



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**



**Nº de ordem: MET-UFAL-MS-076**

**CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS DO DESMATAMENTO NO  
MICROCLIMA EM RONDÔNIA (RO) - LBA 2002**

**CINTIA RABELO DA ROCHA**

Maceió - Alagoas

Maio – 2010

**CINTIA RABELO DA ROCHA**

**CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS DO DESMATAMENTO NO  
MICROCLIMA EM RONDÔNIA (RO) - LBA 2002**

Dissertação submetida ao colegiado do curso de Pós-graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Fernando da Fonseca Lyra

Maceió - Alagoas  
Maio – 2010

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

R000c Rocha, Cíntia Rabelo da.  
Caracterização dos impactos do desmatamento no microclima em Rondônia (RO) – LBA 2002 / Cíntia Rabelo da Rocha, 2010.  
xxi, 99f. : il., grafs., tabs.

Orientador: Roberto Fernando da Fonseca Lyra.  
Dissertação (mestrado em Meteorologia : Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2010.

Bibliografia: f. 76-82.  
Anexos: f. 83-99

1. Micrometeorologia. 2. Microclima. 3. Desmatamento – Amazônia.  
I. Título.

CDU: 551.58 (811.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

## CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

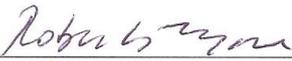
N.º de ordem: MET-UFAL-MS-076.

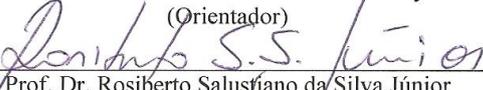
*“CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS DO DESMATAMENTO NO MICROCLIMA  
EM RONDÔNIA - LBA 2002.”*

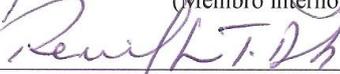
*Cintia Rabelo da Rocha*

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Roberto Fernando da Fonseca Lyra  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rosiberto Salustiano da Silva Júnior  
(Membro interno)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Renilson Targino Dantas  
(Membro externo - UFCG)

Maio /2010

Dedico ao meu esposo Henrique,  
meus pais Paulinho e Solange,  
meu irmão Roger,  
meus avós maternos Ondina e Donário (*In memoriam*),  
meus avós paternos Ivone (*In memoriam*) e Octaviano (*In memoriam*),  
minha avó de coração Zair  
e minha sogra Jeane

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e professor Dr. Roberto Fernando da Fonseca Lyra pela paciência, amizade e conhecimento transferido na orientação desta dissertação.

Aos membros da banca examinadora: Prof. Dr. Rosiberto Salustiano e Prof. Dr. Renílson Targino Dantas pela paciência, sugestões e correções.

Aos professores do ICAT que de alguma forma colaboraram com essa dissertação.

Aos colegas de mestrado, e também amigos fora da universidade: Alan, Ana Carla (Carlotinha), Darlan, Fabio, Maicon, Marlise, Vinicius Pinho e Vinicius (Japa) pela amizade e boa companhia durante os anos de mestrado.

Às minhas amigas Camila, Daiane, Eliane, Débora, Juliana, Lilian e Natália, meus primos Júlia, Katiane e Solon Jr. e meu tio Solon pelo carinho e incentivo.

Aos amigos Paulo e Denise pela ajuda no início dessa fase em Maceió, e pelo conhecimento e incentivo.

Ao amigo e professor Vilson Dias de Ávila, pelo conhecimento em Meteorologia Dinâmica, conhecimentos “gerais” e pela amizade e incentivo durante os anos de graduação e mestrado.

Ao Sr. Joilson de Lima Cedrim pela recepção e ajuda indispensáveis para a realização do mestrado em Maceió.

A secretária da Pós-Graduação Thays Santos Silva pela disposição e competência.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo auxílio financeiro concedido.

*“De um certo ponto adiante não há mais retorno.  
Esse é o ponto que deve ser alcançado.”*  
Franz Kafka

ROCHA, Cintia Rabelo. Caracterização dos Impactos do Desmatamento no Microclima em Rondônia (RO). Orientador: Prof. Dr. Roberto Fernando da Fonseca Lyra; Maceió-AL: ICAT/UFAL, 2010. Dissertação (Mestrado em Meteorologia).

## RESUMO

Neste trabalho serão discutidos os possíveis impactos microclimáticos da substituição da vegetação nativa por pastagem no Oeste da Amazônia (Rondônia) em estação chuvosa. O objetivo é contribuir para uma melhor compreensão desses impactos sobre o microclima local, em particular a balanço de energia em superfície. Os dados foram colhidos durante o experimento LBA em 2002 (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia), sendo utilizados dados de fevereiro a março deste ano. As medidas foram realizadas em dois sítios experimentais, um no interior de uma floresta nativa (10°5' S; 61° 55' W; 120 m) e o outro em área onde a floresta foi substituída por pastagem (10° 45'S; 62° 21' W; 290 m). Os resultados mostraram que em área desmatada a temperatura aumentou, em média 0,88 °C. A área de pastagem também se mostrou 11 % mais seca, com ventos 2,3 m.s<sup>-1</sup> mais intensos. O saldo de radiação também se mostrou inferior em área desmatada, em média 20,41 W.m<sup>-2</sup>. No que diz respeito aos fluxos turbulentos de calor sensível e calor latente em área degradada, H se apresentou 13,16 W.m<sup>-2</sup> maior, e LE foi 38 W.m<sup>-2</sup> inferior. Esta situação se refletiu na razão de Bowen, que foi em média 0,59 maior. A quantidade de energia disponível convertida em aquecimento do ar (H/Rn) foi de 39,41% na pastagem e 11,18% na floresta, e a quantidade de energia disponível utilizada na evaporação (H/LE) na área desmatada foi de apenas 31,6%, enquanto na área de floresta nativa foi de 54%

ROCHA, Cintia Rabelo. Caracterização dos Impactos do Desmatamento no Microclima em Rondônia (RO). Orientador: Prof. Dr. Roberto Fernando da Fonseca Lyra; Maceió-AL: ICAT/UFAL, 2010. Dissertação (Mestrado em Meteorologia).

### ABSTRACT

This work will discuss the possible climatic impacts of the replacement of native vegetation by pastures in western Amazonia (Rondônia) during the rainy season. The aim is to contribute to a better understanding of these impacts over the local microclimate, especially the surface energy balance. Data were collected during the LBA experiment in 2002 (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia), being used the data between February and March of this year. Measurements were performed at two experimental sites, one within a native forest ( $10^{\circ}5' S$ ;  $61^{\circ}55' W$ ; 120 m) and the other in the area where forest has been replaced by pasture ( $10^{\circ}45' S$ ;  $62^{\circ}21' W$ ; 290 m). The results showed that the temperature in the deforested area increased on average  $0.88^{\circ} C$ . The pasture area also was 11% drier, with winds of  $2.3 \text{ ms}^{-1}$  more intense. The net radiation was also lower in deforested area,  $20.41 \text{ W.m}^{-2}$  on average. In what concern the turbulent fluxes of sensible and latent heat, in the degraded area, H presented  $13.16 \text{ W.m}^{-2}$  higher, and LE was  $38 \text{ W.m}^{-2}$  inferior. This situation is reflected in the Bowen ratio, which averaged 0.59 higher. The amount of available energy converted in air heating (H/Rn) was of 39,41% in the pasture and 11,18% in the forest. The amount of available energy converted in evaporation (H/LE) in the deforested area was only 31,6%, while in the native forest was 54%.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	V
AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
SUMÁRIO	X
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XVIII
LISTA DE SÍMBOLOS	XXI
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XXII
1-INTRODUÇÃO	1
2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 A Amazônia	2
2.2 O clima da Amazônia	3
2.3 A Camada Limite Atmosférica na Amazônia	3
2.3.1 Experimentos sobre a CLA na Amazônia	4
2.3.2 Alguns resultados obtidos em estudos sobre a Camada Limite Atmosférica na Amazônia com relação a:	5
2.3.2.1 Radiação	5
2.3.2.2 Fluxos de massa e energia	8
2.3.2.3 Caracterização da CLA	11
2.3.2.4 Meteorologia Física	14
2.3.2.5 Vento	15
2.3.2.6 Modelagem	16
2.3.2.7 Sensoriamento Remoto	19
2.3.2.8 Impacto ambiental	20
2.3.2.9 Outros estudos	21

3- DADOS E METODOLOGIA	23
3.1 Sítios Experimentais	23
3.2 Dados Utilizados	24
3.3 Período de estudo	25
3.4 Situações sinóticas durante o experimento	25
3.4.1 Fevereiro	25
3.4.2 Março	26
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 Análise da representatividade do período estudado	27
4.1.1 Temperatura do ar	27
4.1.2 Umidade Relativa do ar	28
4.1.3 Velocidade do Vento	29
4.1.4 Saldo de Radiação	30
4.2 Comportamento das variáveis de superfície	31
4.2.1 Temperatura do ar	32
4.2.2 Umidade Relativa do ar	36
4.2.3 Velocidade do Vento	40
4.2.4 Saldo de Radiação	44
4.3 Fluxos turbulentos de calor sensível e calor latente	51
4.3.1 Fluxo de Calor Sensível (H)	51
4.3.2 Fluxo de Calor Latente (LE)	62
4.3.3 Razão de Bowen ( $\beta$ )	71
5- CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXO A	83
ANEXO B	88
ANEXO C	92
ANEXO D	97

## LISTA DE FIGURAS

- |                    |   | (Pag.) |
|--------------------|---|--------|
| <b>Figura 3.1-</b> | Áreas da Reserva Biológica do Jaru e da Fazenda Nossa Senhora Aparecida no Estado de Rondônia. Fonte: Leite (2004). .....   | (23)   |
| <b>Figura 4.1-</b> | Ciclos médios diários de temperatura do ar em área de floresta (a) e pastagem (b). As linhas pontilhadas representam o período completo e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados. ....      | (28)   |
| <b>Figura 4.2-</b> | Ciclos médios diários da umidade relativa do ar em área de floresta (a) e pastagem (b). As linhas pontilhadas representam o período completo e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados. .... | (29)   |
| <b>Figura 4.3-</b> | Ciclos médios diários da velocidade do vento em área de floresta (a) e pastagem (b). As linhas pontilhadas representam o período completo e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados. ....    | (30)   |
| <b>Figura 4.4-</b> | Ciclos médios diários do saldo de radiação em área de floresta (a) e pastagem (b). As linhas pontilhadas representam o período completo e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados. ....      | (31)   |
| <b>Figura 4.5-</b> | Temperatura do ar em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical. ....  | (32)   |
| <b>Figura 4.6-</b> | Ciclo médio diário da temperatura do ar em floresta (verde) e pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio. ....   | (36)   |
| <b>Figura 4.7-</b> | Umidade relativa do ar em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical. ....   | (37)   |
| <b>Figura 4.8-</b> | Ciclo médio diário da umidade relativa do ar na floresta (verde) e pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio. ....  | (40)   |
| <b>Figura 4.9-</b> | Velocidade do vento em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical. ....  | (41)   |

- Figura 4.10-** Ciclo médio diário da velocidade do vento na floresta (verde) e na pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio. ....(44)
- Figura 4.11-** Saldo de radiação em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical. ....(46)
- Figura 4.12-** Ciclo médio diário do saldo de radiação na floresta (verde) e na pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio. ....(48)
- Figura 4.13-** Taxa de variação média do saldo de radiação ( $\partial R_n/\partial t$ ) em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). ....(51)
- Figura 4.14-** Fluxos de calor sensível em áreas de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical. ....(53)
- Figura 4.15-** Comparação entre o fluxo de calor sensível (verde) e saldo de radiação (roxo) para área de floresta. Cada dia está separado por uma linha vertical. ....(53)
- Figura 4.16-** Comparação entre o fluxo de calor sensível (vermelho) e o saldo de radiação (roxo) para área de pastagem. Cada dia está separado por uma linha vertical. ....(54)
- Figura 4.17-** Ciclo médio diário do fluxo de calor sensível em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio. ....(55)
- Figura 4.18-** Comparação entre os ciclos médios diários do saldo de radiação (verde) e fluxo de calor sensível (roxo) em área de floresta. ....(56)
- Figura 4.19-** Comparação entre os ciclos médios diários do fluxo de calor sensível (vermelho) e saldo de radiação (roxo) em área de pastagem. ....(56)
- Figura 4.20-** Taxa de variação média do fluxo de calor sensível ( $\partial H/\partial t$ ) entre 06 e 18 HL em áreas de floresta (verde) e pastagem (vermelho). ....(59)
- Figura 4.21-** Dispersão entre o saldo de radiação e fluxo de calor sensível em área de floresta. ....(60)

- Figura 4.22-** Dispersão entre o saldo de radiação e o fluxo de calor sensível em área de pastagem. ....(60)
- Figura 4.23-** Ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação em área de floresta. O eixo principal corresponde ao LE/Rn médio e o eixo secundário corresponde ao LE/Rn entre 08 e 17 HL. ..(61)
- Figura 4.24-** Ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor sensível e o saldo de radiação em área de pastagem. O eixo principal corresponde ao H/Rn médio e o eixo secundário corresponde ao H/Rn entre 08 e 17 HL. ....(62)
- Figura 4.25-** Fluxo de calor latente para área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical. ....(63)
- Figura 4.26-** Fluxo de calor latente (verde) e saldo de radiação (roxo) para área de floresta. Cada dia está separado por uma linha vertical. ....(63)
- Figura 4.27-** Fluxo de calor latente (vermelho) e saldo de radiação (roxo) para área de Pastagem. Cada dia está separado por uma linha vertical. ....(64)
- Figura 4.28-** Ciclo médio diário do fluxo de calor latente em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). As linhas pontilhadas representam o desvio médio. ....(65)
- Figura 4.29-** Ciclos médios diários do fluxo de calor latente (verde) e saldo de radiação (roxo) em área de floresta. ....(66)
- Figura 4.30-** Ciclos médios diários do fluxo de calor latente (vermelho) e o saldo de radiação (roxo) na pastagem. ....(66)
- Figura 4.31-** Taxa de variação média do fluxo de calor latente ( $\partial LE/\partial t$ ) entre 06 e 18 HL em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). ....(68)
- Figura 4.32-** Dispersão entre o saldo de radiação e o fluxo de calor latente em área de floresta. ....(69)
- Figura 4.33-** Dispersão entre o saldo de radiação e o fluxo de calor latente em área de pastagem. ....(69)

