), Av Professor Luís Freire, 1000, Cidade Universitária, Recife/PE. CEP: 50740 - 540. Tel: (81) 2126 - 7973. E-mail: acda@ufpe.br, cabol@ufpe.br.

- 4) Professor da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG/UFRPE), Av. Bom Pastor, S/N, Boa Vista, Garanhuns/PE, CEP: 55296-901. Tel: (87) 3761-0882. E-mail: romualdo@uag.ufrpe.br
- 5) Professora do Departamento de Engenharia Civil (DECIV/CTG/UFPE), Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife/PE. Caixa Postal 7800. CEP: 50741 - 530. Tel: (81) 2126 - 8709. E-mail: suzanam@ufpe.br.
- 6) Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental , (DTR/UFRPE). E-mail: antmarquess@yahoo.com.br.

1 – INTRODUÇÃO

O modo como o homem influencia e modifica o clima tem tido bastante destaque em pesquisas científicas desde o final do século passado. As modificações na ocupação do solo geradas pela urbanização e pela atividade agrícola, juntamente com a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera, são consideradas como as ações antropogênicas mais significativas, alterando consideravelmente o equilíbrio do meio ambiente e, provavelmente, afetando o clima em escala planetária.

Uma das mais importantes modificações associada à urbanização é a alteração das características térmicas da superfície, decorrente da presença de edificações e materiais de construção quando comparada às áreas verdes. Tais materiais aumentam a absorção de energia bem como a impermeabilização da superfície. Além disso, o aumento da rugosidade urbana altera os padrões de circulação do ar. E as atividades antrópicas, por sua vez, modificam a atmosfera urbana pela adição de calor e material particulado (Cox, 2008).

As conseqüências de tais alterações no ambiente urbano não se resumem ao desconforto criado, mas podem incluir graves efeitos econômicos e sociais, uma vez que fenômenos como ilha de calor, poluição do ar, chuvas intensas, inundações e desabamentos passam a fazer parte da vida na cidade, transtornando seus habitantes e causando prejuízos aos cidadãos e aos cofres públicos. O uso de pavimentação em lugar do solo natural, a inserção de calor a partir de fontes antropogênicas e a diminuição de áreas verdes modificam o balanço de energia, alterando as trocas térmicas entre a superfície e o meio, gerando, assim, um clima típico para as áreas urbanas (Duarte, 2000).

Tomado nessa perspectiva, o clima torna-se parte fundamental na compreensão do espaço, pois ele é um elemento dos mais relevantes na produção da qualidade ambiental urbana. Desta forma, seu estudo, além de contribuir para o desenvolvimento do campo da climatologia, pode ter desdobramentos práticos, ajudando na busca de soluções para os problemas ambientais da cidade. O trabalho objetivou analisar os fluxos de energia em uma área urbana no período de outono-inverno no município de Recife, PE.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Clima Urbano

Segundo Lombardo (1997), o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. É um mesoclima que está incluído no macroclima e que sofrem, na proximidade do solo, influências microclimáticas derivadas dos espaços urbanos.

Para Cox (2008) geralmente, as cidades são mais aquecidas e menos ventiladas que as áreas rurais. Porém, as modificações do clima urbano são altamente variáveis, ou seja, as variações climáticas no ambiente urbano não ocorrem de forma homogênea, assim como não são homogêneas as tipologias de ocupação e uso do solo nas cidades. Essas alterações climáticas podem ser observadas em diferentes escalas (distância horizontal) e limites da camada atmosférica (distância vertical).

Grimmond & Oke (1995) afirmam que o ciclo hidrológico também muda dentro de áreas urbanas e que o excesso de água sai em drenos, em vez de infiltrar no solo onde ela pode estar disponível para a evaporação e voltar para a atmosfera. Em contrapartida, a influência humana dentro da área urbana pode causar um aumento da evaporação devido à irrigação de áreas vegetadas dentro das cidades.

