

# BALANÇO DE RADIAÇÃO EM ÁREAS DE PASTAGEM E FLORESTA NA AMAZÔNIA

LEONARDO J. G. AGUIAR<sup>1</sup>, JOSÉ MARIA N. DA COSTA<sup>2</sup>, RENATA G. AGUIAR<sup>3</sup>,  
VANDA MARIA S. DE ANDRADE<sup>4</sup>, EVANDRO C. DE OLIVEIRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Campus Universitário, Viçosa – MG, 36571-000. Tel. (31) 3899 1901, e-mail: [veraneiro@yahoo.com.br](mailto:veraneiro@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Titular, Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG.

<sup>3</sup> Matemática, Prof. Adjunta, Depto. Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Ji-Paraná – RO.

<sup>4</sup> Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG.

<sup>5</sup> Doutorando em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG.

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

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo avaliar a variação das componentes do balanço de radiação, juntamente com os albedos da radiação global ( $\alpha_s$ ) e da radiação fotossinteticamente ativa ( $\alpha_{PAR}$ ), em áreas de pastagem e de floresta, durante os meses de julho de 2005 e janeiro de 2006 em dois sítios experimentais em Rondônia, como parte do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA. Os albedos  $\alpha_s$  e  $\alpha_{PAR}$  foram calculados com base em medições da radiação global e da radiação fotossinteticamente ativa, incidentes e refletidas. Os valores da radiação global incidente (Sin) e radiação de onda longa emitida pela superfície (Lout) foram maiores na estação seca. Os albedos médios diários ( $\alpha_s$ ) e ( $\alpha_{PAR}$ ) não apresentaram grandes variações sazonais. Conforme era esperado, os maiores valores dos albedos médios diários foram encontrados na área de pastagem ( $\alpha_s = 22,6\%$ ) e ( $\alpha_{PAR} = 7,4\%$ ), enquanto na área de floresta foram encontrados os valores médios de ( $\alpha_s = 12\%$ ) e ( $\alpha_{PAR} = 5\%$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** Albedo, Radiação Fotossinteticamente Ativa, Amazônia.

## RADIATION BALANCE IN PASTURE AND FOREST AREAS IN THE AMAZONIA

**ABSTRACT:** This study had as objective to evaluate the variation of the components of the radiation balance, together with the albedos of the global radiation ( $\alpha_s$ ) and photosynthetically active radiation ( $\alpha_{PAR}$ ), in pasture and forest areas, during the months of July of 2005 and January of 2006 in two experimental sites in Rondônia, as part of the Large Scale Biosphere-Atmosphere Amazonian Experiment - LBA. The albedos  $\alpha_s$  and  $\alpha_{PAR}$  were calculated with base in mensurations of the global radiation and photosynthetically active radiation, incidents and reflected. The values of the incident global radiation (Sin) and long wave radiation emitted by the surface (Lout) were larger in the dry season. The mean daily albedos ( $\alpha_s$ ) and ( $\alpha_{PAR}$ ) didn't show great seasonal variations. As was expected, the highest albedos values were found in pasture area ( $\alpha_s = 22,6\%$ ) and ( $\alpha_{PAR} = 7,4\%$ ), while in the forest area the mean daily values found were de ( $\alpha_s = 12\%$ ) and ( $\alpha_{PAR} = 5\%$ ).

**KEY-WORDS:** Albedo, Photosynthetically Active Radiation, Amazonia.

**INTRODUÇÃO:** O balanço de radiação de uma superfície vegetada é determinado por suas características, como o tipo de cobertura vegetal, albedo, umidade e temperatura do solo, dentre outras. A cobertura vegetal, e conseqüentemente o albedo, são os principais determinantes do saldo de radiação desta superfície. Estudos envolvendo a radiação solar são importantes por ser esta a principal fonte de energia para os processos físicos e biológicos que

