



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM AMBIENTE DEGRADADO NA AMAZÔNIA DURANTE A TRANSIÇÃO DA ESTAÇÃO SECA PARA A CHUVOSA

Cláudio Moisés Santos e Silva¹

RESUMO

Estudou-se a variação horária de variáveis meteorológicas em ambiente desmatado (Fazenda Nossa Senhora, Rondônia) durante a transição do período seco para o chuvoso de 2002 (Setembro e Outubro) na campanha “Dry to Wet 2002” do projeto *Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia*. O ciclo diário apresentou máximos de precipitação no período da tarde com chuvas esporádicas à noite e início da manhã, consistente com estudos prévios que enfocaram as estações chuvosas e de seca. Diferentemente da estação seca, o período de transição estudado não apresentou eventos significativos de friagem; porém, os resultados sugerem que sistemas de grande escala, embora não muito intensos, e atividades de queima de florestas para produção de pasto são moduladores das variáveis meteorológicas estudadas.

Palavras-chave: saldo de radiação; precipitação; friagem; temperatura

ABSTRACT

The diurnal cycle of the meteorological variables over a pasture site (Fazenda Nossa Senhora, Rondonia, Brazil) during the transition of the dry to wet seasons were studied. A comprehensive dataset collected in “Dry to Wet 2002” campaign of Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA) was used. A typical diurnal cycle with maximum rainfall during mid to late afternoon and sporadic nocturnal rainfall events were observed. Unlike the dry season, the transition season does not present intensive chill events; however, it was observed that meteorological large scale systems and biomass burning activities modulate the diurnal cycle of the variables.

Key-words: net radiation; rainfall; chill; temperature

Trabalho recebido em 12/005/2010 e aceito para publicação em 18/09/2010.

¹ Doutor em Meteorologia. Professor Adjunto I do Departamento de Física Teórica e Experimental e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Endereço: Campus Universitário, Lagoa Nova, CEP: 59078-970, Natal-RN. e-mail: claudio@dfte.ufrn.br.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é a maior fonte global de calor e vapor d'água para a atmosfera. Ela cobre uma vasta área da região tropical onde a troca de energia entre a superfície e a atmosfera é a maior do planeta (GASH *et al.*, 2004). É também considerada um sumidouro de cerca de $1,2 \times 10^{12}$ kg C ano⁻¹ (MOLION, 1995). Cox *et al.* (2000) já ressaltava que prováveis alterações no clima do planeta podem ser aceleradas em função da mudança da vegetação nativa na Amazônia, pois isso acarretaria um aumento da concentração de carbono na atmosfera.

Devido sua importância e complexidade muitos estudos são realizados na Amazônia, principalmente com a finalidade de compreender o verdadeiro papel desse vasto ecossistema para o globo, bem como avaliar possíveis conseqüências de práticas antropogênicas, tais como queimadas com conseqüente mudança do uso do solo. Os principais experimentos direcionados à compreensão dos impactos climáticos na Amazônia foram:

- i) *Amazon Region Micrometeorology Experiment* (ARME; SHUTTLEWORTH *et al.*, 1991);
- ii) *Amazonia Boundary Layer Experiment* (ABLE 2A e 2B; HARRIS *et al.*, 1987);

- iii) *Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study* (ABRACOS; GASH *et al.*, 1996);

- iv) *Rondonian Boundary Layer Experiment* (RBLE; FISCH, 1996). Mais recentemente, o projeto *Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia* (LBA; SILVA DIAS *et al.*, 2002) promoveu campanhas intensivas de coleta de informações pertinentes à Física e Química da atmosfera, o que constitui a principal base de dados para estudos concernentes às Ciências Atmosféricas na Amazônia.

Estudos de variáveis meteorológicas à superfície são essenciais para verificar os impactos de atividades humanas no balanço de água e calor, que controlam a evolução da Camada Limite Atmosférica e podem gerar circulações locais capazes de formar sistemas atmosféricos de mesoescala (SILVA DIAS *et al.*, 2002). Além disso, são as variáveis meteorológicas de superfície que determinam as condições de sensação e conforto térmico-higrométrico. Neste sentido, o presente trabalho faz uma avaliação de variáveis meteorológicas em um ecossistema desmatado no Estado de Rondônia durante os meses de setembro e outubro de 2002 na ocasião do

experimento de campo denominado Dry to Wet LBA.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A área de estudo (Fazenda Nossa Senhora - FNS) fica localizada no município de Ouro Preto do Oeste a 50 km à noroeste de Ji-Paraná, estado de Rondônia, cujas coordenadas geográficas são: 10°45'S, 62°22'W, 293m. O processo de ocupação na Amazônia, intensificado nas últimas décadas promoveu queimadas e derrubadas constantes de árvores nativas na região de forma que a FNS está centrada em uma região desmatada com aproximadamente 50 km de raio. A vegetação predominante é uma espécie de gramínea denominada de *Brachiaria brizantha*.