2.2 – Balanço de Energia

O balanço de energia é realizado em um volume de controle hipotético localizado no centro de uma área vegetada ou não, de modo a formar um sistema que interage com o ambiente externo. A energia que entra no volume de controle menos a energia que sai é igual a energia armazenada (Soares, 2003). No balanço de energia são necessárias algumas suposições como, por exemplo, que próximo à superfície do solo, admite-se não haver advecção horizontal de calor, vapor e momentum, e assim os fluxos verticais turbulentos de vapor d'água (E), de calor (H) de quantidade de movimento (τ) são proporcionais aos gradientes verticais de umidade específica, de temperatura e de velocidade do vento, respectivamente (Oliveira, 2004).

O balanço de energia apresenta valores diferenciados de acordo com os vários padrões de uso do solo na cidade. Quando se consideram o fluxo de calor latente e o fluxo de calor sensível, áreas mais edificadas ou industrializadas, por apresentarem baixa evapotranspiração e baixo albedo, tendem a ter maior participação na emissão de radiação de ondas longas, induzindo a uma elevação da temperatura do ar nesses locais (Danni-Oliveira, 1995).

O fluxo de calor latente (LE) envolve transferência de massa da superfície do sistema soloplanta-atmosfera, sendo resultado da evaporação e é obtido pelo produto do calor latente de evaporação ou condensação pela massa de água evaporada ou condensada (Moura, 2005). Já o fluxo

de calor sensível corresponde ao transporte vertical de calor, em decorrência da turbulência da camada atmosférica próxima a superfície, o que concorre para um maior ou menor aquecimento e resfriamento tanto da superfície do solo quanto da atmosfera (Soares, 2003). O fluxo de calor sensível geralmente é dirigido para fora da superfície no período diurno, quando a superfície está mais aquecida que o ar, e o contrário ocorre durante o período noturno (Moura, 2005).

Nas cidades, a taxa de evapotranspiração tipicamente mais baixa acentua ainda mais o contraste de temperatura com suas redondezas. O sistema de drenagem rapidamente remove a maior parte da água das chuvas tal que, apenas uma pequena parcela da radiação absorvida é utilizada para evaporação (calor latente) e a maior parte dessa radiação é utilizada para aquecer a terra e o ar diretamente (calor sensível). Por outro lado, as superfícies úmidas das áreas rurais (lagos, riachos, solo, vegetação, etc.) aumentam a fração de radiação absorvida que é utilizada para evaporação. A razão de Bowen (razão entre calor sensível e calor latente), portanto, é maior na cidade do que no campo (Freitas & Dias, 2002).

Grimmond e Oke. (1999) realizaram medidas no nível das coberturas na área central e densamente ocupada da Cidade do México, durante a estação seca, quantificando a densidade construída, a pavimentação, a área coberta por vegetação e água. Evaporação e condensação foram praticamente nulas durante as medições. As trocas foram dominadas pelo calor sensível, principalmente pelo armazenamento de calor no tecido construído durante o dia, e a perda de calor acumulado durante a noite. Assim os autores afirmam que os centros urbanos em diferentes lugares do mundo se comportam bem próximos uns dos outros em se comparando com seus entornos rurais, do ponto de vista das trocas de energia.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Área de Estudo

O trabalho de campo será realizado no estado de Pernambuco, município de Recife, cujas coordenadas geográficas são: 8° 04' 03" de latitude sul, 34° 55' 00" de longitude oeste e 4 m de altitude. O clima de acordo com Köppen é As' - quente e úmido, de forte influência oceânica, onde as médias térmicas mensais chegam a 25°C. As chuvas ocorrem no inverno antecipadas no outono (com máxima no inverno).

3.2 – Equipamentos utilizados

Foi instalada uma torre micrometeorológica contendo sensores de medidas da temperatura e da umidade relativa do ar, em dois níveis ($z_1 = 50,0$ cm; $z_2 = 100,0$ cm) acima do solo, um piranômetro para a medida da radiação global, um saldo radiômetro para as medições do saldo de

radiação e um pluviógrafo, para a medida da precipitação pluvial; esses sensores foram instalados na mesma torre, na altura de 2,0 m da superfície do solo.

