

# ESTUDO DO BALANÇO DE RADIAÇÃO EM ÁREA DE PASTAGEM NA AMAZÔNIA

AILTON MARCOLINO LIBERATO<sup>1</sup>, FERNANDO LUIZ CARDOSO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA-CCT-UFMG), Campina Grande – PB, Fone: (0xx83) 3310-1054, E-mail: [ailtonliberato@yahoo.com.br](mailto:ailtonliberato@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Doutorando em Ciências de Florestas Tropicais (INPA), Professor Assistente III do Departamento de Ciências Exatas e da Natureza (DCEN-UNIR), Ji-Paraná – RO.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** Este trabalho mostra as variações dos componentes do balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia. São analisadas também as variações dos balanços de radiação entre uma estação seca e uma chuvosa. Os dados foram coletados durante a execução do Projeto Experimente de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA na região sudoeste da Amazônia, cuja base experimental foi a Fazenda Nossa Senhora Aparecida (10° 45'S e 62° 22'W) a 220 m acima do nível do mar em uma área de pastagem cerca de 15 km da cidade de Ouro Preto d'Oeste (RO). A radiação de onda curta incidente (Rg) e refletida (Rgr) foi medida através de piranômetros CM21 (kipp&zonen) e o saldo de radiação (Rn) foi obtido utilizando um saldo radiômetro (REBS, Seattle, EUA). O saldo de radiação de onda longa (L\*) foi estimado através da equação do balanço de radiação. Os resultados mostraram que não houve mudanças nas componentes do balanço de radiação de uma estação para a outra, mas o albedo apresentou valores ligeiramente maiores para a estação seca. A radiação de onda curta e o saldo de radiação se correlacionariam muito bem em ambas as estações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia, pastagem, balanço de radiação.

## THE RADIATION BALANCE OVER PASTURE IN AMAZONIA

**ABSTRACT:** This work has shown the variations of the components of the radiation in pasture area in Amazon region. This experiment also analyzes the variation of the radiation budget between a dry and a wet season. The data were collected during the execution of the Project “The Large Scale Biosphere-atmosphere in Amazon – LBA, in the Southwest of Amazon region, whose experimental base was in the Fazenda Senhora Aparecida (10° 45'S and 62° 22'W), with 220 m above of the sea level. The pasture area is about 15 km of the Ouro Preto (RO) city .The incoming short radiation (Rg) and outgoing (Rgr) it was measured through the pyranometer CM21 (kipp&zonen) and the Net radiation (Rn) it was obtained using a Rnet radiometer (REBS, Seattle, USA). The Net radiation of long wave (L\*) it was calculated through the equation of the radiation budget. The results showed that there were not changes in the components of the radiation budget dry period to the wet period, but the albedo presented values lightly larger for the dry season for both sites. The short wave radiation and the radiation balance would be correlated very well in both season.

**KEY-WORDS:** Amazonia, pasture, radiation budget

## INTRODUÇÃO

A região amazônica tem sofrido nas últimas décadas significativa mudança no padrão de uso do solo, através de intenso processo de ocupação humana (NOBRE et al., 1996, DAVIDSON & ARTAXO, 2004). Essas evidências vêm preocupando a comunidade

científica a sociedade e o Estado, sobre as conseqüências que o desmatamento poderá acarretar ao clima global (GALVÃO et al., 2000).

Em pesquisas realizadas na Amazônia constatou-se que a substituição contínua da vegetação natural de floresta úmida por pastagens afeta substancialmente o balanço de radiação à superfície (GASH & SHUTTLEWORTH, 1991, NOBRE et al., 1991, SELATI & NOBRE, 1991, MANZI & PLANTON, 1996). A maioria das recentes pesquisas de microclima na Amazônia concentra-se nas áreas de mata densa e locais de clareira (BASTABLE et al., 1993, FEITOSA, 1998, FISCH, 1996) objetivando principalmente associar desmatamento e queimadas, com possíveis impactos no clima, causados pelas modificações nos balanços de radiação e energia.