ocorrem na biosfera e, em particular na floresta, sendo de fundamental importância para os processos de fotossíntese, de aquecimento e evapotranspiração (FEITOSA et al., 1998). Além disso, a radiação solar incidente sobre uma comunidade vegetal pode influenciar cumulativamente a utilização de água, o crescimento das plantas e atuar diretamente sobre a temperatura do dossel que, por sua vez, governam as taxas dos processos bioquímicos (LEITÃO, 1994). Com o constante desflorestamento da Amazônica, cuja taxa foi de 18.793 km<sup>2</sup> no ano de 2005 (INPE, 2007), entender como o balanço de radiação e suas componentes são afetados pelas mudanças de cobertura vegetal é imprescindível para determinação dos futuros cenários climáticos globais. Assim, o presente trabalho teve como objetivos o estudo do comportamento das componentes do balanço de radiação, o albedo e o coeficiente de refletividade da radiação fotossinteticamente ativa em áreas de pastagem e floresta na Amazônia.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado em dois sítios experimentais pertencentes à rede de torres do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA, localizado no Estado de Rondônia. Um dos sítios é composto por área de pastagem, situado na Fazenda Nossa Senhora (FNS) (10°45'S; 62°21'W), próximo a Ouro Preto d'Oeste. A área de pastagem possui cobertura vegetal predominante da gramínea *Brachiaria brizantha*, com poucas e dispersas árvores de porte médio. A altitude da região de pastagem é de 293 metros acima do nível do mar, com uma bordadura de 1–2 km em todas as direções (VON RANDOW et al., 2004). A torre micrometeorológica instalada nesse sítio apresenta uma altura de 10 metros. O outro sítio possui uma área de floresta tropical úmida, instalado na Reserva Biológica do Rio Jaru (JAR), município de Ji-Paraná (10,08° S; 61,93° W). Essa região é composta por floresta primária, com área de 268000 hectares, classificada como *Floresta Ombrofila Aberta* (CULF et al., 1997), e que possui uma vegetação com características de terra-firme, com altura média do dossel de aproximadamente 35 m, sendo que algumas árvores emergentes podem atingir até 45 m. A altitude da área da reserva varia entre 120 e 150 m acima do nível do mar, e o solo é caracterizado como Podzólico vermelho-amarelo (HODNETT et al., 1996). A torre micrometeorológica situada nesse sítio tem 61,5 metros de altura. As torres estão aproximadamente a 80 km de distância uma da outra. Foram utilizados os dataloggers CR10X e CR23X, ambos da Campbell Scientific Instrument, Utah, USA, instalados nas torres micrometeorológicas situadas nas áreas de pastagem (FNS) e floresta (JAR), respectivamente, visando à aquisição dos dados climáticos de radiação solar incidente (Sin) e refletida (Sout) pela superfície; fotossinteticamente ativa incidente (PARin) e refletida (PARout); radiação terrestre incidente (Lin) e emitida (Lout) pela superfície terrestre; saldo de radiação (Rn), precipitação (P) e temperatura (T) e umidade do ar (UR). Os sensores utilizados são mostrados na Tabela 1. Para as duas torres, as leituras dos dados foram realizadas em intervalos de 30 segundos, com médias a cada 10 minutos, para os meses de julho de 2005 e janeiro de 2006. O mês de julho caracteriza a estação seca da região, enquanto que o mês de janeiro representa a estação chuvosa.

Tabela 1 – Variáveis meteorológicas, instrumentos e respectivos níveis de instalação dos sensores das torres micrometeorológicas.

Variável Meteorológica	Instrumento	Altura dos sensores	
Radiação Solar incidente e refletida	Piranômetro Kipp&Zonen (CM21)	6,5 m	58 m
Radiação Terrestre incidente e emitida	Piranômetro Kipp&Zonen (CG1)	6,5 m	58 m
PAR incidente e refletida	Sensor quantum LI-COR (LI-190SZ)	6,5 m	58 m

Saldo de Radiação	Conjunto Saldo-radiômetro Kipp & Zonen	6,5 m	58 m
Temperatura e Umidade Relativa do Ar	Termohigrômetro Vaisala (HMP45D)	8,3 m	61 m
Precipitação	Pluviômetro EM ARG-100	0,5 m	61 m