Para a medida do fluxo de calor no solo foram instalados fluxímetros em dois locais, na profundidade $z = 5,0$ cm, juntamente com um sensor de umidade do solo, na mesma profundidade, além de duas sondas térmicas instaladas horizontalmente, nas profundidades de $z_1 = 2,0$ e $z_2 = 8,0$ cm. Todas essas medidas foram armazenadas como médias a cada 30 minutos, com exceção da pluviometria, teve seu valor total diário calculado, em um sistema de aquisição de dados CR 10X da *Campbell Scientific*.

3.3 – Balanço de energia – razão de Bowen

O balanço de energia na superfície pode ser descrito por meio da seguinte equação:

$$R_n = G + H + LE \quad (01)$$

na qual

R_n = saldo de radiação ($W m^{-2}$);

G = fluxo de calor no solo ($W m^{-2}$);

H = fluxo de calor sensível ($W m^{-2}$);

LE = fluxo de calor latente (sendo L o calor latente de vaporização da água e E a taxa de evaporação) ($W m^{-2}$).

A razão de Bowen (β) representa a partição de energia entre os fluxos de calor sensível (H) e de calor latente (LE) sendo obtida, a partir de leituras de temperatura do ar e pressão de vapor d'água em níveis diferentes, dada pela equação:

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (02)$$

Em que γ é a constante psicométrica ($0,066 k Pa \text{ } ^\circ C^{-1}$);

ΔT = a diferença de temperatura do ar ($^\circ C$);

Δe = a diferença de pressão de vapor d'água.

A pressão de saturação de vapor (e_s), em kPa, foi obtida através da equação de Murray (1967):

$$e_s = 0,61 \exp \left[\frac{17,27T}{237,3 + T} \right] \quad (03)$$

Com os dois dados de umidade relativa do ar (UR%) e dos valores calculados da pressão de saturação de vapor (e_s), foram calculados os valores de pressão real de vapor (e_a) pela equação:

$$e_a = UR * e_s / 100 \quad (04)$$

A partir das medidas do saldo de radiação (Rn), do fluxo de calor no solo (G) e das diferenças de temperatura do ar (ΔT) e de pressão de vapor (Δe), juntamente com a equação do balanço de energia, utilizando-se a razão de Bowen (β) procedeu-se o cálculo dos fluxos de calor latente (LE) e sensível (H), pelas equações 05 e 06, respectivamente.

$$LE = \frac{Rn - G}{1 + \beta} \quad (05)$$

$$H = \frac{\beta}{1 + \beta} (Rn - G) \quad (06)$$

A taxa de evapotranspiração (mm) foi obtida dividindo-se o fluxo de calor latente pelo calor latente de vaporização, considerado como constante ($2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$).

Para se evitar possíveis erros na estimativa dos fluxos de calor latente e de calor sensível, os valores da razão de Bowen menores do que $-0,75$ (Ortega - Farias *et al.*, 1996), bem como aqueles valores nos quais as medições dos gradientes de temperatura e de pressão de vapor estavam menores do que o limite da resolução dos sensores foram eliminados, sendo estes substituídos por interpolação dos valores precedentes e subseqüentes válidos.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Precipitação Pluvial

Os dados de precipitação pluvial diária são apresentados na Figura 1. Verifica-se que ocorreu um total de chuvas, no período de 30/04/2008 a 30/07/2008, de 1084,20 mm, com uma distribuição regular durante todo o período. Observou-se que dos 91 dias analisados em apenas 10 dias não ocorreu registro de precipitação pluvial, sendo que desse total em 31 dias ocorreram precipitações superiores a 10 mm.