- Figura 4.34-** Ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação em área de floresta. O eixo principal corresponde ao LE/Rn médio e o eixo secundário corresponde ao LE/Rn entre 08 e 17 HL. ..(70)
- Figura 4.35-** Ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação em área de pastagem. O eixo principal corresponde ao LE/Rn médio e o eixo secundário corresponde ao LE/Rn entre 08 e 17 HL. ..(71)
- Figura 4.36-** Ciclo médio diário da Razão de Bowen em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). .....(72)
- Figura 4.37-** Razão de Bowen média entre 06 e 18 HL em área de floresta. ....(72)
- Figura 4.38-** Razão de Bowen média entre 06 e 18 HL em área de pastagem. ....(73)
- Figura A.1-** Dia Juliano 36 (05/fev) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(83)
- Figura A.2-** Dia Juliano 38 (07/fev) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(83)
- Figura A.3-** Dia Juliano 42 (11/fev) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(83)
- Figura A.4-** Dia Juliano 46 (15/fev) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(84)
- Figura A.5-** Dia Juliano 66 (07/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(84)
- Figura A.6-** Dia Juliano 67 (08/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(84)
- Figura A.7-** Dia Juliano 71 (12/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(85)
- Figura A.8-** Dia Juliano 73 (14/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(85)
- Figura A.9-** Dia Juliano 80 (21/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(85)
- Figura A.10-** Dia Juliano 81 (22/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(86)
- Figura A.11-** Dia Juliano 83 (24/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(86)
- Figura A.12-** Dia Juliano 85 (26/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(86)
- Figura A.13-** Dia Juliano 89 (30/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b). ....(87)

- Figura B.1-** Dia Juliano 36 (05/fev) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(88)
- Figura B.2-** Dia Juliano 38 (07/fev) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(88)
- Figura B.3-** Dia Juliano 42 (11/fev) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(88)
- Figura B.4-** Dia Juliano 46 (15/fev) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(89)
- Figura B.5-** Dia Juliano 66 (07/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a) e 11:00 (b). .....(89)
- Figura B.6-** Dia Juliano 67 (08/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(89)
- Figura B.7-** Dia Juliano 71 (12/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(89)
- Figura B.8-** Dia Juliano 73 (14/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(90)
- Figura B.9-** Dia Juliano 80 (21/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(90)
- Figura B.10-** Dia Juliano 81 (22/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(90)
- Figura B.11-** Dia Juliano 83 (24/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(90)
- Figura B.12-** Dia Juliano 85 (26/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(91)
- Figura B.13-** Dia Juliano 89 (30/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d). .....(91)
- Figura C.1-** Dia Juliano 36 (05/fev) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(92)

- Figura C.2-** Dia Juliano 38 (07/fev) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(92)
- Figura C.3-** Dia Juliano 42 (11/fev) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(93)
- Figura C.4-** Dia Juliano 46 (15/fev) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(93)
- Figura C.5-** Dia Juliano 66 (07/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(93)
- Figura C.6-** Dia Juliano 67 (08/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(94)
- Figura C.7-** Dia Juliano 71 (12/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(94)
- Figura C.8-** Dia Juliano 73 (14/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(94)
- Figura C.9-** Dia Juliano 80 (21/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(95)
- Figura C.10-** Dia Juliano 81 (22/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(95)
- Figura C.11-** Dia Juliano 83 (24/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(95)
- Figura C.12-** Dia Juliano 85 (26/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(96)
- Figura C.13-** Dia Juliano 89 (30/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b). .....(96)

## LISTA DE TABELAS

- (Pag.)**
- Tabela 4.1-** Valores médios diários da temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....**(33)**
- Tabela 4.2-** Valores médios diários da temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....**(34)**
- Tabela 4.3-** Valores médios diários da umidade relativa do ar (%) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....**(38)**
- Tabela 4.4-** Valores médios diários da umidade relativa do ar (%) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).....**(38)**
- Tabela 4.5-** Valores médios diários da velocidade do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....**(42)**
- Tabela 4.6-** Valores médios diários da velocidade do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....**(43)**

- Tabela 4.7-** Taxas de variação médias diárias do saldo de radiação ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....(49)
- Tabela 4.8-** Taxas de variação médias diárias do saldo de radiação ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....(50)
- Tabela 4.9-** Taxas de variação médias diárias do fluxo de calor sensível ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....(57)
- Tabela 4.10-** Taxas de variação médias diárias do fluxo de calor sensível ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....(58)
- Tabela 4.11-** Taxas de variação médias diárias do fluxo de calor latente ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....(67)
- Tabela 4.12-** Taxas de variação médias diárias do fluxo de calor latente ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP). .....(67)
- Tabela D.1-** Taxas de variação horária do saldo de radiação ( $\partial R_n/\partial t$ ) em área de floresta de 05/02 a 30/03/2002. ....(97)
- Tabela D.2-** Taxas de variação horária do fluxo de calor sensível ( $\partial H/\partial t$ ) em área de floresta de 05/02 a 30/03/2002.....(97)

- Tabela D.3-** Taxas de variação horária do fluxo de calor latente ( $\partial LE/\partial t$ ) em área de floresta de 05/02 a 30/03/2002.....(98)
- Tabela D.4-** Taxas de variação horária do saldo de radiação ( $\partial R_n/\partial t$ ) em área de pastagem de 05/02 a 30/03/2002.....(98)
- Tabela D.5-** Taxas de variação horária do fluxo de calor sensível ( $\partial H/\partial t$ ) em área de pastagem de 05/02 a 30/03/2002.....(99)
- Tabela D.6-** Taxas de variação horária do fluxo de calor latente ( $\partial LE/\partial t$ ) em área de pastagem de 05/02 a 30/03/2002.....(99)

**LISTA DE SÍMBOLOS**

$\beta$	- Razão de Bowen
$\sigma$	- Desvio Padrão
H	- Calor Sensível ( $\text{W.m}^{-2}$ )
L	- Radiação de Onda Longa ( $\text{W.m}^{-2}$ )
Ld	- Radiação de Onda Longa Atmosférica
LE	- Calor Latente ( $\text{W.m}^{-2}$ )
$R^2$	- Coeficiente de Determinação
Rg	- Radiação Global ( $\text{W.m}^{-2}$ )
Ri	- Número de Richardson
Rn	- Saldo de Radiação ( $\text{W.m}^{-2}$ )
UR	- Umidade Relativa (%)
Zi	- Altura da Camada Limite Convectiva (m)

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABLE	- Amazonian Boundary Layer Experiment
ABRACOS	- Anglo-Brasilian Amazonian Climate Observation Study
AMC	- Atmospheric Mesoscale Campaign
AMP	- Amplitude
ARME	- Amazon Region Micrometeorological Experiment
BES	- Balanço de Energia em Superfície
CAPE	- Energia Potencial Disponível para Convecção
CGM	- Modelos de Circulação Geral
CLA	- Camada Limite Atmosférica
CLC	- Camada Limite Convectiva
CLE	- Camada Limite Estável
CLN	- Camada Limite Noturna
CPTEC	- Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
CV	- Coeficiente de Variação
DJ	- Dia Juliano
DMQ	- Desvio Médio Quadrático
EMA	- Erro Médio Absoluto
FNS	- Fazenda Nossa Senhora Aparecida
GOES	- Satélite Geoestacionário
HL	- Hora Local
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	- intergovernmental panel on climate change
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOS	- Oscilação intrasazonal

LBA	- Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazonia
MAX	- Máximo
MACOE	- Experimento de CO <sub>2</sub> Atmosférico de Manaus
MCGA	- Modelo de Circulação Geral da Atmosfera
METAR	- Meteorological Aerodrome Report
MIN	- Mínimo
NCAR	- National Centers for Atmosphere Research
NCEP	-National Centers for Environmental Prediction
PVM	- Potential Vegetation Model
RACCI	- Radiation, Cloud and Climate Interactions
RAMS	- Regional Atmospheric Modeling System
RBLE	- Rondônia Boundary Layer experiment
REBIO	- Reserva Biológica
RO	- Rondônia
SODAR	- Sonic Detection And Ranging
SSiB	- Simplified Simple Biosphere Model
TAE	- Taxa de Variação do Armazenamento de Energia
TRMM	- Tropical Rainfall Measuring Mission
UTC	- Universal Time Coordinated
VCAN	- Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira é um território de 5032925 Km<sup>2</sup>, que compreende os estados do Pará, Amazonas, Rondônia, Roraima, Acre e Amapá e parte dos estados do Tocantins, Mato Grosso e Maranhão (FISCH et al, 1998). Por muitas décadas esta região tem sido modificada pelo desmatamento e introdução de outras culturas e pecuária, o que reflete no balanço de energia em superfície tanto na Amazônia como em outros ecossistemas influenciados por ela. O crescimento econômico e populacional da região é reconhecido como uma das principais forçantes do processo de perda de florestas. Varias questões preocupam ambientalistas, devido principalmente à perda da biodiversidade na Amazônia e também especialistas em mudanças climáticas, visando às emissões de gases que intensificam o efeito estufa. Atualmente há uma grande preocupação com o desmatamento desordenado da Floresta Amazônica e sua influencia sobre o clima mundial (IPCC, 2007). OLIVEIRA (2008) realizou um estudo de modelagem para avaliar as conseqüências climáticas de alterações da vegetação na Amazônia. Utilizou como ferramenta básica de trabalho o Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) e o Modelo de Vegetação Potencial (PVM) do CPTEC – INPE. O estudo indicou que as mudanças na cobertura vegetal da Amazônia afetam significativamente os balanços de radiação, de energia, de água, a estrutura dinâmica da atmosfera e, conseqüentemente, a convergência de umidade e de massa em baixos níveis da atmosfera. Este trabalho tem como principal objetivo contribuir para uma melhor compreensão dos possíveis impactos do desmatamento (substituição por pastagem) sobre o microclima local em particular a repartição da energia em superfície durante a estação chuvosa.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 A Amazônia

A Bacia Amazônica possui uma área estimada de 6,3 milhões de Km<sup>2</sup>, sendo que aproximadamente 5 milhões em território brasileiro e o restante dividido entre Bolívia, Colômbia, Equador e Peru. Esta região é limitada a oeste pela Cordilheira do Andes, ao norte pelo Planalto das Guianas, ao sul pelo Planalto Central e a leste pelo Oceano Atlântico, por onde toda água captada na bacia escoar para o mar. Segundo o IBGE (disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>), a área da Amazônia Legal no Brasil é de 5032925 Km<sup>2</sup>, compreendidos pelos estados do Pará, Amazonas, Rondônia, Roraima, Acre, Amapá e parte dos estados do Tocantins, Mato Grosso e Maranhão.

Molion (1990), mencionou que a Floresta Amazônica corresponde a 8% do cinturão latitudinal (10°N–10°S) e a 34% da superfície terrestre correspondendo a 88 milhões de quilômetros quadrados, dos quais 77% são oceanos e 23% continentes. Deste 50% é coberto por florestas naturais. A região Amazônica, com uma área de  $7 \times 10^6$  m<sup>2</sup> (Amazônia Legal incluindo outros países), é uma importante fonte de calor para a circulação geral da atmosfera e desempenha um papel significativo no ciclo biogeoquímico, particularmente no balanço global do carbono (MOLION, 1995).

Desde a ocupação dos exploradores europeus no século XVI, a Floresta Amazônica vem sendo degradada. Estima-se que uma área de aproximadamente 550.000 Km<sup>2</sup>, cerca de 12,5% da floresta original, já tenha sido desmatada através da derrubada e da queima da biomassa. Essa mudança na cobertura do solo provoca alterações nos parâmetros meteorológicos, tais como, o balanço de energia que, por sua vez, interage com a superfície e modifica, a Camada Limite Atmosférica (CLA), a temperatura e a evapotranspiração da floresta, que conseqüentemente, provocarão alterações no ciclo das chuvas, podendo interferir também, no clima regional e global. (LEITE, 2004)

## 2.2 O clima da Amazônia

O clima atual da região Amazônica é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia. A Amazônia, recebe no topo da atmosfera um valor máximo de  $36,7 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  em Dezembro/Janeiro e um valor mínimo de  $30,7 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  em Junho/Julho. Estes valores são reduzidos pela transmissão atmosférica, mas são em média, da ordem de  $15 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ . Devido aos altos valores de energia que incide na superfície, o comportamento da temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano, com exceção da parte mais ao sul (Rondônia e Mato Grosso), que inclusive sofrem a ação de sistemas frontais (denominados localmente por Friagens). A amplitude térmica sazonal é da ordem de 1 a 2 °C, sendo que os valores médios situam-se entre 24 e 26 °C. (disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman1/boletim/cliesp10a/fish.html>>).

## 2.3 A Camada Limite Atmosférica na Amazônia

Pode-se definir Camada Limite Atmosférica (CLA) como a parte da troposfera que é diretamente influenciada pela presença da superfície terrestre, e reage às suas forçantes em uma escala de tempo de 1 hora ou menos (STULL, 1988).

A CLA é a região onde ocorre a maioria dos transportes de energia (calor sensível e latente) no sistema Terra – Atmosfera e que também é chamada de Camada Limite Convectiva (CLC). As diferenças existentes no tipo de superfície e rugosidade do terreno contribuem diretamente para a maneira como a CLA influencia este transporte de energia (LEITE, 2004).

A mudança no uso da terra altera o funcionamento da Camada Limite, começando pela alteração nos fluxos em superfície, como o Saldo de Radiação ( $R_n$ ), Calor Latente (LE) entre outros, e afetando inclusive as circulações em maior escala, modificando, por exemplo, o regime local de chuvas.

### 2.3.1 Experimentos sobre a CLA na Amazônia

Experimentos envolvendo regiões de floresta e de pastagem (área desmatada) na Amazônia vêm sendo realizados desde 1983 com o objetivo de estudar o efeito do desmatamento nos processos de interação floresta-atmosfera no que diz respeito a CLA, bem como estabelecer os processos físicos, biológicos e fisiológicos que interagem com a atmosfera e causam alteração no clima (COHEN et al., 2000). Neste ano foi realizado o ARME (*Amazon Region Micrometeorological Experiment*), que se estendeu por dois anos e teve como objetivo coletar dados micrometeorológicos da partição de energia pela Floresta Amazônica e estimar a evapotranspiração (ROCHA et al, 2002).

Depois deste, vários outros estudos se seguiram, visando melhorar o entendimento do funcionamento da Camada Limite na Amazônia, entre eles:

- ABLE (*Amazonian Boundary Layer Experiment*). Foi realizado em duas fases: estação seca de julho a agosto de 1985, e estação chuvosa de abril a maio de 1987. Objetivou estudar a CLA tropical e, obter uma caracterização química quantitativa da variabilidade temporal e espacial de vestígios de gases e aerossóis ao longo do Amazonas. (GARSTANG et al, 1990)
- RBLE (*Rondonia Boundary Layer experiment*). Foi realizado em três etapas entre 1992 e 1994 (RBLE1 em 1992, RBLE2 em 1993 e RBLE3 em 1994) e teve como objetivo estudar a Camada de Mistura e a estrutura termodinâmica da atmosfera em áreas de floresta e pastagem. (LEITE, 2004)
- ABRACOS (*Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study*). Foi realizado de 1991 a 1995. Teve como objetivo o monitoramento do clima da Amazônia, melhorar a compreensão do desmatamento e fornecer dados para modelos CGM (Modelos de Circulação Geral), em áreas de floresta tropical e pastagem. As medições foram feitas em três locais (Manaus, Marabá e Ji-Paraná). (GASH e NOBRE, 1997)
- LBA (*Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazonia*). Iniciou em 1999 e tem como objetivos, gerar novos conhecimentos essenciais para a compreensão dos processos climatológicos, ecológicos, hidrológicos e de bioquímica da Amazônia, dos impactos dos diferentes usos da terra nesses

processos e das interações da floresta com o sistema biogeofísico do Planeta. Durante o LBA estão sendo realizadas diversas campanhas de coletas de dados. Um dos primeiros experimentos realizados foi a campanha WET AMC/LBA, de janeiro a fevereiro de 1999, durante a estação chuvosa em Rondônia. Para caracterizar a estação de transição de seca para chuvosa foi realizado o experimento DRY TO WET AMC/LBA, em Rondônia e Mato Grosso, entre setembro e dezembro de 2002, ambos em áreas de floresta e pastagem (disponível em <lba.cptec.inpe.br/lba/site/>).