Neste trabalho, procura-se analisar as variações diárias dos termos do balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia para diferentes coberturas de nuvens. São também analisadas as variações entre uma estação seca e uma chuvosa para áreas de pastagem. Os dados utilizados foram coletados nos seguintes períodos: agosto de 2005 (estação seca) e janeiro de 2006 (estação chuvosa), os quais fazem parte do acervo de dados coletados no decorrer do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Pastagem

A Fazenda Nossa Senhora Aparecida localizada (10° 45'S e 62° 22'W, 220m) e cerca de 15 km da cidade de Ouro Preto D' Oeste, RO. Este sítio foi desmatado há 22 anos e encontra-se no centro de uma área desflorestada com aproximadamente 50 km de raio. A vegetação natural (floresta) foi totalmente substituída por gramínea (*brachiaria brizantha*). As características do solo deste sítio podem ser encontradas em HODNETT et al. (1996). Uma descrição detalhada do sítio experimental encontra-se em GASH et al. (1996). Foram construído um cercado com 28,40 m de diâmetro e instalado uma torre meteorológica com 8,20 m de altura no centro do cercado. A torre esta equipada com os seguintes sensores: dois piranômetros CM 21 (Kipp&Zonen Delft Holland) para medição de radiação solar global (no comprimento de onda 0,3 a 3 µm), e da radiação solar refletida; dois pirgiômetros CG1(Kipp&Zonen Delft Holland) para mediação de radiação de onda longa da atmosfera, e emitida pela superfície; um saldo radiômetro (Radiation Energy Balance System, Seattle, EUA) para medir o saldo de radiação. Os dados (leitura a cada minuto e médias a cada 10 minutos) fornecidos pelos instrumentos foram registrados por um sistema de aquisição automática (data logger CR10) da campell Scientific Inc., o sítio foi visitado semanalmente para transferência dos dados e execução de serviços de manutenção.

### Elementos Teóricos

Neste estudo pretende-se utilizar as seguintes grandezas físicas:

$R_g$  – fluxo de radiação solar global incidente ( $Wm^{-2}$ );

$Neb$  - nebulosidade da atmosfera (< 0.25, 0.25-0.5 e > 0.5);

$R_{gr}$  – fluxo de radiação solar global refletida pela superfície ( $Wm^{-2}$ );

$R_n$  – saldo de radiação ( $Wm^{-2}$ );

$L^*$  -  $L_d-L_u$ , saldo de radiação de onda longa ( $Wm^{-2}$ );

$L_d$  – fluxo de radiação de onda longa proveniente da atmosfera ( $Wm^{-2}$ );

$L_u$  – fluxo de radiação de onda longa emitida pela superfície ( $Wm^{-2}$ );

$\alpha = \frac{R_g}{R_{gr}}$  – albedo para radiação de onda curta.

O saldo de radiação sobre uma superfície é definido como (ANDRÉ & VISWANADHAM, 1983):

$$Rn = Rg - Rgr + Ld - Lu \quad (1.1)$$

ou

$$Rn = (1 - \alpha)Rg + L^* \quad (1.2)$$

A nebulosidade da atmosfera foi calculada a partir da razão entre o fluxo integrado de radiação solar incidente à superfície e aquele no topo da atmosfera, através da seguinte equação:

$$Neb = \frac{Rg}{Rg0} \quad (1.3)$$

A radiação no topo da atmosfera foi estimada para cada dez minutos, em função da latitude do local, da declinação solar e do ângulo horário, segundo a formulação dada por VIANELLO & ALVES (1991):

$$Rg = S_0 \left( \frac{\bar{D}}{D} \right)^2 \cos Z, \quad (1.4)$$

onde  $S_0$  é a constante solar, definida como a irradiância solar sobre uma superfície normal aos raios solares, à distância média Terra-Sol ( $S_0 = 1360 \text{ Wm}^{-2}$ ),  $D$  é a distância Terra-Sol para um determinado dia do ano,  $\bar{D}$  a distância média Terra-Sol e  $\cos Z$  é o cosseno do ângulo zenital. A razão entre  $\bar{D}$  e  $D$  na equação acima é o fator de correção da excentricidade da órbita da Terra, podendo ser expressa através da seguinte equação:

$$\left( \frac{\bar{D}}{D} \right) = 1,000110 + 0,034221 \cos(\Theta) + 0,001280 \text{sen}(\Theta) + 0,000719 \cos(2\Theta) + 0,000077 \text{sen}(2\Theta) \quad (1.5)$$

em que  $\Theta$ , expresso em radianos, é igual a  $2\pi(n-1)/365$ , onde  $n$  é o número do dia do ano no calendário Juliano. O ângulo zenital ( $Z$ ) é dado pela seguinte equação:

$$\cos Z = \text{sen}\phi \text{sen}\delta + \cos\phi \cos\delta \cosh, \quad (1.6)$$

Sendo  $\phi$  a latitude do local,  $\delta$  a declinação do Sol e  $h$  o ângulo horário. As duas últimas variáveis são dadas pelas seguintes expressões (VIANELLO & ALVES, 1991):

$$\delta = 0,006918 - 0,399912 \cos(\Theta) + 0,070257 \text{sen}(\Theta) - 0,006758 \cos(\Theta) + 0,000907 \text{sen}(2\Theta) - 0,002697 \cos(3\Theta) + 0,001480 \text{sen}(3\Theta) \quad (1.7)$$

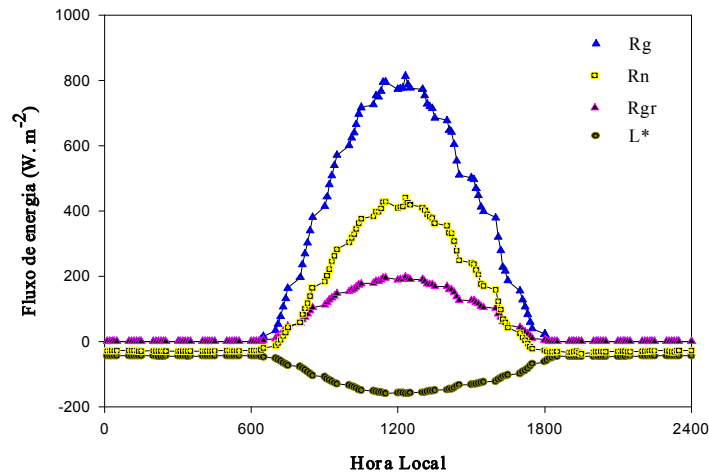
$$h = (\text{hora} - 12).15 \quad (1.8)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados na Fazenda Nossa Senhora Aparecida (área de pastagem) durante o mês de agosto de 2005 (estação seca) e janeiro de 2006 (estação chuvosa) foram utilizados para analisar as variações diárias dos termos do balanço de radiação. Foram selecionados os dias com céu claro ( $Neb > 0.5$ ), dias parcialmente nublados ( $Neb 0.25-0.5$ ) e nublados ( $Neb < 0.25$ ), conforme sugerido por NKEMDIRIM (1972). Para a estação seca de 2005, não foi possível selecionar dia nublado.

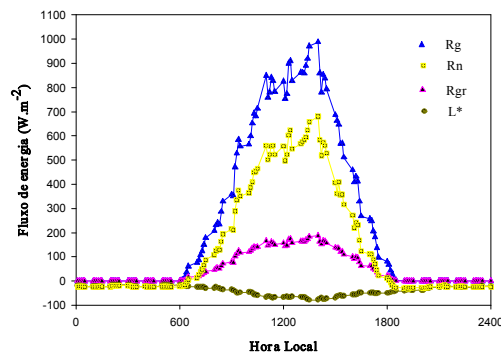
Como dia com céu claro ( $Neb > 0.5$ ), foram selecionados 26 dias de dados na pastagem durante a estação seca e 8 dias de dados na pastagem durante a estação chuvosa. As

figuras 1 e 2 mostram as variações médias diárias dos componentes do balanço de radiação para dias com céu claro ( $Neb = 0.6$  e  $0.55$ ) respectivamente. O comportamento dos componentes do balanço de radiação é aquele esperado, estando todos em fase, conforme pode ser visto nos máximos relativos (GALVÃO et al., 2000). A radiação solar global  $R_g$  e o saldo de radiação  $R_n$  atingiram valores ligeiramente mais elevados para a estação chuvosa do que para a estação seca. Convém notar que a estação chuvosa do ano utilizado apresentou-se em média (cerca de 186 mm/mês) e que a radiação no ‘topo’ da atmosfera é máxima nesta época do ano.