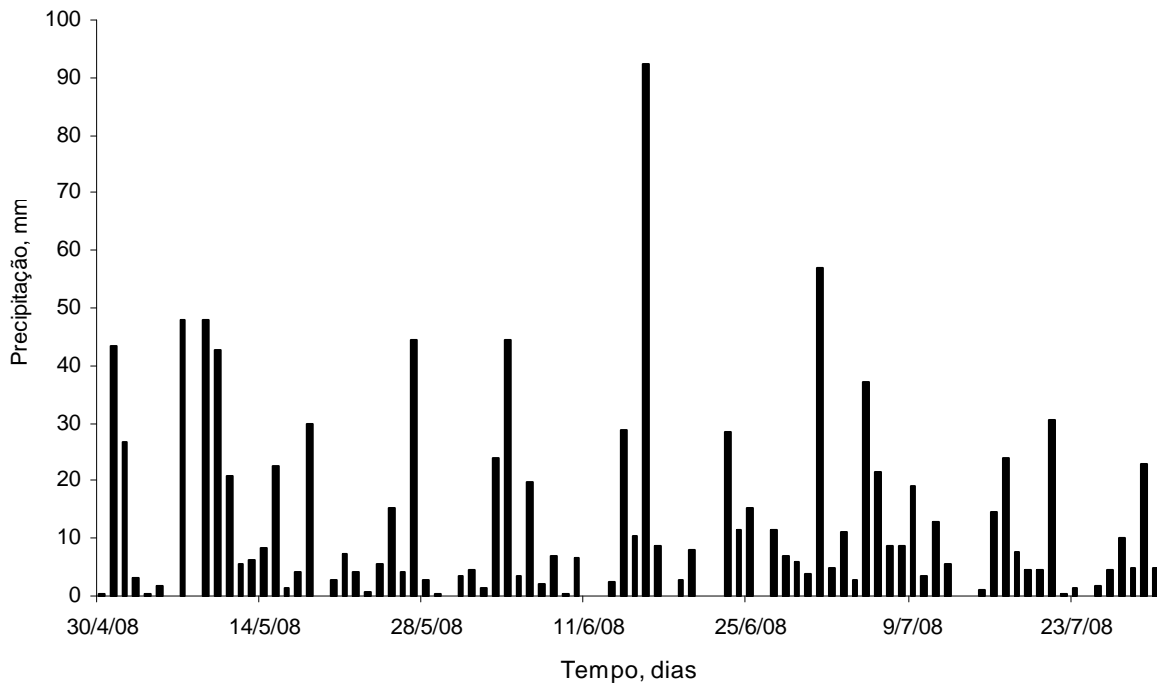


Figura 1 – Precipitação pluvial durante o período de 30/04/2008 a 30/07/2008, em Recife, PE.

O maior evento de chuva diária foi de 92 mm e ocorreu aos 48 dias do período analisado, ou seja, no dia 16/06/2008. A precipitação média anual do município é de 2.300mm, a quadra mais chuvosa é constituída pelos meses de maio, junho, julho e agosto.

4.2 – Evolução diária dos fluxos de energia

O comportamento da evolução diária da radiação global (R_g), do saldo de radiação (R_n) e dos fluxos de calor latente (LE), sensível (H) e no solo (G), em área urbana do Campus da UFPE, para o período de 30/04 a 30/07/2008, em Recife, PE é apresentada na Figura 2. Pode-se observar que o fluxo de calor latente (LE) seguiu as variações do saldo de radiação (R_n) e estas seguiram as variações da radiação global (R_g).