Os coeficientes de reflexão da radiação solar ( $\alpha_s$ ) e da radiação fotossinteticamente ativa ( $\alpha_{PAR}$ ), foram obtidos a partir das seguintes equações:

$$\alpha_s = \frac{S_{out}}{S_{in}} 100 \qquad \alpha_{PAR} = \frac{PAR_{out}}{PAR_{in}} 100$$

em que,  $S_{in}$  é a irradiância solar global incidente,  $S_{out}$  é a parcela refletida da irradiância solar global,  $PAR_{in}$  é a radiação fotossinteticamente ativa incidente e  $PAR_{out}$  é a radiação fotossinteticamente ativa refletida.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Figura 1 mostra o comportamento médio horário das componentes do balanço de radiação para as áreas de pastagem e floresta durante as estações seca e chuvosa. Os máximos da  $S_{in}$ ,  $S_{out}$ ,  $L_{in}$ ,  $L_{out}$  e  $R_{net}$  ocorreram entre 12 e 14 horas. Os valores próximos da  $S_{in}$  nas duas áreas, durante a estação chuvosa (Fig. 1a), indica que existe aproximadamente a mesma cobertura de nuvens nos dois sítios. Por outro lado, a menor incidência da  $S_{in}$  na pastagem durante a estação seca (Fig. 1b) é provavelmente devido às queimadas, que normalmente são utilizadas como método de desmatamento de áreas florestadas para prática de atividade agropecuária (FEITOSA et. al., 1998). Analisando a variação média horária da  $S_{in}$  para a estação chuvosa, encontramos uma variação assimétrica, com valores menores no período da tarde, indicando que a nebulosidade aumentara para este período. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza Filho (2002) ao estudar a variação sazonal dos componentes do balanço de radiação em uma área de floresta em Caxiuanã, estado do Pará. Analisando as Fig. 1c e 1d, notamos uma maior amplitude nas

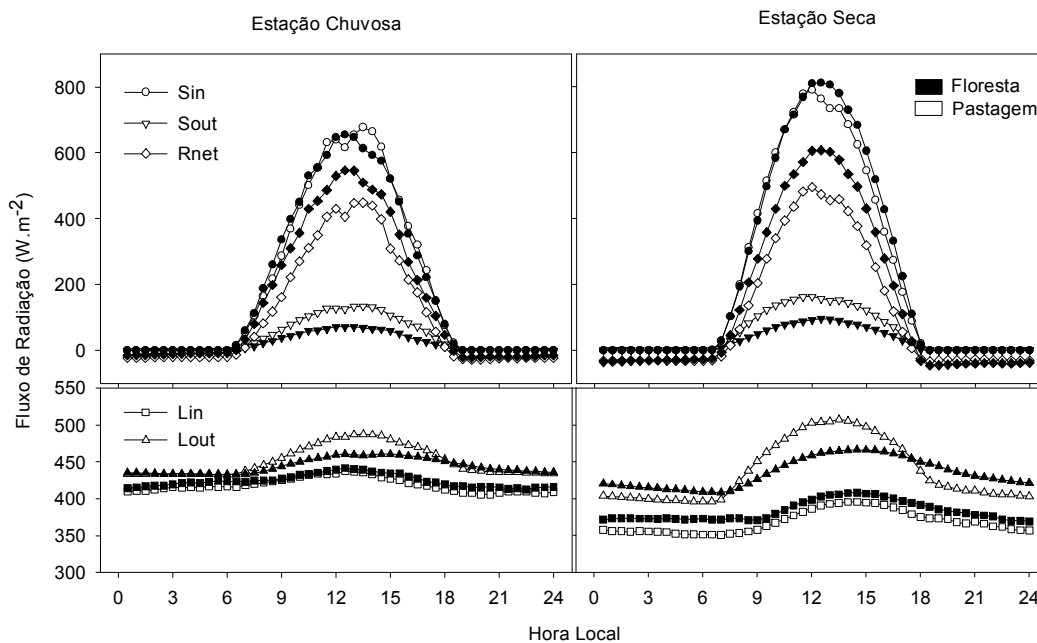


Fig. 1 – Variação médio horário das componentes do balanço de radiação para as áreas de pastagem e floresta durante as estações chuvosa (a e c) e seca (b e d).

