

## COMPONENTES DOS BALANÇOS DE ENERGIA PARA DIA DE CÉU LIMPO E DIA COM ATUAÇÃO DE VÓRTICE CICLÔNICO NO RECIFE, PE.

ALINE JULIANA DA SILVA OMAR<sup>1</sup>, JOSÉ JAIRO FLORENTINO CORDEIRO JUNIOR<sup>2</sup>, IVSON LUCAS DE SANTANA<sup>3</sup>, HÉLITON PANDORFI<sup>4</sup>, CRISTIANE GUISELINI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, UFRPE/Recife –PE, (81) 9.99677-8745, alineomar.efl@gmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, UFRPE/Recife –PE, (87) 9.9963-9816, jairofcordeiro@hotmail.com

<sup>3</sup> Acadêmico em Engenharia Florestal UFRPE/Recife –PE, (81) 9.9662-3694, ivson.lucas09@gmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, UFRPE/Recife –PE, (81) 9.9992-9495, pandorfi@deagri.ufrpe.br

<sup>5</sup> Engenheira Agrônoma, Prof.<sup>a</sup> Doutora, UFRPE/Recife –PE, (81) 9.9991-9294, cguiseli@hotmail.com

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Os componentes do balanço de energia são importantes para o entendimento do clima urbano. Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa caracterizar o balanço de energia de uma edificação predial em 2 dias característicos. O estudo foi realizado na laje do edifício garagem do empresarial Charles Darwin (Rio Ave), Recife, PE. Para isso foi instalada uma estação meteorológica automática completa programada para registrar dados a cada 10 minutos, nos dias 06/02, dia de céu limpo (CL) e 29/01, ocorrência de um vórtice ciclônico (VC). Os valores do saldo de radiação (Rn) foram em média 436,48 e 168,79 Wm<sup>-2</sup>, fluxo de calor sensível (H), 57,83 e 21,78 Wm<sup>-2</sup> e fluxos de calor latente (LE) 365,55 e 141,95 Wm<sup>-2</sup>, fluxo de calor no solo (G), 13,09 e 5,06 Wm<sup>-2</sup> para CL e VC, respectivamente. Ao analisar as variáveis do balanço de energia às 15:10h, para os dias estudados, nota-se que o Rn para CL e VC foram na ordem de 843,50 e 67,64 Wm<sup>-2</sup>. O dia VC foi caracterizado por apresentar ventos de até 5,1 ms<sup>-1</sup>. Durante o fenômeno, todos os fluxos do balanço de energia diminuíram significativamente, quando comparados ao CL, o que transformou o dia em noite

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima urbano, Fluxos de energia Micrometeorologia

## COMPONENTS OF THE ENERGY BALANCE FOR A SKY CLEAR DAY AND A CYCLONIC VORTEX IN RECIFE, PE

**ABSTRACT:** The components of the energy balance are important to understanding the urban climate. In this context, this paper aimed to characterize the energy balance of a building in two characteristic days. The study was conducted on a slab of Charles Darwin's building garage (Rio Ave), Recife, PE. For this purpose, an automatic weather station was installed and programmed to record data every 10 minutes, in 06/02, sky clear day (CL) and 29/01, occurrence of a cyclonic vortex (VC). The values of the net radiation (Rn) was on average 436,48 and 168,79 Wm<sup>-2</sup>, the sensible heat flux (H), 57,83 and 21,78 Wm<sup>-2</sup>, the latent heat flux (LE) 365,55 and 141,95 Wm<sup>-2</sup>, heat flow in the ground (G), 13,09 and 5,06 Wm<sup>-2</sup> for CL and VC, respectively. When evaluating the variables of the energy balance at 15:10h, for the days studied, observed that the Rn for CL and CV was of the order of 843.50 and 67.64 Wm<sup>-2</sup>. The VC day was characterized by 5,1 ms<sup>-1</sup> winds. During the phenomenon, all balance energy's components decreased significantly when compared to CL, which transformed the day into night.

**KEYWORDS:** Urban climate, Energy fluxes Micrometeorology

**INTRODUÇÃO:** A determinação do balanço de energia na superfície terrestre envolve duas partes: a primeira consiste em quantificar a energia líquida (saldo de radiação - Rn), enquanto a segunda estima os fluxos de calor no solo (G), calor sensível (H) e calor latente (LE) de utilização da radiação líquida