### **2.3.2 Alguns resultados obtidos em estudos sobre a Camada Limite Atmosférica na Amazônia com relação a:**

#### **2.3.2.1 Radiação**

Feitosa et al (1998) analisaram a radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia com dados coletados pelo Projeto ABRACOS (1992-1996). Eles concluíram que os diferentes tipos de vegetação alteram as características da radiação solar global incidente, tendo em vista a influência do tipo de superfície na cobertura de nuvens e, principalmente, na liberação de aerossóis para a atmosfera. Existe também uma variabilidade temporal em relação às épocas seca e chuvosa. Os resultados obtidos mostraram que a radiação solar global ( $R_g$ ) durante a estação seca atinge os máximos entre 12 e 13 horas local. A  $R_g$  integrada ao longo do dia na área de floresta durante a época seca é de  $18,3 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  em média, enquanto que na estação chuvosa diminui para  $17,1 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ . Para a área de pastagem esses valores são de  $17,1 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  na estação seca e  $16,9 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  na estação chuvosa. O efeito da atenuação de  $R_g$  foi de  $2,0 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  para o total integrado. A absorção da  $R_g$  pelo vapor d'água durante a estação seca na área de floresta de  $185 \text{ W.m}^{-2}$ , ao passo que na pastagem a absorção é de  $174 \text{ W.m}^{-2}$ . Para o período chuvoso esses valores de absorção são de  $210 \text{ W.m}^{-2}$  para a área de floresta e de  $200 \text{ W.m}^{-2}$  para pastagem. Ocorre também uma transmitância de 0,66 para floresta e 0,58 para pastagem, durante a estação chuvosa, sendo que estes valores decresceram na estação seca para 0,50 e 0,52 para floresta e pastagem, respectivamente.

Moura et al (1999), utilizando dados coletados nos dois sítios experimentais do projeto ABRACOS, período 1991-1996, estudaram as variações horárias e diárias do albedo devido ao desmatamento da floresta amazônica na região de Ji-Paraná, Rondônia, em dois sítios experimentais, sendo um representativo da vegetação nativa de floresta tropical e outro com área desmatada (pastagem). Analisaram também as variações do albedo com a estação chuvosa (jan-fev-mar) e seca (jun-jul-ago), como ainda sua relação com o ângulo de elevação solar. Os resultados encontrados mostraram que o albedo médio foi de 13,2% na floresta e 20% na pastagem. Observaram também que da estação seca para a chuvosa houve uma redução de 3,1% do albedo na pastagem e de 11% do albedo na floresta. As análises mostraram que em fevereiro os valores mínimos anuais do albedo da pastagem estão associados à nebulosidade e, em outubro, à variação do ângulo de elevação solar em torno do meio-dia e à natureza da vegetação.

Galvão e Fisch (2000a) utilizaram as medidas micrometeorológicas de superfície realizadas na área de pastagem do Projeto ABRACOS para avaliar o balanço completo de radiação e o desempenho de fórmulas empíricas para estimativas da radiação de onda longa atmosférica (Ld), para o final da estação chuvosa e início da estação seca do ano de 1993, na região de Ji-Paraná (RO). De um modo geral, os componentes do balanço de radiação apresentaram um ciclo diário bem definido com os valores mais elevados ocorrendo durante o período diurno e os menores durante a noite. As estimativas de radiação de onda longa da atmosfera, a partir desses modelos, subestimaram as observações, resultando em valores de desvio médio quadrático (DMQ) variando entre 50,7 a 75,2  $W.m^{-2}$ , assim como valores negativos de erro médio absoluto (EMA) de -73,0 a -49,1  $W.m^{-2}$ . Um ajuste local dos coeficientes das fórmulas empíricas utilizadas foi realizado, obtendo-se as melhores estimativas de Ld pelos modelos em que a emissividade é função somente da temperatura do ar. Os índices estatísticos das equações ajustadas mostraram coeficientes de correlações ( $R^2$ ) próximos à unidade, pequenos valores de DMQ e EMA próximos de zero.

Em pesquisa feita por Moura et al (2001), foi comparada a radiação solar global em dois diferentes ecossistemas: pastagem e floresta tropical. Foram utilizadas as medidas obtidas durante a realização do projeto ABRACOS (Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study), entre 1991 e 1996. Foram utilizados sítios experimentais em áreas de floresta e pastagem, nas proximidades da cidade de Ji-Paraná, no estado de

Rondônia, separados entre si por aproximadamente 100 km. Os autores verificaram que a radiação global, com médias de  $17,3 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  na floresta e  $16,8 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  na pastagem, representando uma diferença de 2% entre os sítios experimentais, sofre influência da nebulosidade (fevereiro) e das queimadas (setembro).

Aguiar et al (2006a) analisaram dados coletados em julho de 2005 e janeiro de 2006 em dois sítios experimentais em Rondônia, como parte do experimento LBA com o objetivo de avaliar a variação sazonal do albedo em dois tipos de cobertura vegetal: floresta e pastagem. Os albedos médios diários não apresentaram grandes variações sazonais. Conforme era esperado, os maiores valores dos albedos médios diários foram encontrados na área de pastagem. Os maiores valores dos albedos na área de pastagem implicam em menor saldo de radiação, com um valor médio de  $9,02 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , enquanto na área de floresta obteve-se um saldo de radiação médio diário de  $12,9 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ .

Querino et al (2006) analisaram os valores médios anuais da Radiação Solar Global (Rg) e concluíram que no geral, e em todas as épocas estudadas, os sítios de Rondônia apresentaram maiores valores do que os sítios de Manaus, bem como constataram que os registros médios de Rg foram de aproximadamente  $650 \text{ W.m}^{-2}$ . No entanto, houve uma redução em todos os sítios dos valores de Rg, causada pela nebulosidade, quando comparados os períodos chuvoso e seco. Os autores encontraram albedos médios anuais maiores em áreas de pastagem. Essa diferença significa um aumento em média de aproximadamente 38%, no valor do albedo, quando se substituem florestas nativas por pastagens. Esse aumento no albedo da região indica, nesse caso, que superfície após a substituição de sua cobertura natural, retém menos energia. Com isso tem-se uma redução no balanço de radiação, disponibilizando uma menor quantidade de energia para os processos atmosféricos que se iniciam próximo da superfície, como por exemplo, convecção.

Souza Filho et al (2006) estudaram a variação sazonal do balanço de radiação e de seus componentes, de uma floresta tropical. Utilizaram-se dados do projeto CARBOPARÁ, parte integrante do experimento LBA, coletados na reserva florestal de Caxiuanã, região nordeste da Amazônia. O albedo médio foi 8,2% para o período chuvoso, e 11,9% para o período menos chuvoso. Durante o período chuvoso, o balanço de onda curta média

horária é superior ao período menos chuvoso durante todas as horas do dia. O balanço diário de radiação de onda longa para os períodos estudados foram sempre negativos pelo fato de a radiação terrestre ( $L\uparrow$ ) ser maior que a contra radiação emitida pela atmosfera ( $L\downarrow$ ). Durante dias de céu claro, o balanço de radiação foi o dobro do observado para dias de céu nublado.

### **2.3.2.2 Fluxos de massa e energia**

Marques Filho e Ribeiro (1988), estudando as relações entre fluxos e gradientes sobre floresta, afirmaram que as funções adimensionais de estabilidade para os fluxos de calor sensível e de vapor d'água foram estabelecidas em condições de instabilidade atmosférica na região amazônica. Os resultados alcançados para as formas das funções adimensionais implicam em que não é mais possível, nas condições de instabilidade atmosférica, utilizar-se a simplificação  $Ri = (z-d)/L$  ( $z$  é a altura da observação (m),  $d$  é o deslocamento do plano de referência (m) e  $L$  é o comprimento de estabilidade), tão útil nas aplicações práticas.

Objetivando analisar o comportamento das componentes do balanço de energia de áreas de floresta e de pastagem, na região de Ji-Paraná, para o final do período chuvoso e início do período seco, durante o ano de 1993 com dados do projeto ABRACOS, Galvão e Fisch (1998) verificaram, na partição dos fluxos, que a floresta utiliza uma maior quantidade de energia para evaporar e uma pequena quantidade para aquecer o ar em ambos os período estudados, enquanto que na pastagem a transferência de energia para a atmosfera dá-se de ambos os modos pelos fluxos de calor latente e calor sensível no período seco e predominantemente pelo fluxo de calor latente durante o período chuvoso.

Galvão e Fisch (2000b) apresentaram o balanço de energia em áreas de floresta e pastagem na Amazônia (Ji-Paraná, RO), utilizando medidas micrometeorológicas de superfície realizadas nas áreas de floresta e de pastagem do Projeto ABRACOS na região de Ji-Paraná (RO) para avaliar o balanço de energia no período de transição do final da estação chuvosa e início da estação seca do ano de 1993. Os resultados indicaram que, durante o período chuvoso, a devolução de energia para a atmosfera é realizada predominantemente pelo fluxo de calor latente, cuja fração do saldo de

radiação (LE/Rn) utilizada foi 0,79 na floresta e 0,65 na pastagem. Uma pequena parte (H/Rn) é usada para o aquecimento da atmosfera, correspondendo a 0,17 na floresta e 0,20 na pastagem. No período seco, a floresta continua a utilizar uma maior quantidade de energia para evaporar (LE/Rn igual a 0,62) e uma menor quantidade para aquecer o ar (H/Rn igual a 0,18), enquanto, na pastagem, a transferência de energia para a atmosfera ocorre em magnitudes similares entre os fluxos de calor latente e calor sensível (razão de Bowen igual a 1), principalmente nos horários entre 11 e 14 Horas Locais (HL).

Santos (2000) analisou medições de concentração do dióxido de carbono na floresta Amazônica em Manaus, obtidas por um balão cativo à 300m do solo, durante o Experimento MACOE (Experimento de CO<sub>2</sub> Atmosférico de Manaus) em Novembro de 1995 e verificou que houve fontes na floresta durante a noite e sumidouros durante as primeiras horas da manhã, mostrando que o ecossistema é um absorvente líquido de dióxido de carbono. Os ganhos de CO<sub>2</sub> fotossintético excederam as perdas respiratórias do experimento. Também verificou que não há modificações importantes no CO<sub>2</sub> à noite no interior das copas e acima de 60 m

Imbuzeiro et al (2007), utilizando dados de estações meteorológicas e sistemas de covariância de vórtices no período entre os anos de 2002 e 2003, analisaram o comportamento horário dos fluxos de energia tanto para estação seca quanto para estação chuvosa. As médias diárias dos fluxos mostraram que o saldo de radiação (Rn), o calor sensível (H) e o calor latente (LE) apresentam maiores valores na estação seca. O aumento de Rn e H se deve ao fato de que na estação seca a nebulosidade é menor e há uma maior incidência de radiação solar do que na estação chuvosa. Era de se esperar que o LE apresentasse maior valor na estação chuvosa, devido a sua forte dependência com a umidade do ar, já que nesta estação o número de ocorrência de dias chuvosos é maior, permitindo que a umidade do ar atinja valores maiores e mais constantes. O aumento de LE na estação seca pode ser explicado pelo fato de que durante o período seco a floresta continua a utilizar uma quantidade maior de energia para evaporar (LE) e uma menor para aquecer o ar (H).

Michiles e Gielow (2006), utilizando dados do projeto RACCI/LBA obtidos durante a época de transição entre as estações seca e chuvosa, estudaram o armazenamento e balanço de energia em superfície para uma área de floresta no sudoeste da Amazônia. Eles concluíram que devido à ocorrência de grandes biomassas, altas temperaturas e umidades relativas do ar em florestas de terra firme da Amazônia, a estimativa da TAE (taxa de variação do armazenamento de energia) nestas é crítica para o BES (balanço de energia em superfície). No que concerne ao fechamento do BES, observaram, em termos horários, diurnos, noturnos e diários, uma relativa melhora quando se inclui a TAE nos cálculos.

Cabral et al (2007) simularam fluxos de superfície sobre diferentes tipos de vegetação no período de 15 de Outubro de 2006 a 15 de Abril de 2007. As simulações foram feitas em cobertura de floresta tropical, pastagem coberta por um tipo de bioma e soja. Os valores encontrados para a fração evaporativa e razão de Bowen no experimento Controle, utilizado para validação do modelo, foram bastante próximos ao observados em campo. Nota-se que no experimento Soja, o valor médio do fluxo de calor sensível acumulado diário é o menor, e o da Pastagem é o maior. Porém, para o fluxo de calor latente ocorre o inverso, indicando que na soja a maior parte da energia disponível é utilizada nos processos de evapotranspiração, e na pastagem a energia disponível é utilizada para aquecer a superfície.

Aguiar et al (2006b), analisando os Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia durante o ano de 2004, verificaram que o saldo de radiação apresentou pequena variação sazonal, diferentemente dos fluxos de calor latente e sensível, que apresentaram clara variação. As medidas de fluxo de calor latente indicaram redução de 19,6% na estação seca e as medidas de fluxo de calor sensível chegaram a dobrar seus valores na mesma estação. Assim como ocorreu com a partição de energia, a magnitude dos fluxos de CO<sub>2</sub> apresentou variação sazonal e do ciclo diurno, apresentando tipicamente um fluxo positivo durante a noite e negativo durante o dia.

Liberato e Brito (2007) analisaram fluxos de CO<sub>2</sub> entre a vegetação e a atmosfera na Amazônia em áreas de floresta e pastagem a partir de dados do LBA. Os resultados mostraram que a floresta absorve mais CO<sub>2</sub> do que a pastagem e que durante a estação seca há uma diminuição na absorção de CO<sub>2</sub> em ambos os sítios, permanecendo uma absorção maior pela floresta. Observaram também que durante o período da manhã na floresta, há uma forte emissão de CO<sub>2</sub> devido ao acúmulo do gás pela floresta durante a noite.

### **2.3.2.3 Caracterização da CLA.**

Silva e Lyra (1998) compararam floresta e pastagem ao nível da baixa troposfera durante o RBLE-3 e concluíram que na camada 0-2500 m o ar sobre a pastagem é mais quente e mais seco, com diferença média de temperatura de 1,17 K e de umidade específica de 0,19 g.kg<sup>-1</sup>. A pequena diferença entre a umidade dos dois sítios se deve ao fato do ar da pastagem ser alimentado com umidade proveniente da floresta.