componentes de onda longa durante a estação seca, provavelmente devido a menor cobertura de nuvens, o que permite uma maior incidência da Sin durante o dia, aquecendo mais o solo e aumentando a emissão de Lout, enquanto que durante a noite, ocorre um maior resfriamento da superfície, diminuindo a perda de Lout. Uma menor cobertura de nuvens também ocasiona em menos Lin. Na Fig. 2 temos a variação do albedo médio horário da radiação solar ( $\alpha_s$ ) e da radiação fotossinteticamente ativa ( $\alpha_{PAR}$ ), em áreas de pastagem (FNS) e floresta (JAR). Observa-se que os menores albedos ocorreram entre 11 e 14:00 h. Segundo SENNA (2004) isto se deve aos baixos ângulos zenitais nesses horários, permitindo maior

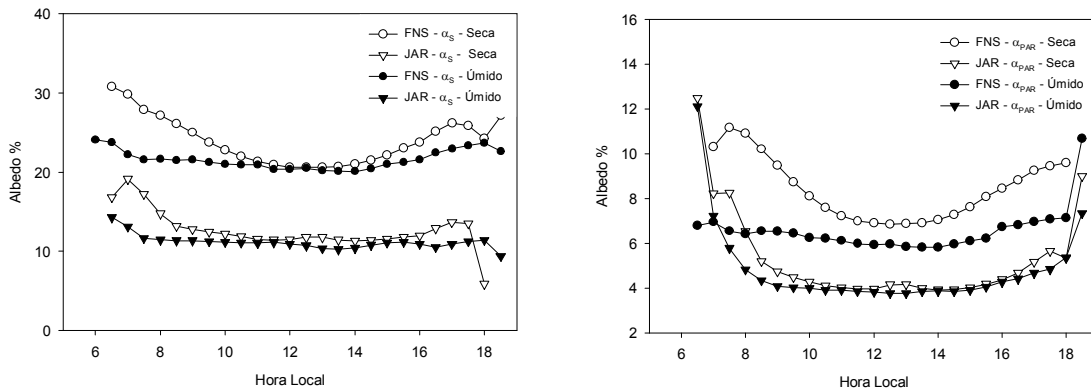


Fig. 2 – Variação do albedo médio horário da radiação solar ( $\alpha_s$ ), à esquerda, e da radiação fotossinteticamente ativa ( $\alpha_{PAR}$ ), à direita, em áreas de pastagem (FNS) e floresta (JAR) no sudoeste da Amazônia.

penetração da radiação solar no dossel da vegetação e conseqüentemente maior absorção da radiação incidente. Nas primeiras horas do dia e ao entardecer observou-se um albedo maior. Segundo LEITÃO et al. (2002), quando o ângulo de elevação solar é pequeno, a radiação incidente não penetra no interior do dossel, ocorrendo redução da absorção por espalhamento múltiplo. Esses valores mais elevados dos albedos são mais destacados durante a estação seca. Um resumo dos valores médios diários dos albedos da radiação solar global ( $\alpha_s$ ) e da radiação fotossinteticamente ativa ( $\alpha_{PAR}$ ) para as estações seca e chuvosa dos sítios analisados estão apresentados na Tabela 2. Foi observado uma pequena variação sazonal nos albedos ( $\approx 2\%$ ), sendo que os menores valores dos albedos foram encontrados na estação úmida, onde a disponibilidade de água no solo é maior, fazendo com que a vegetação absorva mais radiação. CULF et. al. (1995) afirmam que a diminuição do albedo na estação úmida é provavelmente em conseqüência da menor exposição do solo, de folhas mais escuras (associado com o potencial de água na folha) e maior umidade foliar. Os valores de  $\alpha_s$  obtidos nesse trabalho são semelhantes àqueles encontradas por CULF et al. (1996) nas áreas de floresta.