**Figura 1** - Variação média horária dos componentes do balanço de radiação para 26 dias com céu claro ( $Neb = 0.6$ ).

Os valores máximos de  $R_g$  para a estação seca e chuvosa na área de pastagem foram, respectivamente,  $813 \text{ Wm}^{-2}$  e  $987 \text{ Wm}^{-2}$ . Para o saldo de radiação  $R_n$ , os valores máximos foram  $440 \text{ Wm}^{-2}$  e  $680 \text{ Wm}^{-2}$ , respectivamente. Estas diferenças podem ser atribuídas à maior incidência de radiação solar (menor declinação solar) durante a estação chuvosa, fazendo com que  $R_g$  atinja um valor ligeiramente mais elevado, o mesmo acontecendo com  $R_n$  para a estação chuvosa, já que esta última depende de  $R_g$  e da radiação refletida que, no caso, é igual nas duas estações.



**Figura 2** - Variação média horária dos componentes do balanço de radiação para 8 dias com céu claro ( $Neb = 0.55$ ).

Já o saldo de radiação de onda longa apresentou o mesmo comportamento diário, em fase com os demais termos, mas com amplitudes diferentes, ou seja, foram encontrados

valores maiores para estação chuvosa ( $-78,84 \text{ Wm}^{-2}$ ) do que para seca ( $-159 \text{ Wm}^{-2}$ ). Suas flutuações são mais frequentes que as dos demais termos. Isto pode ser atribuído à composição do referido termo (Equação 1.1) que está ligado à emissão da superfície (e, portanto à sua temperatura) e emissão da atmosfera associada à temperatura e à quantidade de vapor d'água do ar.

Como dias parcialmente nublados ( $\text{Neb } 0.25 - 0.5$ ), foram selecionados 5 dias de dados na pastagem durante a estação seca (agosto de 2005) e 20 dias de dados na pastagem durante a estação chuvosa (janeiro de 2006). As Figuras 3 e 4 mostram as variações médias diárias dos componentes do balanço de radiação para céu parcialmente nublado ( $\text{Neb} = 0.45$  e  $0.40$ ) respectivamente. Neste caso, o comportamento dos termos do balanço de radiação é o mesmo, estendo também em fase e apresentando amplitudes aproximadamente iguais (Figuras 3.6 e 3.8).

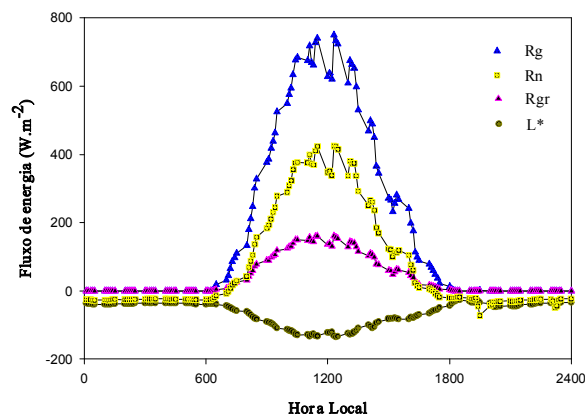


Figura 3 - Variação média horária dos componentes do balanço de radiação para 5 dias com céu parcialmente nublado ( $\text{Neb} = 0.45$ ).