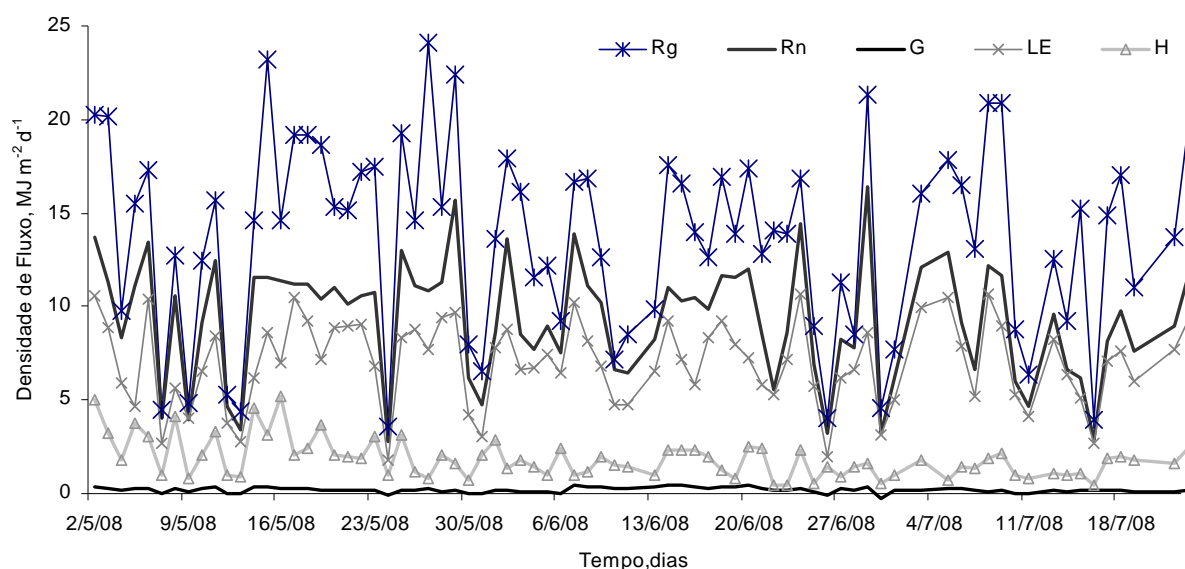


Figura 2 – Evolução diária da radiação global (Rg), do saldo de radiação (Rn) e dos fluxos de calor latente (LE), sensível (H) e no solo (G), em área urbana do Campus da UFPE para o período de 30/04 a 30/07/2008, na área de estudo.

Foi observado na figura 2, que os valores de radiação global variaram entre 3,62 e 24,73 MJ m² d⁻¹, com valor médio de 13,38 MJ m² d⁻¹; os valores do saldo de radiação (Rn) variaram entre 2,73 e 16,39 MJ m² d⁻¹ com valor médio de 9,16 MJ m² d⁻¹, enquanto os valores do fluxo de calor latente (LE) variaram entre 1,76 e 10,92 MJ m² d⁻¹, com um valor médio de 6,94 MJ m² d⁻¹. Lima *et al.*, (2005) analisaram os componentes do balanço de energia na região do Brejo Paraibano, afirmam que, com exceção dos períodos mais secos, as variações do fluxo de calor latente (LE) seguiram as variações do saldo de radiação (Rn).

Para o fluxo de calor sensível (H), os valores variaram entre 0,41 e 5,15 MJ m² d⁻¹ com valor médio de 1,79 MJ m² d⁻¹. Os valores de fluxo de calor no solo (G) apresentaram-se quase que constantes e com valores muito baixo, com uma média de 0,19 MJ m² d⁻¹. Essa variação dos fluxos de calor latente e sensível pode ter ocorrido em resposta à distribuição da precipitação pluvial (Figura 1).

Barradas *et al.* (1999) determinaram os componentes do balanço de energia numa área vegetada da cidade do México e encontraram que durante a estação seca o saldo de radiação foi utilizado como 25 e 69% nos fluxos de calor latente e sensível e que durante a estação úmida esses valores foram de 70 e 27%, respectivamente.

4.3 – Evolução horária dos fluxos de energia

A evolução horária dos fluxos de energia em área urbana no Campus da UFPE, Recife/PE é apresentada nas figuras 3 e 4. A figura 3 mostra a evolução horária para dias representativos de outono 21/05/2008 e 30/05/2008.