Tabela 2 – Valores médios dos albedos da radiação solar global ( $\alpha_s$ ) e da radiação fotossinteticamente ativa ( $\alpha_{PAR}$ ), totais diários médios do saldo de radiação ( $R_{net}$  em MJ) e totais da precipitação (mm).

Ecosistema	$\alpha_s$ (%)	$\alpha_{PAR}$ (%)	$R_{net}$ (MJ.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )	Prec. (mm)
FNS (estação úmida)	21,53	6,51	8,8	186,2
JAR (estação úmida)	11,24	5,00	12,69	347,4
FNS (estação seca)	23,67	8,38	9,24	0,4
JAR (estação seca)	12,75	5,11	13,12	1,4

Efeito da mudança da cobertura vegetal

F – J (Est. Úmida)	+10,29	+1,51	-3,89	-161,2
F – J (Est. Seca)	+10,92	+3,27	-3,88	-1

(F-J)/J (%) (Est. Úmida)	+91,5	+30,2	-46,4	46,4
(F-J)/J (%) (Est. Seca)	+85,6	+64	-29,6	71,4

**CONCLUSÕES:** Os valores semelhantes da Sin nas duas áreas, durante a estação chuvosa, indica que existe aproximadamente a mesma cobertura de nuvens nos dois sítios. Enquanto que na estação seca a maior concentração de aerossóis na pastagem diminui a Sin. Os valores médios diários dos albedos da radiação solar e da radiação fotossinteticamente ativa apresentaram pequena variação sazonal, aproximadamente 2%. Os maiores valores dos albedos médios horários foram encontrados na área de pastagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CULF, A. D.; FISCH, G.; HODNETT, M. G. The albedo of Amazonian forest and ranch land. **J. Climate**. p. 1544-1554, 1995.

CULF, A. D. Radiation, temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. **Amazonian Deforestation and Climate**. v. 1, p. 175-191, 1996.

CULF, A. D.; FISCH, G.; MALHI, Y.; NOBRE, C. A. The influence of the atmospheric boundary layer on carbon dioxide concentrations over a tropical forest. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 85, p. 149-158, 1997.

SOUZA FILHO, J. D. C. **Variação Sazonal dos Componentes do Balanço de Radiação e Energia Sobre a Floresta de Caxiuanã**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

FEITOSA, J. R. P.; FERREIRA DA COSTA, R.; FISCH, G.; SOUZA, S. S.; NOBRE, C. A. Radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. V. 6, p. 1-7, 1998.

HODNETT, M. G.; OYAMA, M. D.; TOMASELLA, J.; MARQUES FILHO, A. O. Comparisons of long-term soil water storage behaviour under pasture and forest in three areas of Amazonia. In: **Amazonian deforestation and climate** (eds. J.H.C. Gash, C. A. Nobre, J. M. Roberts, R. L. Victoria). Chichester: John Wiley, 1996, p. 57-77.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite Projeto Prodes ([www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes)), 2007.

Leitão, M. M. V. B. R. **Balanço de radiação em três ecossistemas da floresta Amazônica: campina, campinarana e mata densa**. São José dos Campos. 153p. (INPE-5587-TDI/549). Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1994.

LEITÃO, M. M. V. B. R.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, G. M. Estimativas do albedo em três ecossistemas da floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 6, n. 2, p. 256-261, 2002.

SENNA, M. C. A. **Fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela floresta tropical Amazônica: uma comparação entre estimativas baseadas em modelagem, sensoriamento remoto e medições de campo**. 2004. 38p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

VON RANDOW, C.; MANZI, A. O.; KRUIJT, B.; OLIVEIRA, P. J.; ZANCHI, F. B.; SILVA, R. L.; HODNETT, M. G.; GASH, J. H. C.; ELBERS, J. A.; WATERLOO, M. J.; CARDOSO, F. L.; KABAT, P. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**. p. 1-22, 2004.