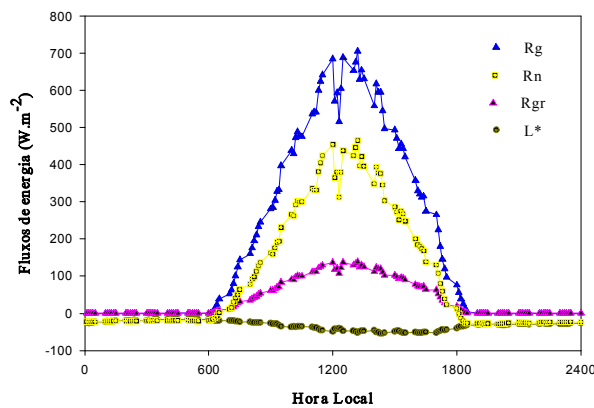
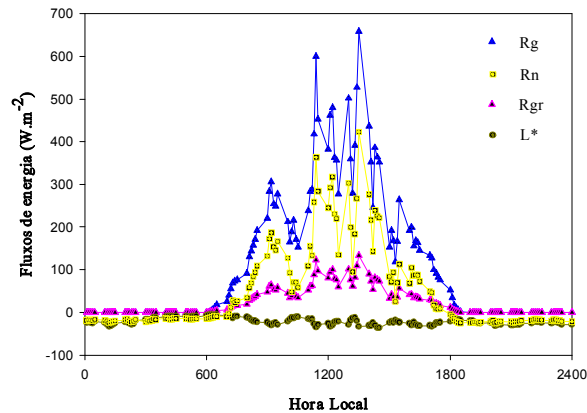


Figura 4 - Variação média horária dos componentes do balanço de radiação para 20 dias com céu parcialmente nublado ( $\text{Neb} = 0.40$ ).

Estes dias foram caracterizados por apresentar parte da manhã sem nuvem e bastante nebulosidade do tipo cumuliforme das 09:00 às 15:00 horas, sendo observados, vários nos termos do balanço, todos em fase, com exceção do saldo de onda longa, que apresentou algumas oscilações fora de fase com os demais termos, provavelmente por esta depender também da temperatura e do conteúdo do vapor d'água no ar.

Apenas para a estação chuvosa (janeiro de 2006) foi possível selecionar dias nublados ( $Neb < 0.25$ ), foram selecionados 3 dias de dados na pastagem. A Figura 5 mostra as variações médias diárias dos componentes do balanço de radiação para céu nublado ( $Neb = 0.24$ ). Neste caso, também a variação dos termos  $Rn$  e  $Rg$  segue em fase, mostrando grande oscilação durante o dia. Os valores máximos para  $Rn$  e  $Rg$  foram  $411,3 \text{ Wm}^{-2}$  e  $658,3 \text{ Wm}^{-2}$ . Houve pouca variabilidade diária. Mas uma vez  $L^*$  mostrou ser altamente sensível as variações de temperatura e umidade específica.



**Figura 5** - Variação média horária dos componentes do balanço de radiação para 3 dias com céu nublado ( $Neb = 0.24$ ).

É bom salientar aqui que, para as três situações estudadas, o comportamento de  $Rn$  durante a noite é semelhante, com aproximadamente a mesma amplitude e pequena variabilidade (cerca de  $40 \text{ W m}^{-2}$ ). Com referência à pequena variabilidade de uma estação para outra, nota-se que a elevada umidade específica durante todo ano age como um fator homogeneizado para os termos do balanço, ficando a declinação do sol como a maior responsável. Com a finalidade de tentar explicar as diferenças entre as duas estações foram comparados, para os dias estudados, valores de  $Rg (1-\alpha)$  com  $Rg$ . Observa-se que os valores de  $Rn$  e  $Rg (1-\alpha)$  se correlacionaram muito bem ( $\approx 1$ ). Nota-se também que o albedo médio diário apresenta um crescimento sensível com o aumento da cobertura de nuvens, o que é esperado devido diminuição diária de  $Rg$ .