Carmo et al (1998), aplicando o método das variáveis conservativas no estudo da camada limite amazônica, investigaram a estrutura termodinâmica da CLA sobre a Amazônia ocidental, usando dados do RBLE-3, mostrando que, no geral, a estrutura de três camadas (subsaturada, saturada e entranhamento) está bem definida em ambas as regiões de floresta e pastagem e que a camada superficial não está acoplada à camada úmida até 1500 UTC e 1800 UTC para os casos de pastagem e floresta. Com o acoplamento das camadas, o ar próximo à superfície torna-se mais seco, com máximo de umidade específica ocorrendo durante a noite e manhã no caso de pastagem, devido ao resfriamento radiativo e advecção de ar úmido da floresta, e sobre a floresta o máximo de umidade ocorre às 1500 UTC devido à evaporação na camada estável rasa.

Oliveira e Fisch (2000) realizaram uma análise da estrutura e evolução dinâmica da Camada Limite Atmosférica (CLA) através do estudo da turbulência atmosférica, em áreas de floresta e de pastagem na região de Ji-Paraná (Rondônia), durante a estação seca de 1994. Concluíram que na pastagem o regime torna-se instável mais cedo (6 HL) do que na floresta (8 HL), com valores do comprimento de Monin-Obukhov de 75m e 160m, respectivamente. Os efeitos turbulentos, de acordo com o número de Richardson,

surgem às 10 HL na pastagem e 11:30 HL na floresta, propagando-se na vertical até no máximo 1400m na pastagem e 900m na floresta.

Souza e Lyra (2002) descreveram algumas características da termodinâmica da Camada Limite Atmosférica sobre Rondônia e suas relações com a substituição de áreas de florestas naturais por pastagens, utilizando dados de perfis verticais de pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade específica e velocidade e direção do vento, observados durante o RBLE-3. Os resultados evidenciaram importantes diferenças/mudanças entre as CLAs sobre os dois tipos de vegetação. A área desmatada (pastagem) é sempre mais quente e mais seca ao longo do ciclo diurno. Durante o dia, a taxa de crescimento é praticamente o dobro: a CLA é 2,7K mais quente e 3,0 g.Kg<sup>-1</sup> mais seca, sendo que a sua espessura chega a ser 1000m superior. Durante a noite, a diferença de umidade passa a ser o dobro daquela registrada durante o dia. Por outro lado, a CLA, na pastagem durante a noite é mais estável, menos espessa cerca de 30% e 2,2K mais fria.

Comparando as estações seca e chuvosa em área de floresta nativa no oeste da Amazônia no que diz respeito à evolução da camada limite (ROCHA et al, 2002), foram encontradas diferenças entre as duas estações, menores na Camada Limite Convectiva (CLC) e significativas na Camada Limite Estável (CLE). Em média, a altura da CLC foi 16% (109m) maior na estação chuvosa (766m versus 657m). Na CLE, a diferença foi de 102% (253m), sendo maior na estação chuvosa (247m versus 500m).

Rocha et al (2002) fizeram a mesma comparação, mas em área de pastagem. Também foram encontradas diferenças entre as duas estações, mais durante a Camada Limite Convectiva (CLC) do que na Camada Limite Estável (CLE). Em média, a altura da CLC foi 57% (399m) menor na estação chuvosa (692m versus 1091m). Na CLE, a diferença foi de 110% (188m), sendo maior na estação chuvosa (358m versus 170m). No entanto, os autores frisam que são necessários estudos mais apurados para que se chegue a uma compreensão dos mecanismos que levam a formação da CLA durante a estação chuvosa. O suporte teórico existente, desenvolvido em países de clima temperado, deve ser visto com reservas em virtude da grande complexidade da CLA em região de floresta tropical.

Lyra et al (2003) observaram o comportamento da Camada Limite Atmosférica (CLA) sobre o oeste da Amazônia na estação seca de 1994, comparando área devastada com área de floresta e encontraram diferenças significativas entre os sítios. Durante o dia, no ambiente modificado (pastagem), a Camada Limite Convectiva (CLC) esteve 80% mais espessa, 2K mais quente e  $6 \text{ g.Kg}^{-1}$  mais seca do que a CLC na floresta. A Camada Limite Noturna (CLN) esteve mais quente, seca, a quebra de sua estabilidade foi mais freqüente e ocorreu mais cedo do que a CLN na floresta pela manhã. Os resultados obtidos indicaram também que os mecanismos dinâmicos de meso e grande escala têm uma influência significativa no comportamento da CLA nesses locais.

Utilizando dados obtidos com os experimentos LBA/TRMM (1999) para a estação chuvosa, e ABRACOS/RBLE para a estação seca, Fisch et al (2004), estudaram a Camada Limite Convectiva (CLC) sobre pastagem e floresta na Amazônia. Os resultados apresentados sugerem que o desflorestamento pode modificar a dinâmica da camada limite, especialmente durante a estação seca, quando os fluxos de calor sensível são muito altos sobre a pastagem, criando uma CLC aproximadamente 550m mais profunda em comparação à da floresta. A altura da CLC totalmente desenvolvida na pastagem foi computada em 1650m e a da floresta em aproximadamente 1100m. Durante a estação chuvosa, a altura da CLC é mais baixa do que durante a estação seca e tem a mesma altura (aproximadamente 1000m) para sítios de pastagem e floresta. A CLC sobre pastagem é mais quente e mais seca do que sobre a floresta durante a estação seca, mas durante a estação chuvosa as temperaturas do ar e a umidade são semelhantes.

Silva e Lyra (2006) fizeram um modelo prognóstico do crescimento da CLC em função dos fluxos em superfície, e este se mostrou bastante promissor. Com exceção do fluxo de condução em superfície os demais apresentaram boa correlação com altura da CLC. O melhor ajuste encontrado foi com o fluxo integrado saldo de radiação ( $r^2$  igual a 0,9998). Os resultados obtidos mostraram que o modelo representou muito bem o crescimento da CLC, principalmente entre 11 e 14 HL. Em termos de média global, a diferença entre os valores obtidos via simulação e os observados foram inferiores a resolução espacial da radiossonda (cerca de 50m).

Santos e Fisch (2007) fizeram uma comparação entre quatro diferentes métodos de estimativa da altura da CLC durante o experimento RaCCI-LBA (2002) em Rondônia,

Amazônia. Os métodos utilizados foram os seguintes: das Parcelas; do Número de Richardson; dos Perfis; e um método de medição direta através do SODAR. Os autores observaram que o Método das Parcelas superestimou as alturas da CLC (em 15% para às 08:00 HL e 14:00 HL e 30% nos demais horários), em quase todos os casos analisados, obtendo índices baixos do coeficiente de determinação ( $r^2$ ), quando comparado com os outros métodos. O Método do Número de Richardson e o Método dos Perfis apresentaram alturas muito semelhantes, com diferenças médias de menos de 50 m, alcançando um valor de  $r^2$  igual a 0,97, durante o período de início da estação chuvosa. As medidas realizadas com o SODAR não se mostraram adequadas nas primeiras horas da manhã, indicando que o equipamento mediu a Camada Limite Residual (do dia anterior) e não a Camada Limite Convectiva rasa, em fase de desenvolvimento.

#### **2.3.2.4 Meteorologia Física**

Souza et al (2000) propuseram uma teoria simples para circulações convectivas induzidas pela heterogeneidade da superfície. A teoria é baseada na termodinâmica de motores de calor e fornece uma simples explicação física para as características gerais da circulação forçada por heterogeneidades da superfície em terrenos inclinados. Em particular, a teoria é aplicada a uma circulação de mesoescala induzidas pelo desmatamento. Ela prevê que a intensidade da circulação convectiva de mesoescala forçada pelo desmatamento depende da diferença não adiabática da temperatura e umidade próximas à superfície, entre a floresta e as regiões desmatadas, e da profundidade da camada limite convectiva. A teoria foi testada com sucesso nas observações feitas durante um experimento de campo na floresta amazônica e de uma clareira próxima.

Analisando dados de um disdrômetro e um radar de apontamento vertical instalados no aeroporto de Ji-Paraná, RO, Brasil, para o experimento de campo WET AMC/LBA & TRMM/LBA, em Janeiro e Fevereiro de 1999, Albrecht e Silva Dias (2005) analisaram detalhadamente a estrutura microfísica relacionada a um padrão mais convectivo de regimes de fluxos de leste e mais estratiforme em regimes de fluxos de oeste. A diferenciação entre os perfis de precipitação convectiva e estratiforme dentre os diversos sistemas de precipitação, existentes na região tropical, é muito importante para

a circulação atmosférica global, sendo extremamente sensível à distribuição vertical de calor latente. Na América do Sul, a atividade convectiva responde à Oscilação Intrazonal (IOS). A breve análise dos regimes de ventos associados à IOS mostrou uma grande diferença no tipo, tamanho e processos microfísicos de crescimento de hidrometeoros em cada regime de vento: regimes de leste possuem mais turbulência e conseqüentemente formação de precipitação convectiva, e regimes de oeste possuem formação de precipitação mais estratiforme.

Silva Dias et al (2005) apresentaram alguns resultados obtidos dentro do Projeto LBA e em particular na componente de Física do Clima que apontam para interações físicas extremamente complexas, que apenas agora começam a ser compreendidas e cuja pesquisa levanta novas questões sobre os mecanismos envolvidos. Os resultados obtidos apontam para possíveis processos físicos que estão sendo alterados pelo desmatamento e pelas queimadas. Os dados colhidos durante as campanhas intensivas do LBA indicam que as circulações locais provocadas pelo desmatamento e os núcleos de condensação de nuvens gerados pela queima da biomassa afetam a formação de nuvens e de chuvas, reduzindo a chuva nos vales desmatados e as chuvas locais de nuvens rasas que reciclam os compostos orgânicos voláteis naturalmente emitidos pela floresta. As implicações dessas alterações com relação ao equilíbrio dos ecossistemas são o foco das pesquisas atuais.

#### **2.3.2.5 Vento**

Estudando as relações da brisa de rio com a camada limite local na Amazônia, Oliveira e Fitzjarrald (1993) observaram a evolução diurna da camada limite planetária sobre a floresta amazônica, próximo ao local onde há a confluência dos rio Negro e Solimões, onde se mostra a existência de uma rotação diurna do vento próximo a superfície e a presença freqüente de um vento máximo noturno em baixos níveis. Estas circulações explicam-se como elementos de uma circulação de brisa de rio e de terra, induzida pelo contraste termal entre os rios e a floresta adjacente.

Oliveira e Fitzjarrald (1994) apresentaram uma análise linear para estimar a estrutura espacial e a intensidade de uma brisa induzida por um rio com largura e contraste térmico semelhantes aos observados no Amazonas central. Os autores observaram que

os contrastes térmicos são suficientes para produzir uma brisa de rio que pode ser percebida mais de 20 km adentro diariamente. Um modelo de fechamento unidimensional de segunda ordem foi usado para mostrar que os máximos noturnos de vento em nível baixo observados e a rotação diurna do vento superficial são aspectos de uma brisa de rio que interage com o fluxo médio que varia de acordo com a estação.

Oliveira e Fisch (2001) estudaram o comportamento do perfil do vento em áreas de floresta e pastagem na região de Ji-Paraná durante a estação seca de 1994 utilizando dados de radiossondagens. O vento na floresta foi em média  $2 \text{ m.s}^{-1}$  mais intenso que na pastagem. Eles notaram a presença de ventos máximos, em ambos os sítios, em torno de 2000 m, próximo das 8 horas local, de aproximadamente  $8,0 \text{ m.s}^{-1}$  na floresta e  $6,5 \text{ m.s}^{-1}$  na pastagem.

Sá e Pachêco (2006) estudaram perfis de velocidade do vento medidos em torre de 60m de altura construída na Reserva Florestal do Jarú. Os dados foram coletados durante a campanha intensiva úmida do LBA. Os resultados confirmam as proposições, segundo as quais o cisalhamento do vento no topo da copa e o ponto de inflexão do perfil vertical de velocidade do vento sintetizam a informação básica referente à dinâmica das interações turbulentas entre o escoamento acima e dentro da copa florestal de Rondônia.

### **2.3.2.6 Modelagem**

Fisch et al (1997) analisaram as modificações microclimáticas provocadas pelo desmatamento da região Amazônica, utilizando-se do modelo de Circulação Geral da Atmosfera do Hadley Centre (Reino Unido). De um modo geral, a substituição de floresta por pastagem provoca, em nível sazonal, uma redução no saldo de radiação de ondas curtas e total, um aumento na temperatura média do ar, uma redução pequena na umidade específica do ar, um aumento da velocidade do vento, uma redução na evaporação e precipitação, e um período de seca mais prolongado, que estende-se de junho a julho no cenário de floresta para maio a agosto no caso da pastagem. Analisando um mês tipicamente úmido e um mês ao final da época seca, o saldo de radiação (ondas curtas e total) é superior na floresta em relação a pastagem, em ambas as estações. A razão de Bowen é tipicamente de +0,3 durante a época chuvosa, aumentando para valores entre 1,0 e 3,0 durante a estação seca. No caso da temperatura

do ar, a floresta apresenta um valor máximo maior do que de pastagem (1,2 °C) durante o período das chuvas e é inferior ao mínimo da temperatura da pastagem na estação seca (-2,5 °C). A velocidade do vento foi mais intensa na pastagem em relação a floresta, sendo que, no período seco, a pastagem apresentou ventos de até 3,5 m.s<sup>-1</sup>.

Tota e Fisch (1998) aplicaram um modelo de estimativa de fluxo regional a áreas de floresta e pastagem na Amazônia, apresentando uma análise comparativa entre fluxos turbulentos de calor sensível medidos pontualmente e estimados em escala regional por um modelo simples, sobre uma área de floresta e outra de pastagem, na região de Ji-Paraná-RO, usando dados do experimento RBLE-3. Os resultados mostraram que, em uma média diária, o modelo superestima os valores medidos em superfície. Isto sugere que, apesar das limitações do modelo (sensibilidade dos parâmetros de entrada, inversão de grande escala e advecção dentre outros processos não considerados pelo modelo), as medidas feitas em um único ponto talvez não sejam representativas da contribuição da superfície em uma escala regional, mesmo aquelas realizadas sobre uma área homogênea (floresta) como sobre uma área heterogênea (pastagem). Essas diferentes características entre áreas de floresta e de pastagem são oriunda do desflorestamento, onde a mudança, principalmente do albedo da superfície, dentre outras, alteram as trocas de energia entre a superfície e a Camada Limite Planetária, e conseqüentemente, os balanços de energia e radiação.

Para determinar o impacto do uso/cobertura do solo na hidrometeorologia regional, Roy e Avissar (2002) utilizaram um modelo de mesoescala de alta resolução chamado RAMS (Regional Atmospheric Modeling System). Concluíram que as circulações coerentes de mesoescala foram provocadas pela heterogeneidade superficial; o fluxo sinótico não eliminou as circulações, mas as transportou para longe da posição onde foram geradas, sendo isto foi reforçado por imagens de satélite. Essas circulações afetaram o transporte de umidade e calor em escala sinótica e podem afetar o clima.