A climatologia da região foi descrita por Fisch (1996) e por Ferreira da Costa *et al.*(1998). Ambos utilizaram dez anos de dados de uma estação meteorológica convencional da Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira. A região apresenta dois períodos bem definidos:

- i) Período chuvoso, que apresenta total pluviométrico mensal acima de 250mm e corresponde ao período entre janeiro e março;

- ii) Período seco, com totais pluviométricos mensais abaixo de 50mm, corresponde ao trimestre de junho a agosto.

As temperaturas são influenciadas pela penetração de sistemas frontais (friagem) na região, de forma que o mês de menor temperatura é Julho, que apresentam maior frequência de friagens. O período de transição da estação seca para chuvosa são os meses de setembro e outubro, os quais apresentam médias climatológicas de 100mm e 150mm, respectivamente. Em outubro são registradas as maiores temperaturas com médias em torno de 24,0 °C.

2.2 Dados

O experimento contou com três estações automáticas de superfície. Das variáveis medidas algumas apresentaram grande frequência de erros e/ou ausência de dados, dessa forma o conjunto de dados mais conciso extraído das estações foi utilizado e a estação chamada de "Consolidada". Essa consolidação foi efetuada no Laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais (MASTER) da Universidade de São Paulo. As variáveis da estação consolidada foram usadas neste trabalho foram: precipitação, temperatura do ar, umidade específica, radiação solar global, velocidade do vento.

Os dados utilizados cobriram o período de 17 de setembro a 31 de outubro de 2002. Os dados originais estavam dispostos em intervalos regulares de um minuto, calculando-se em seguida médias horárias e o ciclo diário das variáveis para o experimento.

3. RESULTADOS

3.1 Ciclo diário

Apresenta-se na Figura 1 os ciclos diários médios das variáveis meteorológicas coletadas na FNS, que em geral possuem ciclos bem definidos. A densidade de fluxo máximo da radiação global foi $744,22 \text{ W m}^{-2}$ às 1100 HL. Integrada ao longo dia, obteve-se $8,67 \pm 2,63 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $10,86 \pm 2,63 \text{ MJ m}^{-2}$ para o saldo de radiação e radiação global, respectivamente.

Galvão e Fisch (2000a) analisando dez dias de céu claro no período seco encontraram $18,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $14,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para a radiação global e para o saldo de radiação, respectivamente; enquanto no período chuvoso, Galvão & Fisch (2000b) observaram $16,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $11,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, para R_g e R_n . Portanto, os resultados mostram que não há grandes variabilidades sazonais no total de radiação solar incidente, pois se trata de uma região tropical que recebe radiação solar quase que constante ao longo do ano. Porém, o

saldo de radiação no período seco é cerca de 40% maior que no período chuvoso de acordo com esses autores associado ao albedo (refletividade) de superfície que é maior durante os períodos de seca (MOURA *et al.*, 1999). A correlação estatística entre a radiação global e o saldo de radiação medida pelo coeficiente r^2 foi de 0,88, consistente com o estudo de Moura (2000) que encontrou um r^2 de 0,80 para um período de seis anos de dados na região de estudo. A diferença entre os r^2 do trabalho presente e aquele de Moura (2000) pode ser explicado em termos da variabilidade sazonal do saldo de radiação.