disponível na superfície terrestre (MACHADO et al., 2014). Nesse sentido, utiliza-se o método da Razão de Bowen como forma de estimar os fluxos de calor sensível e de calor latente para cálculos de balanço de energia. Quando os diversos fatores que estão ligados ao processo de urbanização se intensificam, ocorre uma mudança no balanço de energia (TASSI et al., 2014) causando fenômenos que afetam a vida da população, tais como vórtices ciclônicos. Assim, alguns autores acreditam que esse processo de urbanização acelerado pode contribuir para períodos de longa estiagem ou precipitação intensa (GAN et al., 1986; RAMIREZ et al., 2002; MENDONÇA, 2010). Além disso a região nordeste do Brasil é influenciada por diversos sistemas meteorológicos que afetam as condições do tempo, tais como vórtice ciclônico, caracterizado por um sistema de baixa pressão em grande escala (GAN, 1983). Nesse contexto, objetivou-se caracterizar o balanço de energia de uma edificação predial em 2 dias característicos, sendo um de céu limpo e outro com a atuação de um vórtice ciclônico.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A pesquisa foi desenvolvida no Edifício Garagem do Empresarial Charles Darwin, da construtora Rio Ave Empreendimentos, no Recife, PE (latitude  $-8,05^\circ$ , longitude  $-34,95^\circ$ , altitude 33,30 m), numa área de 2.800 m<sup>2</sup> (Figura 1).



FIGURA 1. Localização do Edifício Garagem Empresarial Charles Darwin, da construtora Rio Ave Empreendimentos, no Recife, PE.

Foi instalada uma estação meteorológica automática completa, na laje externa do edifício. Os dados meteorológicos foram registrados pela estação meteorológica automática a cada 10 min nos dias 06/02, dia de céu limpo (CL) e 29/01, ocorrência de um vórtice ciclônico (VC). Foram registrados o saldo de radiação ( $R_n$ ;  $W\ m^{-2}$ ), a precipitação pluviométrica (PREC, mm), velocidade e direção dos ventos (VV,  $m\ s^{-1}$ ), pressão atmosférica ( $P_{atm}$ , mbar) e albedo ( $r$ ). As medidas de temperatura do ar ( $T_{ar}$ ,  $^\circ C$ ) e a umidade relativa do ar (UR, %) foram realizadas em dois níveis acima do solo (20 cm e 160 cm). Para os valores de fluxo de calor no solo ( $G$ ,  $W\ m^{-2}$ ) foi seguido a recomendação de Pereira et al (2002) que considera o valor de  $G$  em torno de 3 % do valor do saldo de radiação ( $R_n$ ). A estimativa do balanço de energia na laje externa do edifício garagem do Empresarial Charles Darwin foi obtida pelo método da razão de bowen (Equação 1):

$$\beta = H/LE \quad (1)$$

em que,

$\beta$  = razão de Bowen

$H$  = fluxo de calor sensível ( $w\ m^{-2}$ )

$LE$  = fluxo de calor latente ( $w\ m^{-2}$ )

Combinada com o fluxo de calor latente ( $LE$ ) e sensível ( $H$ ) pôde-se estimar o balanço de energia (Equação 2).

$$R_n = H + LE + G \quad (2)$$

em que,

$R_n$  = saldo de radiação ( $w\ m^{-2}$ )

$H$  = fluxo de calor sensível ( $w\ m^{-2}$ )

$LE$  = fluxo de calor latente ( $w\ m^{-2}$ )

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

O dia de céu limpo (06/02) foi escolhido por ter apresentado maior radiação solar global ( $Q_g$ ) no período de 20/01/2016 a 30/09/2016. Já o dia 29/01 foi escolhido por apresentar, em algumas horas do dia, alterações significativas na velocidade do vento e ter sido caracterizado, segundo a escala Belfort, como vórtice ciclônico.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** É percebido, no dia de céu limpo, 06/02/2016, que todos os componentes do balanço de energia variaram de forma esperada, com suas máximas no horário de maior disponibilidade solar e nota-se a redução gradativa até chegar a zero o final do dia. O saldo de radiação ( $R_n$ ) alcançou sua máxima às 12:00 horas com  $1492 \text{ w m}^{-2}$ . A velocidade máxima do vento foi de  $3,4 \text{ m s}^{-1}$ . Já para a temperatura do ar e a umidade relativa do ar as máximas foram  $30,4 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $80 \%$  respectivamente.