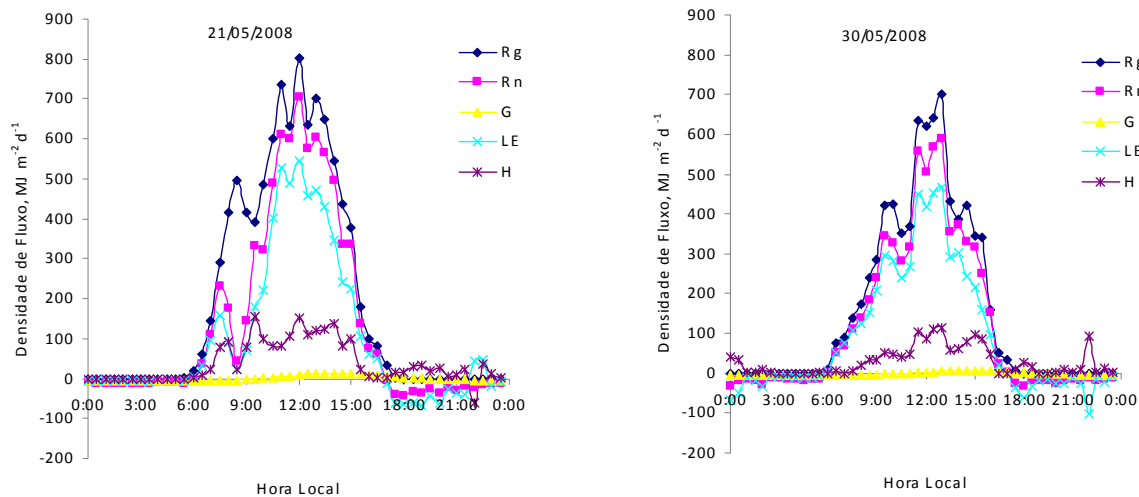


Figura 3 – Evolução horária dos fluxos de energia para dias representativos de outono, em área em estudo, nos dias 21/05/2008 e 30/05/2008.

Observa-se, para os dias analisados, que fluxo de calor latente é o principal consumidor do saldo de radiação. O fluxo de calor sensível para o dia 21/05/2008 (35 %) foi bem maior que para o dia 30/05/2008 (18 %). Sendo que no dia 21/05/2008 no início da manhã ocorreu uma queda em todos os valores dos fluxos, logo em seguida as 9:00 com elevação desses valores, com o máximo do saldo de radiação chegando a 705 Wm^{-2} . Os valores do fluxo de calor no solo permaneceram baixos durante os dois dias analisados sendo a partição do saldo de radiação de 2 % e 1 % respectivamente. Para os dias analisados registrou-se precipitação pluviométrica acima de 10 mm.

Segundo Ferreira *et al.* (2007) o ciclo diurno do saldo de radiação na cidade de São Paulo-SP, determinada a partir de dados da Plataforma Micrometeorológica do IAG/USP, apresenta uma variação sazonal com amplitude máxima no verão ($\sim 550 \text{ Wm}^{-2}$ no mês de janeiro) e um mínimo no inverno ($\sim 380 \text{ Wm}^{-2}$ no mês de julho). Esses autores concluíram que a variação sazonal da nebulosidade contribuiu significativamente para a redução da amplitude do saldo de radiação, principalmente, durante o período noturno nos meses de verão.

A figura 4 mostra a evolução horária para dias representativos de inverno, 23/06/2008 e 05/07/2008.