O ciclo diário de precipitação foi muito bem definido com máximos ocorrendo no final da tarde sugerindo a atuação de mecanismos de convecção local (YANG & SMITH, 2006). Contudo, esporadicamente ocorrem chuvas no início da manhã e durante o período noturno o que pode ser manifestações de sistemas transientes formados em outras regiões da bacia amazônica (RICKENBACH, 2004) e que em geral organizam-se em linhas de instabilidade (COHEN *et al.*, 1995). O total de chuva registrada durante o experimento foi 271,78 mm com 91% do total ocorrendo entre 1300 e 1700 HL. Climatologicamente, Ferreira da Costa *et al.* (1998) verificaram que o total para os meses de setembro e outubro foi de 257mm; portanto, nessa região, o ano de

2002 caracterizou-se com totais pluviométricos acima da média, o que em partes é explicado pelo número elevado de sistemas frontais no Brasil (CLIMANÁLISE, 2002) e que em alguns casos alcançaram o Estado de Rondônia.

A velocidade do vento foi máxima no final da tarde quando é esperada uma maior convergência em baixos níveis que modulam a marcha horária da precipitação. A velocidade máxima do vento foi de $2,0 \text{ m s}^{-1}$, enquanto a média do experimento foi de $1,4 \text{ m s}^{-1}$, ressalta-se que Fisch (1996) observou para o período seco uma média de $1,3 \text{ m s}^{-1}$, o que é muito próximo do período aqui estudado.

A umidade específica apresentou decréscimo durante o período noturno devido à formação de orvalho (GALVÃO & FISCH, 2000b) e aumento entre 0500 e 08 HL referente ao processo de evaporação

do orvalho nas primeiras horas de radiação solar incidente. As variações após 0900 HL são baixas mostrando que o conteúdo de vapor d'água é elevado durante o dia todo. A umidade específica média do experimento foi de 16 g kg^{-1} , com mínimo valor de $16,2 \text{ g kg}^{-1}$ às 0500 HL e máximo de $17,5 \text{ g kg}^{-1}$ às 0800 HL. Em termos sazonais, esses valores foram consistentes com a umidade específica determinada por Galvão e Fisch (2000b), que verificaram um valor médio de $11,9 \text{ g kg}^{-1}$ e $7,0 \text{ g kg}^{-1}$ para o período seco e chuvoso, respectivamente. A temperatura do ar apresentou um ciclo diário clássico, com mínima de $21,6 \text{ °C}$ as 0600 HL e máxima de $32,0$ as 1300 HL, duas horas mais tarde que o máximo de radiação solar global. A amplitude térmica foi de $10,3 \text{ °C}$, com valores intermediários ao período seco e o outro chuvoso estudado por Galvão & Fisch (2000b).