Correia et al (2005) calibraram o “simplified simple biosphere model – SSiB” para áreas de pastagem e floresta na Amazônia com dados do LBA. Foram utilizadas medidas micrometeorológicas e hidrológicas obtidas durante o período seco de 2001. Os resultados obtidos indicaram que o modelo simulou bem o saldo de radiação, tanto na pastagem quanto na floresta. O fluxo de calor latente foi superestimado nos dois

sítios nos períodos de simulação, o que deve estar relacionado aos parâmetros utilizados no cálculo dessa variável. O modelo subestimou o fluxo de calor sensível na pastagem e na floresta, principalmente no período noturno; porém, para a floresta, os valores foram mais próximos daqueles observados. Com os parâmetros ajustados, melhores estimativas dos fluxos de calor latente e de calor sensível foram geradas e, conseqüentemente, representou melhor as partições de energia na floresta e na pastagem.

Correia et al (2006) estudaram o impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia utilizando o Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos acoplado ao esquema de superfície Simplified Simple Biosphere Model (SSiB) com a finalidade de avaliar as conseqüências climáticas decorrentes de modificações da cobertura vegetal na bacia Amazônica de acordo com três cenários de desflorestamento: alterações atuais; previstas para o ano de 2033 e desflorestamento de grande escala da Amazônia. Em todos os cenários, foi observado um mecanismo de retroalimentação negativo, pois o aumento na convergência de umidade agiu no sentido de minimizar os efeitos da redução na evapotranspiração sobre as áreas desflorestadas. No cenário atual a convergência de umidade e a evapotranspiração agiram em sentidos contrários, e o aumento da convergência de umidade se sobressaiu à redução na evapotranspiração, conduzindo a um aumento na precipitação na parte sul da bacia Amazônica. Nos outros dois cenários houve uma redução na precipitação, decorrente da diminuição significativa na evapotranspiração. Entretanto, embora havendo redução na precipitação quando toda a floresta Amazônica é substituída por pastagem, a distribuição não foi homogênea, apresentando diminuição na parte leste da bacia e aumento na parte oeste. Em todos os cenários observou-se aumento na convergência de umidade na Amazônia.

Neves et al (2006) propuseram um modelo de CLC capaz de simular com muita eficácia o desenvolvimento da CLC, principalmente na floresta. Levando em conta as limitações que envolvem a determinação da altura da CLA analiticamente, os resultados obtidos foram considerados muito bons. Considerando todo o conjunto de dados, a razão entre modelo e observado, no RBLE-2, foi de 2% na floresta e de 25% na pastagem. No RBLE-3 a diferença na floresta foi insignificante (0,7%) e na pastagem foi o único caso de sub-estimativa (14%).

Santos et al (2007) realizaram um estudo de modelagem com um modelo unidimensional, no intuito de investigar o desenvolvimento da Camada Limite Noturna (CLN), durante a época úmida na região Amazônica, visando aumentar os conhecimentos sobre seu funcionamento sob diferentes condições ambientais. O Modelo simulou a profundidade ( $h_i$ ) e a estrutura da CLN sobre 3 sítios experimentais em Rondônia – RO. Estas simulações foram comparadas com observações locais. Os autores verificaram que o modelo consegue representar a estrutura e o desenvolvimento da CLN, sobre os 3 sítios. As simulações mostraram que o sítio de transição floresta-pastagem e Floresta apresentaram características similares de desenvolvimento da CLN, principalmente no período entre 19 HL e 06 HL. Para a área totalmente desmatada as análises indicaram que a CLN tem um desenvolvimento parecido com aquele observado sobre áreas urbanas, onde uma camada de mistura turbulenta rasa é observada próximo à superfície nas primeiras horas da noite.

#### **2.3.2.7 Sensoriamento Remoto**

Utilizando imagens de satélite e as radiossondagens do WET AMC/LBA, Machado e Laurent (2000) estudaram as características dinâmicas e termodinâmicas da atmosfera na região do Amazonas no período chuvoso e verificaram um aumento da temperatura próximo a superfície e na camada de mistura, que é associado a um aumento na quantidade de vapor d'água nesta camada, indicando a existência de água disponível no solo para que o fluxo de calor latente forneça a umidade na camada de mistura, na medida em que a temperatura aumenta. O aumento de ambas variáveis implica em um aumento da temperatura potencial equivalente na camada de mistura, e a atmosfera se torna mais instável, a camada de empuxo positivo aumenta atingindo a tropopausa e a inibição diminui, favorecendo o desenvolvimento da convecção. Como os fluxos na camada limite dependem da instabilidade atmosférica, o aumento desta favorece o aumento do fluxo vertical de vapor d'água na atmosfera. Essas condições mostram que a atmosfera nesta região necessita simplesmente de um acréscimo de temperatura na camada limite para tornar a atmosfera propícia ao desenvolvimento da convecção.

Silva e Lyra (2007) a partir de radiossondagens e um SODAR durante a campanha DRY TO WET-AMC/LBA-2002 objetivaram estimar a altura da CLC ( $Z_i$ ). Comparando a altura da CLC determinada pelo método analítico (perfis verticais) e por

um SODAR sobre uma região de pastagem durante a transição da estação seca para a chuvosa na Amazônia, observaram que no horário das 08:00 HL houve uma considerável superestimativa de Zi por parte do SODAR e que, em média, as melhores correlações foram verificadas às 4:00 HL.

Silva e Lyra (2009) compararam perfis do vento horizontal medidos por radiossondagens e por um equipamento SODAR durante experimento DRY TO WET - AMC/LBA, em 2002, no Estado de Rondônia. As análises foram feitas para três camadas: da superfície até 500 m, de 500 m até 1000 m e de 1000 m até 1500 m. Na primeira camada os campos apresentaram boa concordância, porém, a correlação entre as medidas diminuiu de forma significativa nas outras duas camadas. Os resultados sugerem que os dados do SODAR poderiam ser mais bem aproveitados, se na instalação do instrumento fosse dada prioridade a uma camada menos profunda (até 500 m) e com uma resolução vertical maior.

### **2.3.2.8 Impacto ambiental**

Silva Dias (2006) sintetizou os resultados do Projeto LBA envolvendo aspectos meteorológicos e sua relação com alterações na superfície e na atmosfera produzidas por desmatamentos e por queimadas. Os resultados mostram que além da variabilidade natural da circulação atmosférica em grande escala, há efeitos provocados tanto pelo desmatamento como por queimadas, na forma de circulações locais, alteração do balanço de energia e umidade da camada superficial, e alteração na microestrutura de nuvens. Há indicações de que os efeitos dessas alterações afetem a quantidade de chuva observada, porém, ainda há incertezas consideráveis quanto a ordem de grandeza dos impactos.

Cohen et al (2007) estudaram a influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia utilizando cenários realísticos da esperada mudança da cobertura vegetal. Adicionaram no modelo climático um esquema de vegetação dinâmica, propiciando mudanças em suas características estruturais em função das condições climáticas. Concluíram que o impacto do desmatamento deixa a Amazônia mais seca e quente, no entanto a magnitude dessas mudanças é menor se comparada com resultados de experimentos usando Modelos de Circulação Geral (MCGs). Estudos recentes sugerem

que para representar melhor os processos meteorológicos locais, tais como as grandes linhas de instabilidade, uma resolução melhor precisa ser usada.

Os aerossóis atmosféricos respondem por uma das maiores incertezas na investigação dos cenários de mudança climática. A margem de erro associada às estimativas nas contribuições dos aerossóis no balanço energético global ainda é elevada, particularmente no que diz respeito ao chamado “efeito indireto”. No Brasil, as medidas realizadas dentro do contexto LBA-SMOCC-EMfiN! (*Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia – Smoke Aerosols, Clouds, Rainfall and Climate – Experimento de Microfísica de Nuvens*) possibilitaram uma base de dados ampla sobre aerossóis e microfísica de nuvens. Concluiu-se que alterações significativas no processo de desenvolvimento da precipitação podem ocorrer em associação com a grande quantidade de aerossóis produzidos em queimadas, mas que diversas questões, principalmente referentes ao papel dos núcleos de condensação gigantes e núcleos de gelo ainda precisam ser elucidadas (COSTA E PAULIQUEVIS, 2009).

### **2.3.2.9 Outros resultados**

Longo et al (2002) apresentaram um controle de qualidade dos dados das radiossondagens realizadas durante a campanha WET-AMC/LBA (*Wet season Atmospheric Meso-scale Campaign, Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazon*), em janeiro e fevereiro de 1999, em Rondônia. O controle de qualidade de dados foi dividido em quatro fases: a primeira fase, baseada em métodos de inspeção visual, detectou e corrigiu problemas de incompatibilidade de data e hora e problemas com as unidades do vento. Na segunda fase, os dados de superfície foram comparados com dados de outros instrumentos próximos às bases de lançamento, aplicando um método de verossimilhança simples para eliminar ou substituir dados com problemas. Na terceira fase, foi aplicado um método de verossimilhança estatística a fim de analisar trechos suspeitos nos perfis das sondagens, que estivessem fora do intervalo de confiança de 95%, eliminando o trecho quando justificável. Na quarta fase, foi analisado o comportamento da divergência bidimensional de massa integrada na coluna atmosférica a partir das sondagens (método de consistência física). Após o controle de qualidade foi possível constatar que a remoção ou substituição dos dados considerados suspeitos, em especial de superfície, torna o conjunto de dados de sondagens muito mais

confiável. Este fato foi exemplificado pelos autores com o CAPE (Energia Potencial Disponível para Convecção), que, antes da aplicação do controle de qualidade apresentava, em diversos casos, valores exageradamente elevados, não verificados no conjunto corrigido de dados.

Longo et al (2004) analisaram um evento de friagem que atingiu a região sudoeste da Amazônia, além das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul durante a estação chuvosa (novembro de 1999). Para esta análise, utilizaram-se as imagens do satélite GOES-8, reanálises dos campos globais do NCEP e dados meteorológicos de superfície de aeroportos (METAR), radiossondagens e estações automáticas de superfície, além de informações de precipitação e irradiância solar do projeto LBA. Este evento provocou alterações significativas nas condições sinóticas, dinâmicas, e de convecção nesta região, produzindo redução de temperatura, umidade específica e aumento da velocidade dos ventos na região de Mato Grosso e Rondônia. Observaram-se temperaturas de até 12°C, com ventos persistidos de até 7 m.s<sup>-1</sup> oriundos do quadrante sul e variação de razão de mistura em torno de 8 g.kg<sup>-1</sup> em pouco mais de 24 horas. A atmosfera tornou-se muito mais estável e levou cerca de 2 a 3 dias para restabelecer as condições observadas antes da passagem do sistema.

Webler et al (2007) analisaram as características da precipitação em área de floresta primária e área de pastagem em Rondônia nos anos de 1999 a 2006. O resultado dessas análises mostrou que a área de floresta apresentou precipitação 20%, em média, superior a área de pastagem, e ambos os sítios apresentaram uma maior incidência de chuvas no final do dia, onde a pastagem tem pico em média às 18h e a floresta às 17h.

## CAPÍTULO 3

### DADOS E METODOLOGIA

#### 3.1 Sítios Experimentais

Os dois sítios experimentais (Figura 3.1) estão localizados no Oeste da Amazônia (Sul de Rondônia) e são denominados:

**Floresta** - Reserva Biológica do Jarú “REBIO JARÚ” ( $10^{\circ} 5' S$ ;  $61^{\circ} 55' W$ ; 120 m). A reserva é uma área de preservação permanente de floresta nativa localizado aproximadamente 80 km ao norte de Ji-Paraná a 120 m acima do nível de mar, com árvores de 30 m de altura em média.

**Pastagem** - Fazenda Nossa Senhora Aparecida, no Município de Ouro Preto do Oeste ( $10^{\circ} 45' S$ ;  $62^{\circ} 21' W$ ; 290 m). É uma área de fazenda de gado a 290 m de altitude aproximadamente, 50 km de Ji-Paraná. O local está no centro de uma área de cerca de 50 km de raio que foi largamente desmatada e coberta por uma vegetação rasteira (gramínea do tipo “brachiaria brizantha”), pastagem esta, plantada nos anos 80.

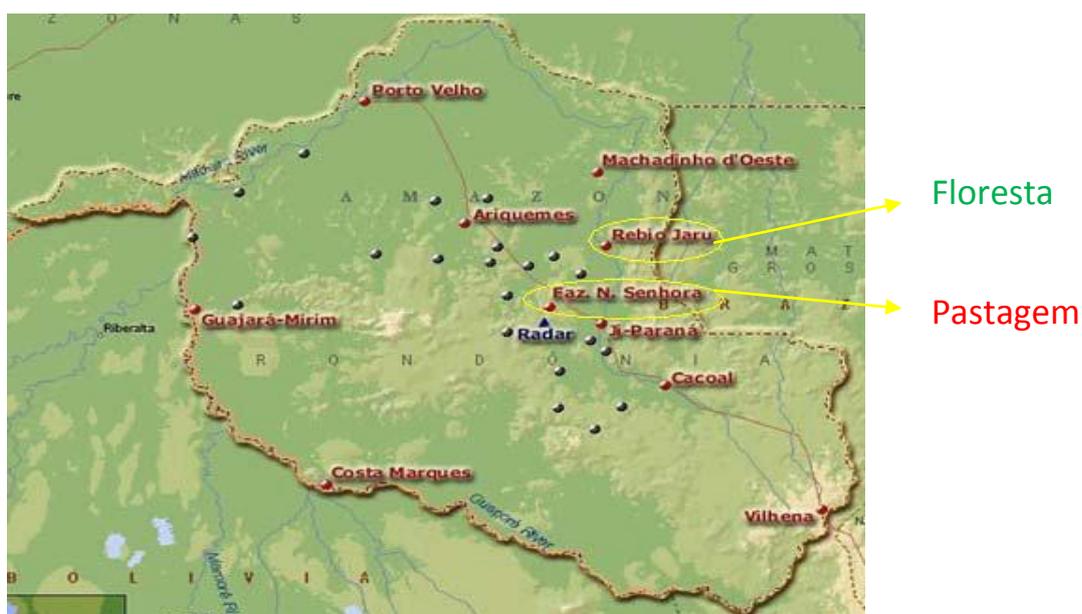


Figura 3.1- Áreas da Reserva Biológica do Jarú e da Fazenda Nossa Senhora Aparecida no Estado de Rondônia.