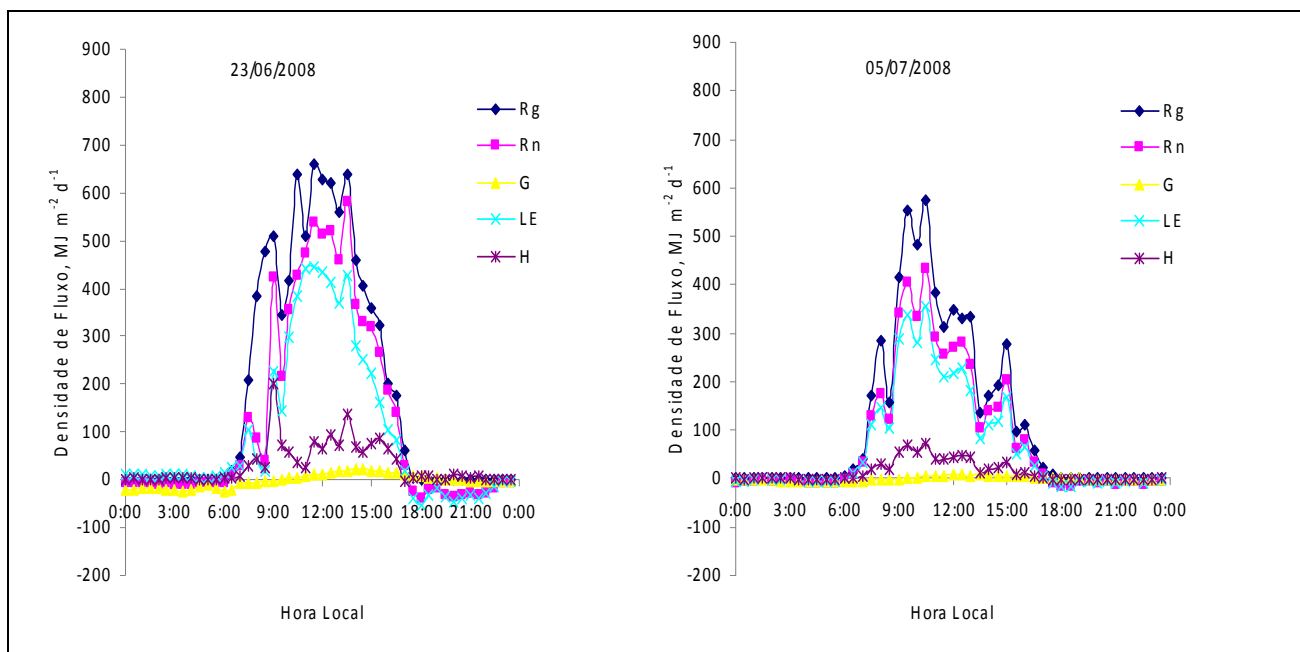


Figura 4 – Evolução horária dos fluxos de energia para dias representativos de inverno, área em estudo, nos dias 23/06/2008 e 05/07/2008.

Pode-se observar que, para o dia 23/06/2008 que, no início da manhã os fluxos de calor sensível e calor latente foram valores bem próximos, porém a partir das 10:00h da manhã ocorre um elevado aumento no fluxo de calor latente em relação ao fluxo de calor sensível. A partição do saldo de radiação para esse dia foi de 73, 22 e 4 %, para os fluxos de calor latente, calor sensível e calor no solo, respectivamente. Já para o dia 05/07/2008, observou-se que fluxo de calor latente foi maior que o fluxo de calor sensível chegando quase oito vezes da média diária de H. Nesse dia a partição do saldo de radiação foi de 86, 11 e 2 % para os fluxos de calor latente, calor sensível e calor no solo, respectivamente. A partição da energia disponível ao sistema nos fluxos de calor latente, calor sensível e calor no solo varia de acordo com as condições atmosféricas, umidade do solo e tipo de vegetação (Pereira *et al.*, 1997).

Oliveira *et al.*, (2008) analisando o comportamento dos componentes do balanço de energia em área urbana verificou que em dias de céu nublado o saldo de radiação e os fluxos de calor latente e sensível tiveram valores bem reduzidos, quando comparados aos dias com céu claro. Observou ainda, que ocorreu uma grande variabilidade no saldo de radiação e nos fluxos de calor latente e de calor sensível. Já os valores do fluxo de calor no solo, permaneceram praticamente constantes.

5 – CONCLUSÕES

Para as condições nas quais o trabalho foi realizado pode-se chegar às seguintes conclusões:

No período de 30/04/2008 a 30/07/2008 a radiação global transformada em saldo de radiação foi de 70%, sendo que o saldo de radiação foi utilizado, em média, como 77% no fluxo de calor latente, 20% como fluxo de calor sensível e 3% como fluxo de calor no solo.