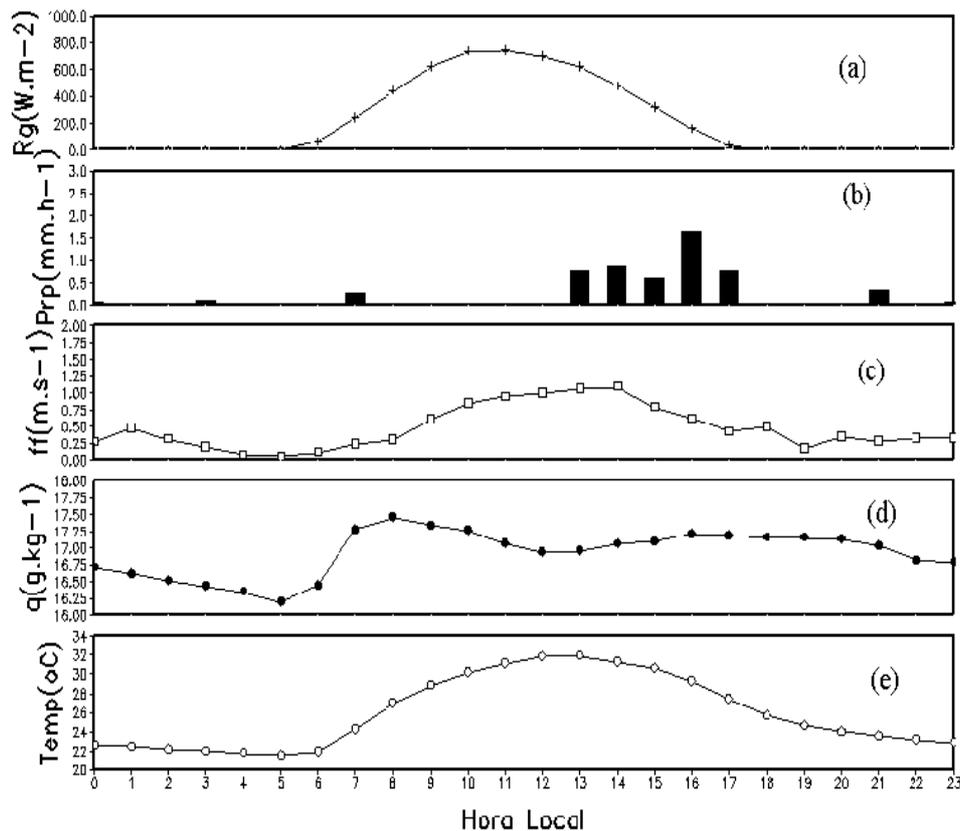


Figura 1. Ciclos médios de algumas variáveis meteorológicas na Fazenda Nossa Senhora para o período de transição de 2002: (a) – radiação global, (b) – precipitação, (c) – velocidade do vento, (d) – umidade específica e (e) – temperatura do ar.

3.2 Distribuição de frequência

Através do ciclo diário verificou-se que as variáveis meteorológicas apresentaram ciclos bem definidos característicos das variáveis no experimento, porém a maioria das peculiaridades é descartada quando se faz uma análise desse tipo. Os ciclos mostrados na Figura 1 dão uma idéia geral do que foi, em termos meteorológicos, o período de transição da época seca para chuvosa. Porém a análise de dia após dia dos dados é interessante para identificar dias em que o comportamento das variáveis foi atípico. O saldo do de radiação

correspondeu a 60% da radiação global, a distribuição de frequências dessas variáveis são mostradas na Figura 2. O saldo de radiação nunca excedeu $15 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ durante o experimento, enquanto a radiação global nunca foi menor que $7,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Além dos sistemas frontais, outros mecanismos podem acarretar numa diminuição do total de radiação global é o conteúdo de aerossóis jogados na atmosfera em consequência de queima da biomassa o que é muito comum na região principalmente na estação seca e no início da estação de transição.

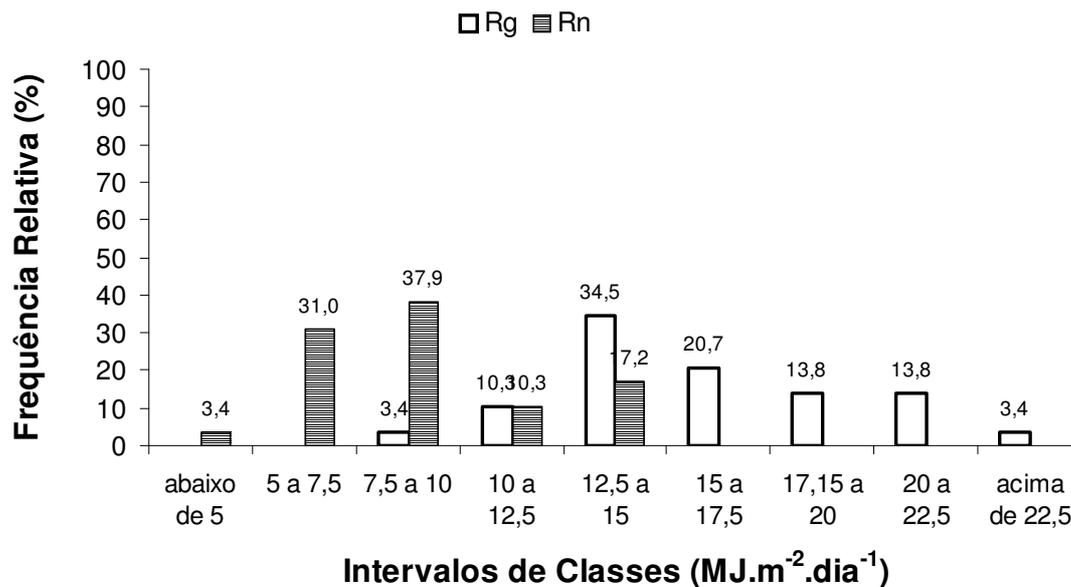


Figura 2. Distribuição de frequência do saldo de radiação (Rn) e radiação global (Rg).

Na Figura 3 são mostradas as distribuições de frequência das temperaturas médias, mínimas e máximas. As temperaturas médias ocorreram preferencialmente na faixa de 25,0 °C a 27,5 °C (59% dos casos). A temperatura média diária entre 27,5 °C e 30,0 °C, ocorreu em 17,4% dos casos, sendo que em apenas um dia ela ultrapassou a marca de 30,0 °C. Tendo sido de aproximadamente 26 °C a temperatura média diária do experimento verifica-se que existiu uma quantidade significativa de dias com temperaturas abaixo da média (pelo menos 20% dos casos).