Fonte: Leite (2004)

### 3.2 Dados Utilizados

No decorrer do experimento LBA-2002 feito em área de floresta na Reserva Biológica do Jaru (REBIO) e em área de pastagem na Fazenda Nossa Senhora Aparecida (FNS), foram coletados dados divididos em dois grupos:

a) Micrometeorológicos de superfície:

Radiação de onda curta incidente e refletida (Piranômetro Kipp & Zonen CM21) e radiação de onda longa incidente e refletida (Pirgeômetro Kipp & Zonen CG1) em  $W.m^{-2}$ , Umidade Relativa (Higrômetro Vaisala HMP35A), Pressão atmosférica (Barômetro Vaisala PTB100A) em hPa, Precipitação (Sensor de precipitação de caçamba oscilante EM ARG-100 tipping bucket) em mm, Temperatura do ar (resistor PT100 (HMP35A)) em °C, Velocidade do vento (Anemômetro Vector A100R) em  $m.s^{-1}$ .

b) Fluxos turbulentos:

Através de um sistema “*eddy correlation*”, foram medidos os fluxos de calor sensível (H)(Gill R2) e calor latente (LE)( Gill R2 + Li-Cor LI-6262).

No conjunto de dados brutos, as variáveis de superfície foram armazenadas de meia em meia hora e os fluxos turbulentos de H e LE foram armazenados de 1 em 1 hora. Com a finalidade de que estes dados coincidissem, foram feitas médias de 1 em 1 hora para os dados de superfície. A partir destes dados, foram calculados os valores médios para cada dia e médias horárias para todo o período. Foram também calculados o desvio padrão ( $\sigma$ ), o coeficiente de variação (CV), máximo (max), mínimo (min) e amplitude, tanto para os valores médios diários como para os horários.

Para identificação da nebulosidade, na região dos sítios experimentais, foram usadas imagens no canal espectral infravermelho do satélite GOES-8, para quatros horários diários (12, 15, 18, 21 UTC). Essas imagens estão disponíveis na internet, pelo site <http://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/>.

Para apoiar as análises foram utilizados dados de reanálise no NCEP – NCAR (*National Centers for Environmental Prediction – National Centers for Atmosphere Research*) para gerar figuras representativas das situações sinóticas atuantes durante o período de estudo, através das componentes zonal (u) e meridional do vento (v), onde foi gerado composições de linha de corrente e divergência nos níveis isobáricos de 925 e 200 hPa.

### **3.3 Período de estudo**

O período utilizado foi de 05 de fevereiro a 30 de março de 2002, correspondentes ao período chuvoso, durante o experimento LBA. Devido às falhas nos dados de fluxos turbulentos de calor sensível e calor latente, foram utilizados os dias 05, 07, 11 e 15 de fevereiro e 07, 08, 12, 14, 21, 22, 24, 26 e 30 de março, que correspondem aos dias Julianos (DJ) 36, 38, 42, 46, 66, 67, 71, 73, 80, 81, 83, 85 e 89.

### **3.4 Situações sinóticas durante o experimento**

#### **3.4.1 Fevereiro**

No mês de fevereiro foram registradas precipitações abaixo do normal, estiagem que começou no segundo semestre de 2001. A ZCIT esteve posicionada, em média a 3°N, a banda de nebulosidade associada a ela interagiu com o VCAN, contribuindo para o aumento da nebulosidade no setor norte da América do Sul. A Alta da Bolívia esteve presente em todos os dias do mês de fevereiro. O posicionamento médio do centro da alta troposférica foi observado em 16,9 °S e 67,5 °W, aproximadamente. Foram observados VCANs no oceano Atlântico, o primeiro de 03 a 14 de fevereiro, outro de 18 a 21 de fevereiro e um novo nos dias 27 e 28. No dia 24, um VCAN atuou no nordeste do Pará, enfraquecendo no dia seguinte. Os campos de linhas de corrente e divergência (Anexo C) mostram o escoamento em baixos níveis (925 hPa) e as posições dos VCANs e da Alta da Bolívia em todos os dias estudados (200 hPa) (CLIMANÁLISE, 2002).

### 3.4.2 Março

No mês de março as chuvas continuaram abaixo da média em Rondônia. A ZCIT permaneceu ao norte de sua posição climatológica, aproximadamente em 3°N. A Alta da Bolívia esteve presente em quase todos os dias do mês de março. O posicionamento médio do centro da alta troposférica foi observado em 20,1°S e 65,5°W, aproximadamente, ficando esta localização a sudoeste da posição climatológica média deste mês. Na maior parte do mês de março predominaram cavados e vórtices ciclônicos em altos níveis em várias Regiões do Brasil e sobre o oceano adjacente. A permanência destes sistemas em latitudes ao norte de 20°S inibiu o avanço das frentes frias e contribuiu para a estiagem prolongada em grande parte do Brasil Central. Cinco vórtices ciclônicos atuaram no País durante este mês. Os Campos de linhas de corrente e divergência (Anexo C) mostram o escoamento em baixos níveis (925hPa) e as posições dos VCANs e da Alta da Bolívia em todos os dias estudados (200 hPa) (CLIMANÁLISE, 2002).

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

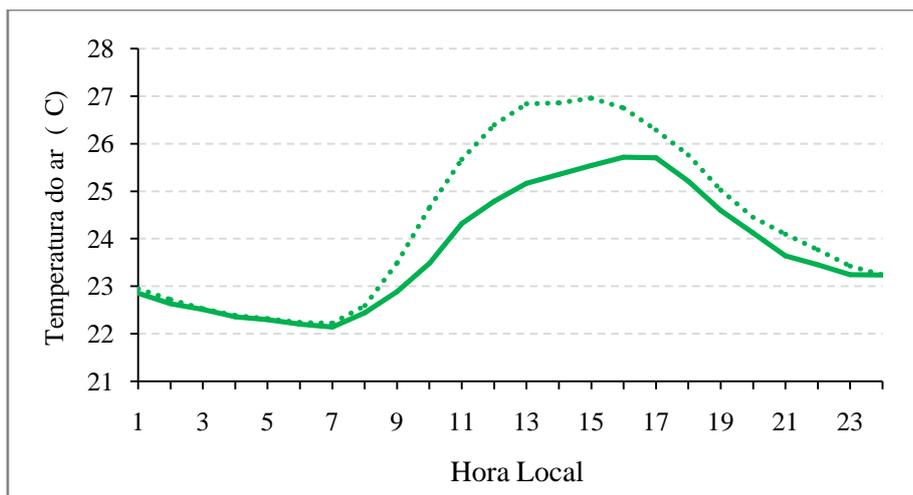
#### 4.1 Análise da representatividade do período estudado

Com a finalidade de verificar se o período estudado é representativo ou não da estação chuvosa de 2002, são comparados a seguir os gráficos médios de cada variável de superfície para cada localidade. As linhas pontilhadas representam a média para todo o período e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados.

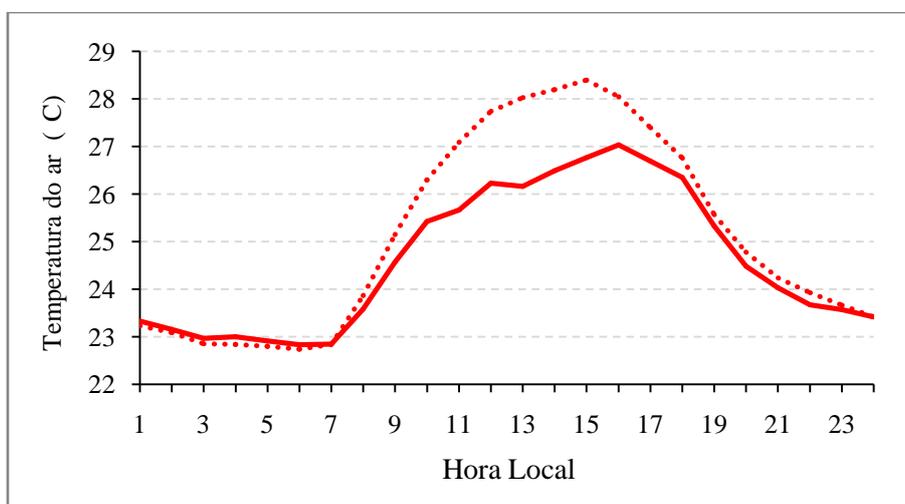
Após analisar todas as variáveis de superfície, pode-se concluir que o período de treze dias utilizado é representativo da estação chuvosa de 2002.

##### 4.1.1 Temperatura do ar

Levando em consideração o ciclo médio diário dos treze dias, a temperatura média do ar em área de floresta (Figura 4.1a) e pastagem (Figura 4.1b) mostrou valores abaixo da média do período inteiro, além de ter apresentado o valor máximo uma hora após o máximo para o período inteiro (16 HL) em ambos os sítios. No entanto, as médias gerais se mostraram bem próximas, o que comprova a representatividade do período. Em área de floresta, a média para o período completo foi de  $24,31 \pm 1,71$  °C e para o período de treze dias foi de  $23,74 \pm 1,68$  °C. Na área de pastagem a média para o período completo foi de  $25,12 \pm 1,35$  °C e para o período de treze dias foi de  $24,61 \pm 1,28$  °C.



(a)

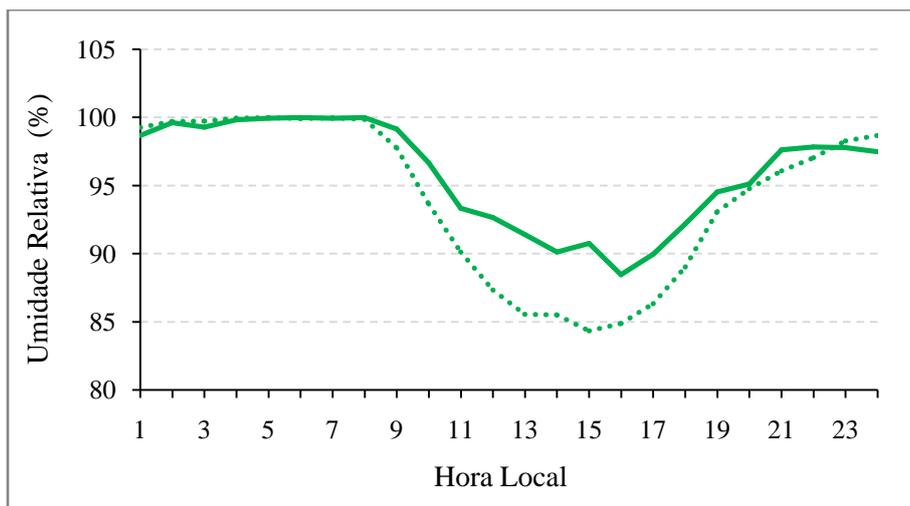


(b)

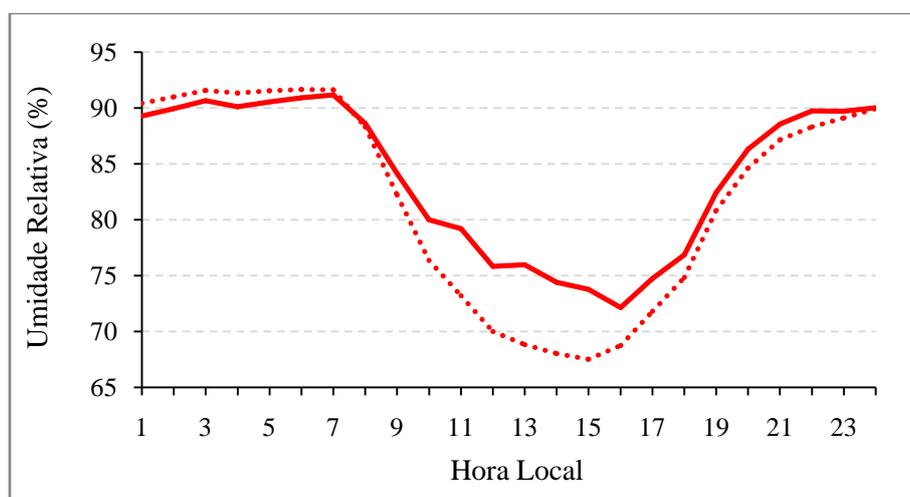
Figura 4.1- Ciclos médios diários de temperatura do ar em área de Floresta (a) e Pastagem (b). As linhas pontilhadas representam o período completo e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados.

#### 4.1.2 Umidade Relativa do ar

Em ambos os casos (floresta e pastagem), o ciclo médio diário da UR apresentou seu valor mínimo para o período completo bem menor do que o valor da média de treze dias, além da ocorrência do mínimo uma hora antes no período completo, no entanto, os valores médios foram muito próximos, o que torna o período de treze dias representativo da estação chuvosa de 2002. Em área de floresta (Figura 4.2a), a média para o período completo foi de  $94,20 \pm 4,10$  % e para o período de treze dias foi de  $95,94 \pm 3,95$  %. Na área de pastagem (Figura 4.2b) a média para o período completo foi de  $82,03 \pm 5,56$  % e para o período de treze dias foi de  $83,95 \pm 5,19$  %.



(a)

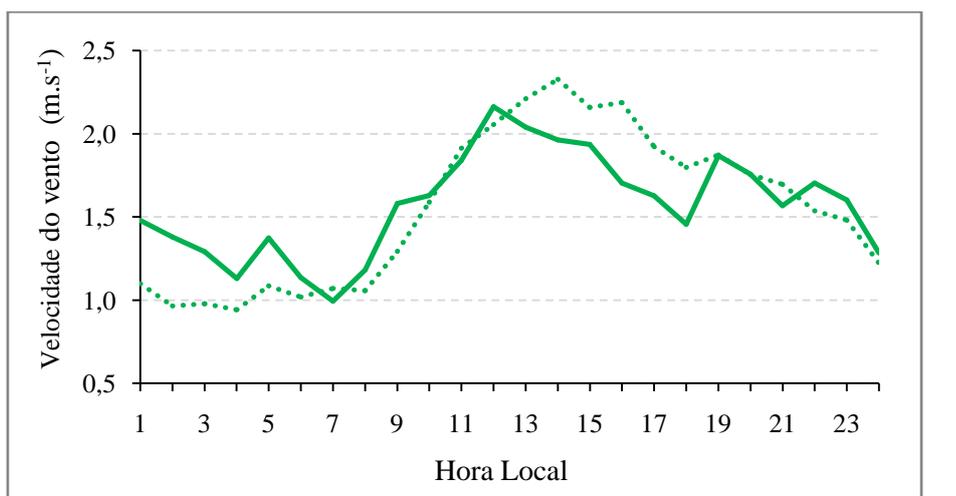


(b)

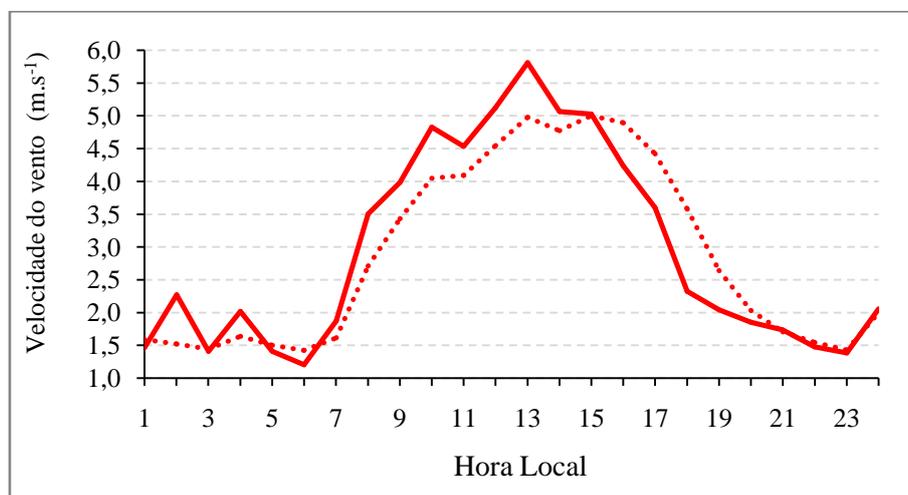
Figura 4.2- Ciclos médios diários da umidade relativa do ar em área de Floresta (a) e Pastagem (b). As linhas pontilhadas representam o período completo e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados.