## CONCLUSÕES

Não houve mudanças no comportamento dos termos do balanço de radiação, quando se consideraram as estações seca e chuvosa, embora os valores absolutos dos termos tenham sido diferentes, com maiores valores para estação chuvosa. O albedo apresentou valores ligeiramente mais elevados para estação seca, quando considerado dias com pouca nebulosidade e parcialmente nublados. Os valores médios para a estação seca 0.21 e chuvosa foram, 0.18. O saldo de radiação de onda longa mostrou ser bastante sensível às variações de temperatura e umidade específica. As regressões lineares entre  $Rg (1-\alpha)$  e  $Rn$  ajustaram-se bem os dados, para todos os dias estudados. O coeficiente de correlação entre estas grandezas é aproximadamente estreita entre  $Rg (1-\alpha)$  e  $Rn$  para área de pastagem.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Comitê de Treinamento do Programa LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera - Atmosfera na Amazônia) pelo incentivo e oportunidade, bem como ao CNPq pela concessão de bolsas (Processo Institucional CNPq 680.051/03-1).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, R. G. B.; VISWANADHAM, Y. 1983. Radiation balance of soybeans grown in Brazil. **Agricultural Meteorology**, 30(3): 157 – 173.
- BASTABLE, H. G.; SHUTTLEWORTH, W. J.; DALLAROSA, FISH, G.; NOBRE, C. A. 1993. Observation of climate, albedo and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. **Int. J. Climatol.**, 13(7): 783-796.
- DAVIDSON, E. A.; ARTAXO, P. 2004. Globally significant changes in biological processes of the Amazon Basin: Results of the Large-scale Biosphere-Atmosphere Experiment. **Global Change Biology** 10: 1–11, doi: 10.1111/j.1529 - 8817.2003.00779.x.
- FEITOSA, J. R. P.; FERREIRA DA COSTA, R.; FISCH, G.; SOUZA, S. S.; NOBRE, C. A. 1998. Radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 6(1): 1-7.
- FISCH, G.; CULF, A.D.; NOBRE, C. A. 1996. Modelling convective boundary layer growth in Rondônia. *In*: Gash, J.H.C.; Nobre, C. A.; Roberts, J. M.; Victoria, R. L. (Eds). **Amazonian Deforestation and Climate**. J Wiley, Chichester, p. 425-435.
- GASH, J.H.C.; SHUTTLEWORTH, W.J. 1991. Tropical deforestation: albedo and the surface-energy balance. **Climatic Change**, 19(1-2):123-133.
- GASH, J.H.C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. 1996. **Amazonian Deforestation and Climate**. J Wiley, Chichester. p. 1-14.
- GALVÃO, J. A. C.; FISCH, G. 2000. Balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia (Ji-Paraná, RO). **Revista Brasileira de Meteorologia**, 15(2): 25-37.
- HODNETT, M. G.; OYAMA, M. D.; TOMASSELA, J.; MARQUES FILHO, A. O. 1996. Comparisons of long-term soil water storage behavior under pasture and forest in three áreas of Amazônia. *In*: Gash, J. H.; Nobre, C. A.; Roberts, J. M.; Victoria, R. L. (Eds). **Amazonian Deforestation and Climate**. J Wiley, Chichester. p. 57-77.
- MANZI, A. O.; PLANTON, S. 1996. A simulation of Amazonian deforestation using a GCM calibrated with ABRACOS and ARME data. *In*: Gash, J. H. C.; Nobre, C. A.; Roberts, J. M.; Victoria, R. L. (Eds). **Amazonian Deforestation and Climate**. J Wiley, Chichester. p. 549-576.
- NKEMDIRIM, L. C. 1972. A note on the albedo of surfaces. **Journal of Applied Meteorology**, 11: 867-874.
- NOBRE, C. A.; SELLERS, P. J.; SHUKLA, J. 1991. Amazonian deforestation and regional change. **Journal of Climate**, 4: 957-987.
- NOBRE, C. A.; LUIZÃO, F.; VICTORIA, R.L.; SILVA DIAS, P.L.; SILVA DIAS, M.A.F.; ARTAXO, P. 1996. The Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). LBA – Plano experimental conciso. INPE, Cachoeira Paulista, SP, Brazil.
- SELATI, E.; NOBRE, C. A. 1991. Possible climatic impacts of tropical deforestation. **Climatic Change**, 19(1-2): 177-196.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. 1991. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: UFV. 449p.