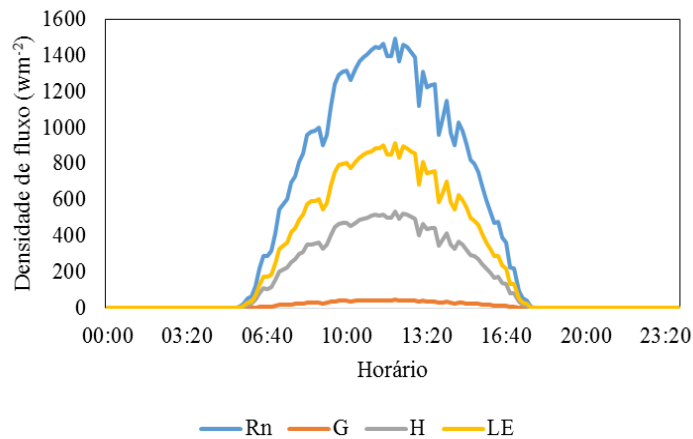


FIGURA 2. Balanço de energia no dia de céu limpo (06/02/2016)

As chuvas intensas que ocorreram no dia 29/01/2016 foram provocadas pela atuação de um sistema meteorológico denominado de Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (APAC, 2016). O mês de janeiro de 2016 foi marcado por um evento de El-Niño forte em que o oceano Pacífico Equatorial permaneceu muito aquecido até janeiro, apresentando anomalia positiva da temperatura da superfície do mar de até  $3 \text{ }^\circ\text{C}$  (BEZERRA et al., 2016). Para o dia do vórtice ciclônico, dia típico de céu encoberto, os resultados mostram que as rajadas começaram a aumentar gradativamente a partir das 15:30 h e alcançou seu pico às 16:30 h com  $16,4 \text{ m s}^{-1}$ . Nesse momento a umidade relativa alcançou  $94 \%$  e temperatura do ar caiu para  $21^\circ \text{C}$ . A precipitação foi de  $24 \text{ mm}$  em apenas 1 hora. O  $R_n$  alcançou apenas  $792 \text{ w m}^{-2}$ , correspondendo a  $49 \%$  do dia de céu limpo. Às 17:30h todos os componentes do balanço de energia diminuíram até zero ( $\text{w m}^{-2}$ ) e ficaram dessa forma até o final do dia (figura 3).

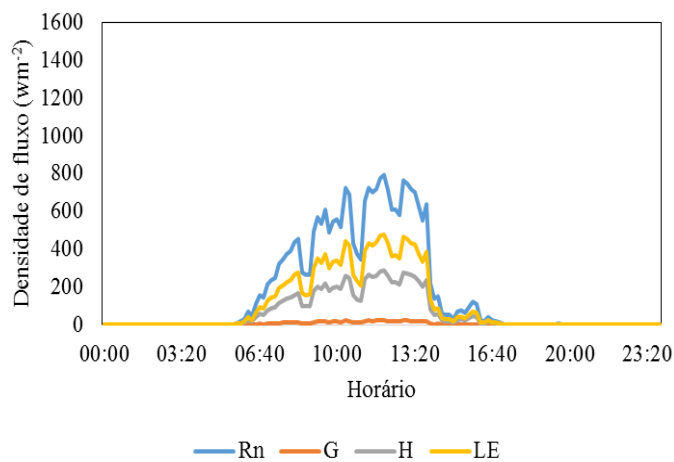


FIGURA 3. Balanço de energia no dia do vórtice ciclônico (29/01/2016)

**CONCLUSÕES:** No dia caracterizado como de céu limpo, o fluxo de calor latente e de calor sensível apresentaram forte correlação com a radiação solar. O dia de céu encoberto denotou uma redução de 49% do Rn, decorrente da atuação do sistema vórtice ciclônico.

## **REFERÊNCIAS**

BEZERRA, J. F.; SILVA, A. V. R.; ANDRADE, G. S.; SILVA, N. G.; DUARTE, C. C.. Análise do desenvolvimento e atuação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis em janeiro de 2016 no Agreste Meridional, Pernambuco. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 491-499, 2016.

GAN, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta toposfera nas altas latitudes subtropicais do Atlântico sul e leste do Brasil**. 1982. 80p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1983.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E.. Vórtices ciclônicos da alta atmosfera no Oceano Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, V. 1, n. 92, p. 19-28, Junho 1986

MACHADO, C. C.; SILVA, B. B.; ALBUQUERQUE, M. B.; GALVÍNCIO, J. D.. Estimativa do balanço de energia utilizando imagens TM - Landsat 5 e o algoritmo SEBAL no litoral sul de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 55-67, 2014.

MENDONÇA, M. A vulnerabilidade da Urbanização do Centro Sul do Brasil frente à variabilidade climática. **Investigaciones Geográficas**, n. 42, p. Pág. 57-84, 2010.

RAMÍREZ, M. C. V.; FERREIRA, N. J.; CAMPOS VELHO, H. F.. **Estudo da quantificação da precipitação sobre a região leste do estado de São Paulo: sistemas sinóticos associados e comparações com a previsão do modelo eta**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu (PR), Brasil. 2002.

SANTANA, N. C.. Investigação de Ilhas de Calor em Brasília: Análise Multitemporal com Enfoque na Cobertura do Solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, p. 1044, 2014.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G.. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, v. 14, p. 139-154, 2014.