#### 4.1.3 Velocidade do vento

No ciclo médio diário de treze dias, a velocidade do vento em área de floresta (Figura 4.3a) foi maior do que a média para o período completo, e na área de pastagem (Figura 4.3b) foi menor, porém as médias foram muito próximas, evidenciando a representatividade do período de treze dias também no que diz respeito à velocidade do vento. Em área de floresta, a média para o período completo foi de  $1,55 \pm 0,84 \text{ m.s}^{-1}$  e para o período de treze dias foi de  $1,57 \pm 0,89 \text{ m.s}^{-1}$ . Na área de pastagem a média para o período completo foi de  $2,85 \pm 1,71 \text{ m.s}^{-1}$  e para o período de treze dias foi de  $2,92 \pm 1,62 \text{ m.s}^{-1}$ .



(a)



(b)

Figura 4.3- Ciclos médios diários da velocidade do vento em área de Floresta (a) e Pastagem (b). As linhas pontilhadas representam o período completo e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados.

#### 4.1.4 Saldo de radiação

No que diz respeito ao saldo de radiação, em ambos os sítios o ciclo médio de treze dias apresentou-se menor. Em área de floresta, os horários de máximo  $R_n$  coincidiram. No entanto, as médias foram muito parecidas, se for considerado o alto desvio padrão. Estes resultados mostram que o período de treze dias pode representar a estação chuvosa. Em área de floresta (Figura 4.4a), a média para o período completo foi de  $150,03 \pm 78,03 \text{ W.m}^{-2}$  e para o período de treze dias foi de  $111,64 \pm 74,43 \text{ W.m}^{-2}$ . Na área de pastagem (Figura 4.4b) a média para o período completo foi de  $124,27 \pm 70,75 \text{ W.m}^{-2}$  e para o período de treze dias foi de  $91,22 \pm 67,90 \text{ W.m}^{-2}$ .

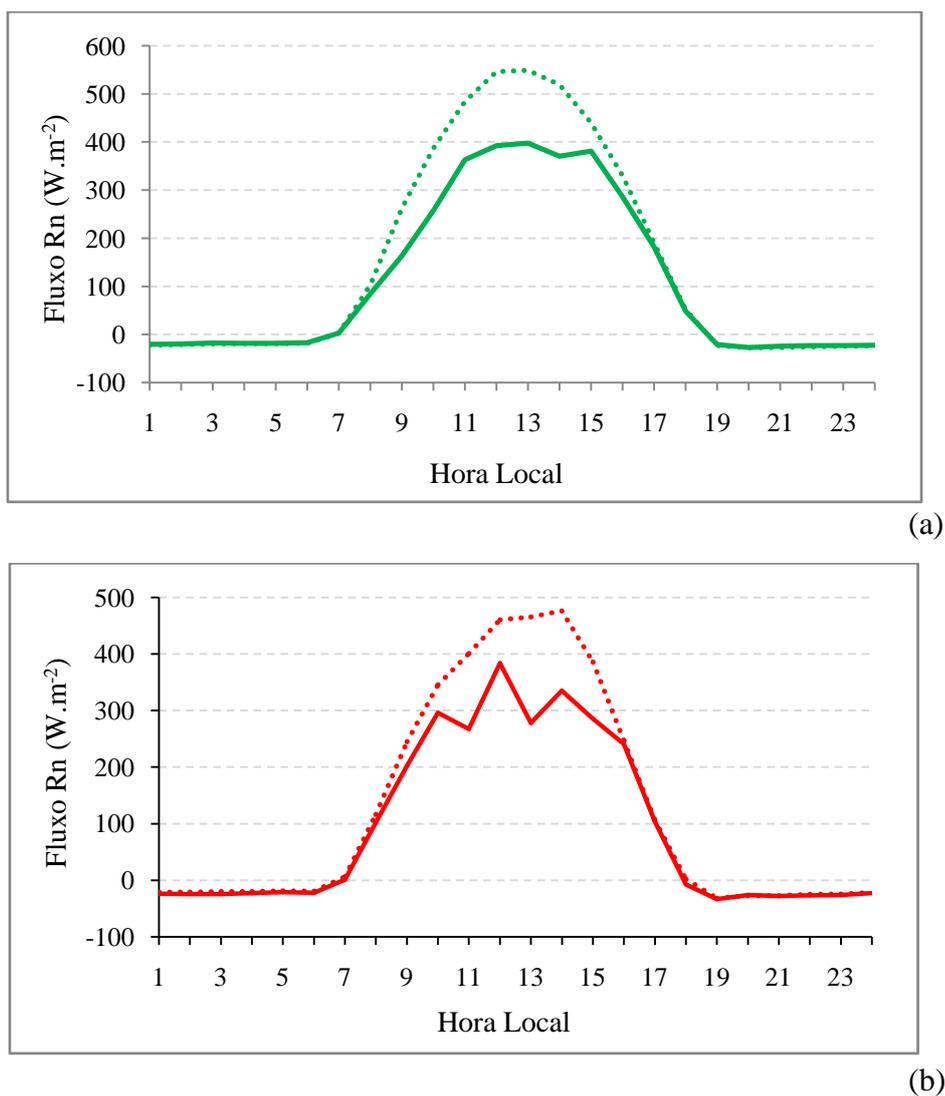


Figura 4.4- Ciclos médios diários do saldo de radiação em área de Floresta (a) e Pastagem (b). As linhas pontilhadas representam o período completo e as linhas contínuas representam a média dos treze dias estudados.

## 4.2 Comportamento das variáveis de superfície

São discutidos a seguir a evolução das principais variáveis que definem o microclima local em cada um dos sítios estudados: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e saldo de radiação. Visando verificar se os dias estudados são representativos do período chuvoso, uma comparação entre estes dias e o conjunto completo de dados foi realizada (ver item 4.1).

### 4.2.1 Temperatura do ar

A evolução temporal da temperatura do ar na floresta e na pastagem para o período estudado está representada na Figura 4.5. Verifica-se na floresta, que o período pode ser dividido em dois. O primeiro vai do DJ 36 (05/fev) ao dia DJ 80 (21/mar) e o segundo a partir do DJ 81 (22/mar), quando se verifica uma tendência clara de aumento da temperatura nos últimos dias estudados, com exceção do DJ 83 (24/mar), e mais especificamente nos DJs 80, 81, 85 e 89. Essa tendência de aumento nos últimos dias estudados é representativa do fim da estação chuvosa. Todos os valores máximos de temperatura aconteceram entre 13 e 17 HL, sendo o horário das 17 HL o que mostra o maior número de ocorrências (7 dias).

A temperatura do ar em área de pastagem variou entre 21,25 °C às 00 HL do DJ 67 e 30,21 °C às 16 HL do DJ 89. Diferentemente da área de floresta, a pastagem não apresentou tendência muito forte de aumento, o que pode ser justificado pela suscetibilidade da pastagem à variação de nebulosidade.

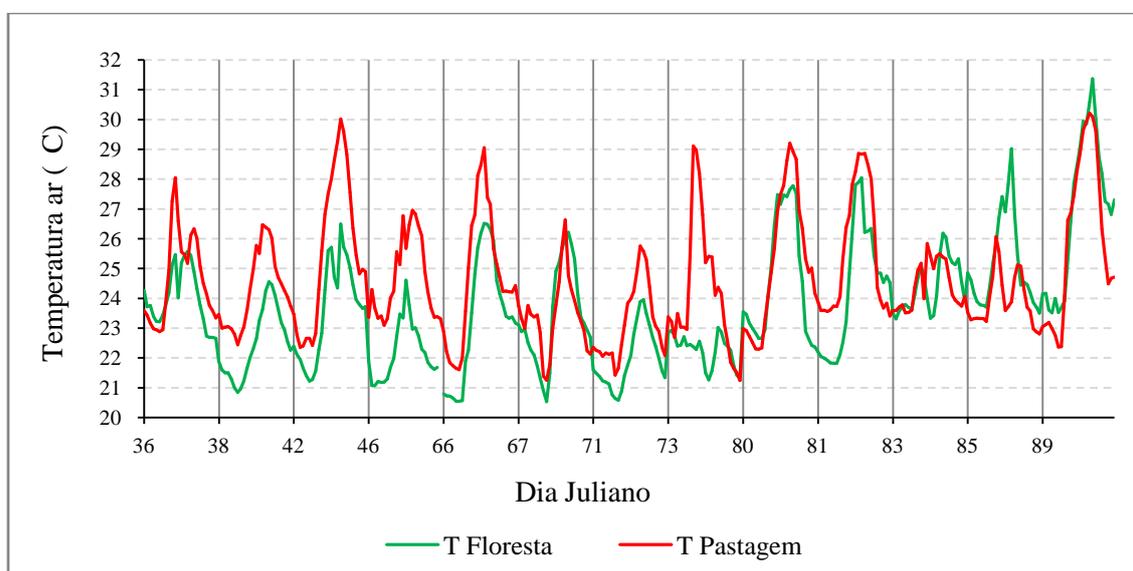


Figura 4.5- Temperatura do ar em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical.

A Tabela 4.1 mostra os dados estatísticos correspondentes a cada um dos dias estudados para a área de floresta. A maior temperatura verificada no período ocorreu no DJ 89 (30/mar), dia em que chega aos 31,37°C, com uma amplitude térmica de 7,85°C, a

maior na área de floresta para o período em questão. No mesmo dia ocorreu também o maior coeficiente de variação (CV), que foi de 10% da média. A menor temperatura observada ocorreu no DJ 67, dia 08 de março, e foi de 20,54°C. A amplitude térmica mínima observada (1,76 °C) ocorreu no DJ 73 (24/mar), dia em que também ocorreu o menor CV (2% da média). Rocha (2003) trabalhou com dados da estação chuvosa de 1999 e encontrou temperatura máxima em área de floresta em torno de 32°C, no DJ 43, horário das 15:30 HL e mínima de 21,4°C no DJ 36 às 06 HL.

A maior temperatura média ocorreu no DJ 89 (30/03) e foi de 26,88°C e a menor foi de 21,95°C, no DJ 71 (12/03), A média geral para a área de floresta foi de 23,73°C, com desvio padrão médio de 1,41°C, valores compatíveis com os verificados durante a estação chuvosa de 1999 em área de floresta: média de 25,18°C, com desvio padrão de 2,42°C (Leite, 2002).

Tabela 4.1- Valores médios diários da temperatura do ar (°C) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	24,0	0,98	0,04	25,6	22,7	2,9
38	07/fev	22,5	1,18	0,05	24,6	20,9	3,7
42	11/fev	23,6	1,65	0,07	26,5	21,2	5,3
46	15/fev	22,2	0,97	0,04	24,6	21,1	3,5
66	07/mar	23,3	2,16	0,09	26,5	20,5	6
67	08/mar	23,4	1,69	0,07	26,2	20,5	5,68
71	12/mar	21,9	1,03	0,05	24	20,6	3,4
73	14/mar	22,3	0,53	0,02	23	21,3	1,8
80	21/mar	24,7	2,09	0,08	27,8	22,4	5,4
81	22/mar	24,3	2,14	0,09	28	21,8	6,2
83	24/mar	24,4	0,89	0,04	26,2	23,3	2,9
85	26/mar	25,1	1,53	0,06	29	23,5	5,5
89	30/mar	26,9	2,59	0,10	31,4	23,5	7,8

Na área de pastagem, o DJ 73 foi o que apresentou maior amplitude térmica (7,87°C) (Tabela 4.2). Nesse dia as imagens de satélite (ver Figura B.8 em anexo) mostram, além de muita nebulosidade, a presença de vários sistemas convectivos desde o início da

manhã, o que dificultou a chegada da radiação à superfície, resultando em maior perda radiativa.

A menor amplitude térmica na área de pastagem foi observada no DJ 83 (2,32 °C), onde apesar da forte nebulosidade, a precipitação acumulada ocorrida foi de apenas 1 mm. Em seis dos treze dias estudados a temperatura máxima acontece às 16 HL e em nenhum dos dias ocorre temperatura máxima após esse horário. O maior desvio diário encontrado correspondeu a mais de 10% da temperatura média, e foi no dia em que ocorreu a maior amplitude térmica (DJ 89).

As temperaturas médias diárias para o período oscilaram entre 23,16±1,29 °C no (DJ 71) e 26,05±2,78 °C no (DJ 89), e a média geral foi de 24,61±0,84°C. Na estação chuvosa de 1999 (LEITE,2002; ROCHA, 2003), T variou entre 31,45 °C (DJ 45) e 21,03 °C (DJ 51) e a média geral foi de 24,79±2,44 °C na área de pastagem.

Tabela 4.2- Valores médios diários da temperatura do ar (°C) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	24,7	1,51	0,06	28,0	22,9	5,2
38	07/fev	24,3	1,30	0,05	26,5	22,45	4,0
42	11/fev	25,6	2,60	0,10	30	22,4	7,7
46	15/fev	24,6	1,35	0,05	27	23,1	3,9
66	07/mar	24,7	2,30	0,09	29	21,6	7,4
67	08/mar	23,4	1,24	0,05	26,6	21,2	5,4
71	12/mar	23,2	1,29	0,06	25,7	21,4	4,3
73	14/mar	24,2	2,24	0,09	29,1	21,2	7,9
80	21/mar	25,3	2,36	0,09	29,2	22,3	6,9
81	22/mar	25,5	2,14	0,08	28,9	23,4	5,5
83	24/mar	24,4	0,78	0,03	25,8	23,5	2,3
85	26/mar	23,9	0,88	0,04	26,1	22,8	3,3
89	30/mar	26	2,78	0,11	30,2	22,4	7,8

A temperatura em área de pastagem geralmente foi maior do que em área de floresta. Das 312 medições feitas concomitantemente nos dois sítios, 219 foram maiores em área de pastagem, o que representa mais de 70% do total.

Os ciclos diários médios, no período estudado, nas áreas de floresta e de pastagem são semelhantes (Figura 4.6). A temperatura média na pastagem é sempre maior do que na floresta. Isto mostra um dos efeitos negativos do desmatamento que já foi verificado por diversos autores (AGUIAR ET AL, 2006b; BASTABLE ET AL, 1993; GALVÃO E FISCH, 1998; SILVA E LYRA, 1998). Pode-se notar que a temperatura, em ambos os sítios começa a subir no mesmo horário: 7 HL. No entanto o ritmo de crescimento é diferente entre as localidades, sendo que a área de floresta apresenta sua temperatura máxima uma hora depois da pastagem, e quanto maior as temperaturas, maior a diferença entre os sítios. A diferença média entre os sítios é de  $0,87^{\circ}\text{C}$ , a diferença máxima ( $1,93^{\circ}\text{C}$ ) ocorre às 10 HL e a diferença mínima ( $0,22^{\circ}\text{C}$ ) ocorre às 22 HL.