Para os dias representativos de outono, a energia disponível, foi utilizada como 74,5 % e 25,5 % em fluxo de calor latente e de calor sensível, respectivamente. Para os dias representativos de inverno esses valores foram 79,5% e 20,5% respectivamente.

6 – BIBLIOGRAFIA

BARRADAS, V.L.; TEJEDA-MARTÍNEZ, A.; JÁUREGUI, E. (1999). *Energy balance measurements in a suburban vegetated area in Mexico City*. Atmospheric Environment, v.33, p.4109-4113.

COX, E. P. (2008). *Interação entre clima e superfície Urbanizada: o caso da cidade de Várzea Grande/MT*. . Cuiabá. Dissertação (Mestrado), 2008. Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Mato Grosso.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. (1995). *Aspectos conceituais do sistema clima urbano: uma breve revisão bibliográfica sobre as ilhas de calor*. Caderno de Geociências. Rio de Janeiro, Nº15, julho/setembro de 1995.

DUARTE, D.H.S. *Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos Na Região de Tropical Continental*. (2000). Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

FERREIRA, M.J.; OLIVEIRA, A.P.; SOARES, J.; BÁRBARO E.W.; CODATO, G.; MARCIOTTO, E.R.; SILVA, M. (2007). *Evolução diurna do balanço de radiação na superfície da cidade de São Paulo, Brasil*. In Anais do VII Congresso Iberoamericano de Ingenieria Mecanica, Cusco, 23 al 25 de Octubre de 2007.

FREITAS, E. D. de; DIAS, P. L. da S. (2002). *Interações entre ilha de calor Urbana e a brisa marítima na Região Metropolitana de São Paulo*. In Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. (1995). *Comparison of Heat Fluxes from Summertime Observations in the Suburbs of Four North American Cities*. Journal of Applied Meteorology. v. 34, 873–889.

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. (1999). *Heat Storage in Urban Areas: Local-Scale Observations and Evaluation of a Simple Model*. Journal of Applied Meteorology. v.38, 922 – 940.

LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOARES, W.A.; BORGES, E.; SILVA, I.F.; LIRA, C.A.B.O. (2005). Balanço de energia em um solo cultivado com feijão caupi no Brejo Paraibano. “*Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*”, Campina Grande, v. 9, n. 4, pp. 527-534.

LOMBARDO, M. A. *O Clima e a cidade*. (1997). In: Anais do IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Salvador, 1997.

MOURA, M. S. B. de. (2005). *Consumo hídrico, produtividade e qualidade do fruto da goiabeira irrigada na região do submédio São Francisco*. 2005.122p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2005.

MURRAY, F.W. *On the computation of saturation vapour pressure*. Journal of Applied Meteorology, Boston, v.6, N.1, 203-4, 1967.

OLIVEIRA, I. A.; LIMA, J. R. de S.; ANTONINO, A. C. D.; LIRA, C. A. B. de O.; GONDIM, M. V. S.; ALVES, E. M.; SOARES, W. de A.; CABRAL, J. J. S. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2008) *Evolução diurna dos componentes do balanço de energia em área urbana, Recife – PE*. In Anais do XVIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador, Nov. 2008. CD-Room.

OLIVEIRA, M. B. L. de (2004). *Balanço de energia e caracterização do microclima do Pantanal Sul Matogrossense em períodos de chuva e seca*. 101p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 2004.

ORTEGA-FARIAS, S.O.; CUENCA, R.H.; EK, M. *Daytime variation of sensible heat flux estimated by the bulk aerodynamic method over a grass canopy*. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v.81, n.1-2, p.131-43, 1996

PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDYAMA, G. C. *Evapotranspiração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

SOARES, J. M.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. (2003). *Balanço de energia em videira cultivada na região do Submédio do São Francisco*. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 207-214, 2003.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto "Balanço hídrico e de energia em área urbana", processo número 475772/2007-5 e, pelas bolsas de doutorado e produtividade em pesquisa. A Capes pelas bolsas de doutorado.