Em apenas uma situação (2,2%) a temperatura mínima não ultrapassou a marca de 20 °C, o mesmo acontecendo para temperaturas mínimas acima de 25°C.

Já a temperatura máxima em nenhuma situação foi menor que 27,5 °C. Dessa forma, apesar do grande número de sistemas frontais ocorridos durante esse período, verifica-se que não houve casos de friagem muito intensa como aquelas verificadas no período seco por Fisch *et al*(2004) (temperatura mínima de 17,2 °C). Ressalta-se que durante o período seco os sistemas frontais que chegam até a Amazônia trazem consigo ar bastante frio em virtude de ser inverno no Hemisfério Sul. Já no período chuvoso os sistemas frontais apresentem gradientes de temperatura menos intenso por se tratar da estação de verão no Hemisfério Sul.

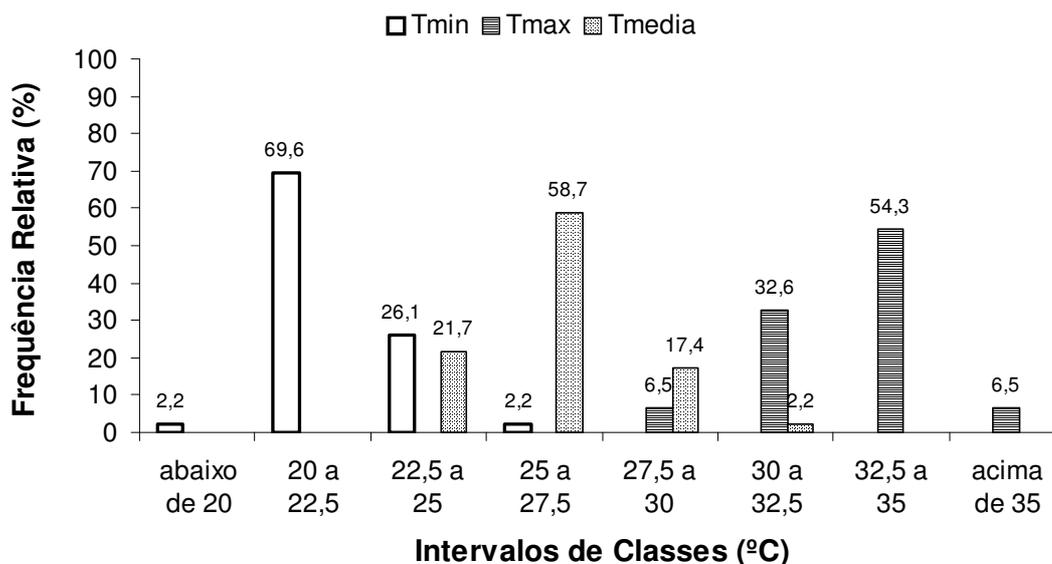


Figura 4. Distribuição de freqüência da temperatura média, mínima e máxima.

4. COMENTÁRIOS FINAIS

Analisaram-se dados meteorológicos coletados durante o período chuvoso de 2002 em um ambiente de pastagem na floresta amazônica. A radiação solar global foi máxima às 1100 HL, o saldo de radiação acompanhou o ciclo da radiação global e representou cerca de 60% do total de radiação incidente.

A velocidade do vento em superfície foi máxima no final da tarde. Em torno de 90% da precipitação foi centrada no período entre 1500 e 1700 HL. A umidade específica decresceu no período noturno em função da formação de orvalho e aumentou nas primeiras horas do dia em virtude da evaporação de superfície.

O ciclo médio da temperatura do ar teve um comportamento clássico com mínima às 0600 HL e máxima às 1300 HL. A análise de distribuição de freqüência da radiação global, do saldo de radiação e temperatura indicou que sistemas transientes de grande escala e processos de queima de biomassa influenciam diretamente o comportamento dessas variáveis.

5. REFERÊNCIAS

- CLIMANÁLISE. Boletim de Setembro e Outubro, 2002.
- COHEN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C.A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v.123, p.3163–3174, 1995.
- COX, P.M.; BETTS, R.A.; JONES, C.D.; SPALL, S.A.; TOTTERDELL, I.J.

- Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, v.408, p.184-187, 2000.
- FERREIRA DA COSTA, R., FEITOSA, J.R.P., FISCH, G., SOUZA, S.S., NOBRE, C.A. Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. **Acta Amazônica**, v.28, n.4, p.395-408, 1998.
- FISCH, G. **Camada limite amazônica: aspectos observacionais e de modelagem**. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, SP, 1996.
- FISCH, G.; TOTA DA SILVA, J.; MACHADO, L.A.T.; SILVA DIAS, M.A.F.; LYRA, R.F.F.; NOBRE, C.A.; DOLMAN, A.J.; GASH, J.H.C. The convective boundary layer over pasture and forest in Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, v.78, p.47-59, 2004.
- GALVÃO, J.A.C.; FISCH, G.; Balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia (Ji-Paraná, RO). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.2, p.25-37, 2000b.
- GALVÃO, J.A.C.; FISCH, G.; Balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p.1-10, 2000a.
- GASH, J.H.C.; HUNTINGFORD, C.; MARENGO, J.A.; BETTS, R.A.; COX, P.M.; FISCH, G.; FU, R.; GANDU, A. W.; HARRIS, P.P.; MACHADO, L.A.T.; VAN RANDOW, C.; SILVA DIAS, M.A.F. Amazonian climate: results and future research. **Theoretical and Applied Climatology**, v.78, p. 187-193, 2004.
- HARRIS, R.C.; WOFSY, S.C.; GARSTANG, M.; BROWELL, E.V.; MOLION, L.C.B.; MCNEAL, R.J.; HOELL, J.M.; BENDURA, R.J.; BECK, S.M.; NAVARRO, R.L.; RILEY, J.T.; SNELL, R.L. The Amazon Boundary Layer Experiment (ABLE 2A): dry season 1985. **Journal of Geophysical Research**, v.93, n.d2, p.1509-1527, 1988.
- MOLION, L.C.B. Global Climate Impacts of Amazonia Deforestation. **Revista Geofísica**. v. 42, p.89-101, 1995.
- MOURA, M.A.L. **Balanço de radiação à superfície e fluxo de calor no solo em áreas de floresta nativa e pastagem no Oeste da Amazônia brasileira**. Botucatu, 2000. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista-UNESP.
- MOURA, M.A.L.; LYRA, R.F.F.; BENINCASA, M.; SOUZA, J.L.; NASCIMENTO FILHO, M.F. Variação do albedo em área de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p.163-168, 1999.
- RICKENBACH, T.M. Nocturnal cloud systems and the diurnal variation of clouds and rainfall in Southwestern Amazonia. **Monthly Weather Review**, v. 132, n. 5, p. 1201-1219, 2004.
- SHUTTERWORTH, W.J.; GASH, J.H.C.; ROBERTS, J.M.; NOBRE, C.A.; MOLION, L.C.B.; RIBEIRO, M.N.G. Post deforestation Amazonian climate: anglo-brasilian research to improve prediction. **Journal of Hydrology**, v.129, p.71-85, 1991.
- SILVA DIAS, M.A.F.; RUTLEDGE, S.; KABAT, P.; SILVA DIAS, P.L.; NOBRE, C.A.; FISCH, G.; DOLMAN, A.J.; ZIPSER, E.;

GARSTANG, M.; MANZI, A.O.; FUENTES, J.D.; ROCHA, H.R.; MARENGO, J.; PLANAFATTORI, A.; SÁ, L.D.A.; ALVALÁ, R.C.S.; ANDREAE, M.O.; ARTAXO, P.; GIELOW, R.; GATTI, L. Cloud and rain processes in a biosphere atmosphere interaction context in Amazon region. **Journal of Geophysical Research**, v.107, n. D20, 8072, doi: 10.1029/2001JD000335, 2002.

YANG, S. E SMITH, E.A. Mechanism for diurnal variability of global tropical rainfall observed for TRMM. **Journal of Climate**, v. 19, n. 20, p. 5190-5226, 2006.

GASH, J.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M.; VICTORIA, R.L. An overview of ABRACOS. In: GASH, J.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M.; VICTORIA, R.L.(Org.). Amazon Deforestation and Climate. 1 ed., New York: J. Willey and Sons LTD, p. 1-14, 1996.