A temperatura média em área de floresta variou entre  $22,15^{\circ}\text{C}$  às 07 HL e  $25,72^{\circ}\text{C}$  às 16 HL. O desvio padrão ficou em torno de 5% da média, aumentando pela manhã até por volta das 14 HL e diminuindo em seguida até o final da noite. Na estação chuvosa de 1999, Rocha (2003) encontrou valor máximo de  $28,4^{\circ}\text{C}$  às 15:30 HL. Para a transição da estação seca para chuvosa de 2002, Leite, 2004 encontrou valores médios entre  $25,72^{\circ}\text{C}$  as 05 HL e  $33,17^{\circ}\text{C}$  às 14 HL, valores bem mais altos que os da estação chuvosa de 2002.

O ciclo médio diário da temperatura em área de pastagem apresentou um aumento a partir das 07 HL, horário de menor temperatura ( $22,85^{\circ}\text{C}$ ) até as 12 HL. Das 12 às 13 HL nota-se um pequeno decréscimo e a partir da 13 HL a temperatura torna a subir até atingir o valor máximo às 16 HL ( $27,04^{\circ}\text{C}$ ). Para estação chuvosa de 1999, Rocha (2003) encontrou o pico máximo de  $28,9^{\circ}\text{C}$  às 14 HL e Para a estação de transição de 2002 (LEITE, 2004) foram encontrados valores entre  $22,24^{\circ}\text{C}$  às 05 HL e  $32,70^{\circ}\text{C}$  às 11 HL. O desvio padrão máximo de  $2,05^{\circ}\text{C}$  ocorre em dois horários, às 10 HL e às 14 HL, momentos em que o desvio padrão é aproximadamente 8% da média.

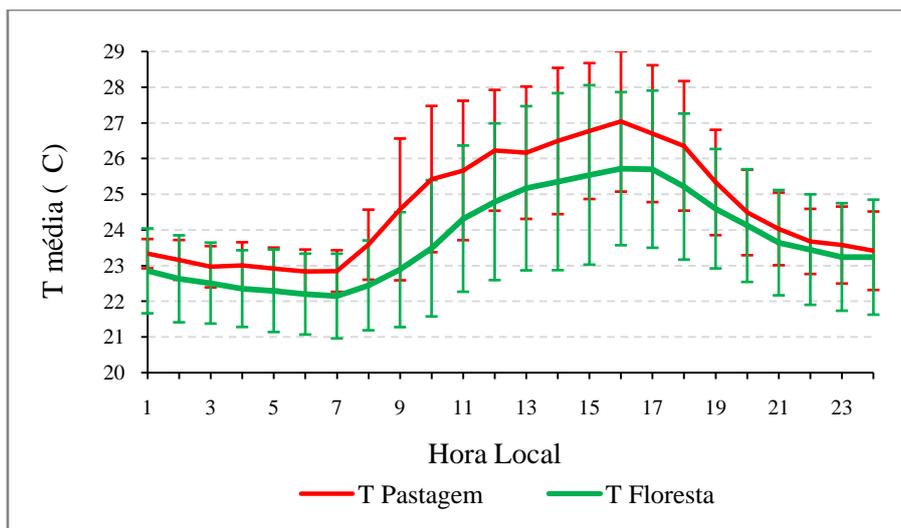


Figura 4.6- Ciclo médio diário da temperatura do ar em floresta (verde) e pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio.

#### 4.2.2 Umidade relativa do ar (UR)

A evolução temporal da umidade relativa do ar em áreas de floresta e pastagem é mostrada na Figura 4.7. Na área de floresta, a UR apresenta seu menor valor no DJ 89 (30/mar), correspondente a 71,4%. Verifica-se que existem muitos períodos onde o valor da umidade relativa é igual ou próximo a 100%. Isto não representa necessariamente uma atmosfera saturada ou a ocorrência de precipitação. É comum a UR atingir 100% em áreas de floresta sem que se verifique condensação.

No comportamento da UR em área de pastagem durante o período em estudo verificam-se variações bastante significativas, principalmente no DJ 42, onde UR apresenta seu menor valor. Todas as ocorrências de UR mínima se deram em horários entre 09 e 17 HL, no entanto o horário mais usual é o das 16 HL (seis ocorrências), isso ocorre porque nesse período as temperaturas são mais altas.

A UR em sítio de pastagem variou entre 55,28% às 16 HL do DJ 42 e 94,23% às 07 HL do DJ 89. A média geral foi de 83,95% e o desvio padrão médio foi de 3,46%. Para o ano de 1999, Leite (2002) encontrou os valores mais baixos próximo do meio dia local, sendo que o mínimo observado foi de 54,73%.

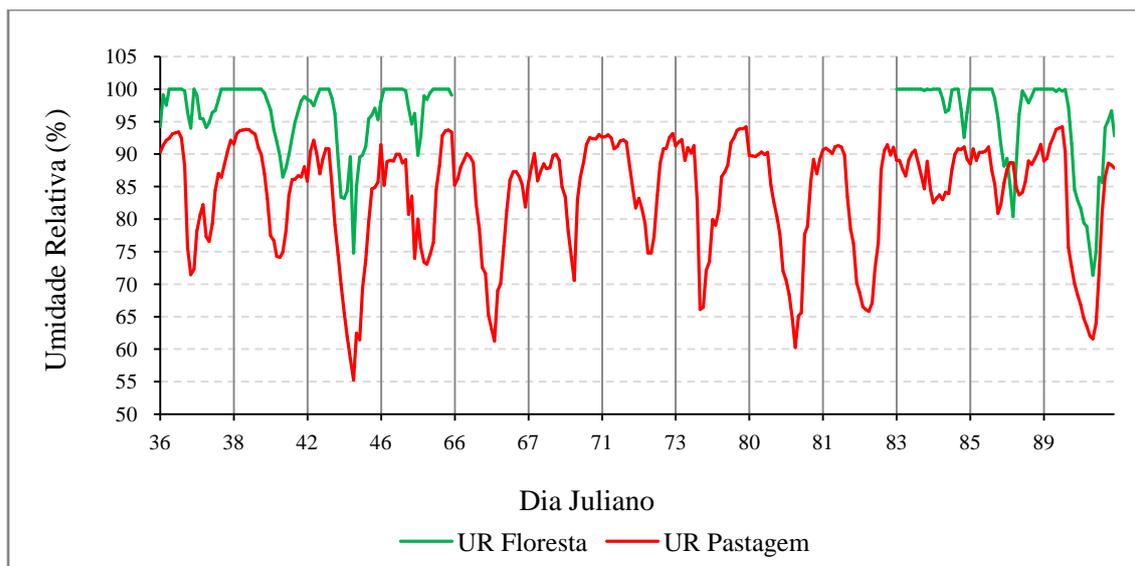


Figura 4.7- Umidade relativa do ar em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical.

A Tabela 4.3, onde estão dispostos todos os valores médios diários de umidade relativa do ar e demais dados estatísticos para área de floresta, mostra médias diárias entre 90,34%, no DJ 89 e 99,06%, no DJ 83. A estatística pode ter ficado um pouco comprometida devido à falta de dados, pois dos treze dias observados, apenas sete continham dados de umidade relativa.

A média geral de UR é 95,94%, com desvio padrão médio de 3,19%, aproximadamente 3% da média. Em 1999, Leite (2002) e Rocha (2003) encontraram média geral de UR de  $87,29 \pm 12,06\%$ , com mínimo de 78,91% no DJ 43 e máximo de 100% na madrugada de quase todos os dias.

Tabela 4.3- Valores médios diários da umidade relativa do ar (%) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	98	2,29	0,02	100	94	6
38	07/fev	96,5	4,42	0,05	100	86,5	13,5
42	11/fev	93	6,89	0,07	100	74,8	25,2
46	15/fev	98,5	2,65	0,03	100	89,8	10,1
66	07/mar	-	-	-	-	-	-
67	08/mar	-	-	-	-	-	-
71	12/mar	-	-	-	-	-	-
73	14/mar	-	-	-	-	-	-
80	21/mar	-	-	-	-	-	-
81	22/mar	-	-	-	-	-	-
83	24/mar	99,1	1,87	0,02	100	92,6	7,4
85	26/mar	96,2	5,75	0,06	100	80,4	19,6
89	30/mar	90,3	9,66	0,11	100	71,4	28,6

O maior valor médio de UR na pastagem (Tabela 4.4) ocorreu no DJ 85 e foi de  $87,67 \pm 2,94$  % e o menor, de  $77,86 \pm 11,97$  %, ocorreu no DJ 42, dia que apresentou a maior amplitude (36,85%). A menor amplitude de UR ocorreu no DJ 83 e foi de 8,6 %, dia que também apresentou a menor amplitude de temperatura.

Tabela 4.4- Valores médios diários da umidade relativa do ar (%) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	85,4	7,25	0,08	93,4	71,5	21,9
38	07/fev	86,3	6,92	0,08	93,8	74,1	19,7
42	11/fev	77,9	11,97	0,15	92,1	55,3	36,8
46	15/fev	85	7,14	0,08	93,7	73,1	20,6
66	07/mar	80,1	9,14	0,11	90,1	61,3	28,8
67	08/mar	86,7	5,63	0,06	93,0	70,6	22,4
71	12/mar	87,3	6,17	0,07	93,2	74,8	18,4
73	14/mar	85,8	8,74	0,10	94,2	66,1	28,1
80	21/mar	80,4	10,05	0,12	90,3	60,3	30,1
81	22/mar	82	10,24	0,12	91,5	65,8	25,7
83	24/mar	87,3	2,87	0,03	91,1	82,5	8,6
85	26/mar	87,7	2,94	0,03	91,5	80,9	10,6
89	30/mar	79,5	12,10	0,15	94,2	61,6	32,6

Das 168 medições feitas em ambos os sítios, em apenas duas ocasiões UR esteve maior na pastagem, ou seja, em quase 99% dos casos a variável esteve maior na floresta. Nas médias horárias a diferença entre os sítios fica ainda mais evidente, apresentando valores ainda maiores quando os valores de umidade são menores. Em virtude da deficiência de dados em sítio de floresta, onde só havia dados para sete dos treze dias estudados, as médias horárias em sítio de pastagem foram calculadas usando apenas os mesmos sete dias disponíveis para a área de floresta.

Os ciclos médios de umidade relativa (Figura 4.8) indicam que a vegetação exerce controle sobre a radiação, temperatura e, por conseguinte, sobre a umidade. Por esse mesmo motivo, na floresta a umidade relativa começa a diminuir a partir das 08 HL, enquanto na pastagem esse decréscimo começa às 07 HL. De 06 até 16 HL a umidade diminui e a diferença entre os dois sítios aumenta. A partir das 16 HL ocorre o inverso, a UR aumenta e a diferença entre os sítios diminui. As diferenças entre os sítios variam entre 7,47% às 00 HL e 16,98% às 15 HL, em média 11,98%.

Nota-se que nas primeiras horas da manhã em área de floresta, a umidade está mais próxima de 100%, isso ocorre porque este é o horário de menor temperatura, portanto de menor pressão de vapor de saturação, precisando de menos vapor d'água no ar para que ocorra saturação. A partir das 9 HL a umidade começa a cair, chegando aos 88,47% às 16 HL, horário em que a temperatura média é máxima. Em 1999, na estação chuvosa, Rocha encontrou umidade mínima em torno de 72%, também às 16 HL. Em 2002, na estação de transição seca para chuvosa, a UR máxima foi de 98,13% às 06 HL e o mínimo (60,94%) ocorreu às 15 HL (LEITE, 2004).

As médias horárias da umidade relativa na pastagem variaram entre 72,82 % às 16 HL e 91,94 às 07 HL. No ano de 1999, Rocha (2003) também encontrou o mínimo de UR às 16 HL, em torno de 73%. Para a estação de transição de 2002, Leite (2004) encontrou valor mínimo de 55,08% às 12 HL.

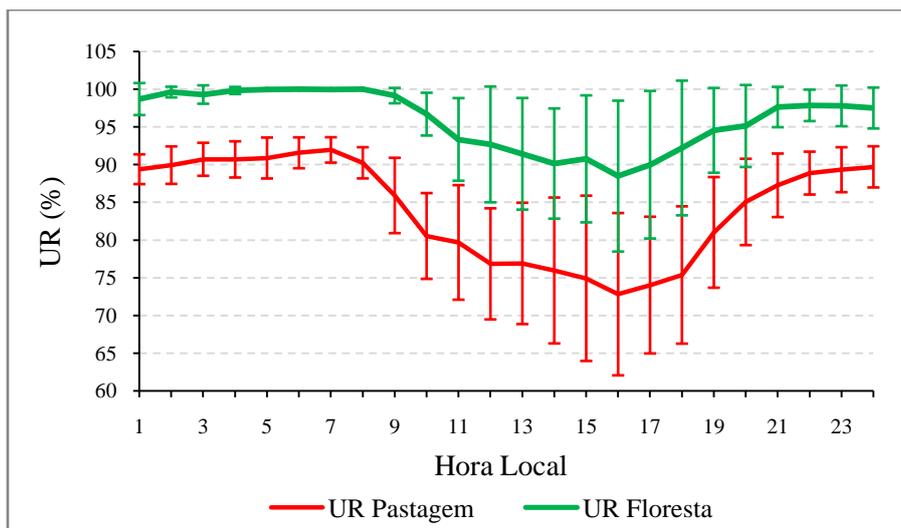


Figura 4.8- Ciclo médio diário da umidade relativa do ar na floresta (verde) e pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio.

### 4.2.3 Velocidade do Vento

A evolução da velocidade do vento durante o período estudado está representada na Figura 4.9, onde se pode notar certo padrão em sua variação. Na maioria das vezes diminui durante a noite e aumenta durante o dia. Dentro da floresta a velocidade do vento é geralmente baixa, porque a mata, densa, atua como barreira, impedindo o livre escoamento do ar. No entanto, em raros dias foram registradas velocidades relativamente altas, como  $4,87 \text{ m.s}^{-1}$ , a maior do período, às 01 HL do DJ 46 (15/02).

A velocidade máxima do vento em área de pastagem foi  $11,03 \text{ m.s}^{-1}$  no DJ 46 às 13 HL. Nesse dia também ocorreu a maior variação na velocidade do vento, que oscilou entre  $0,69 \text{ m.s}^{-1}$  às 18 HL e  $11,03 \text{ m.s}^{-1}$  às 13 HL. A menor variação ocorreu no DJ81, entre  $0 \text{ m.s}^{-1}$  e  $4,09 \text{ m.s}^{-1}$  às 17 HL. Vale salientar que Leite (2002) encontrou o valor máximo de  $12,68 \text{ m.s}^{-1}$  para o período chuvoso de 1999.

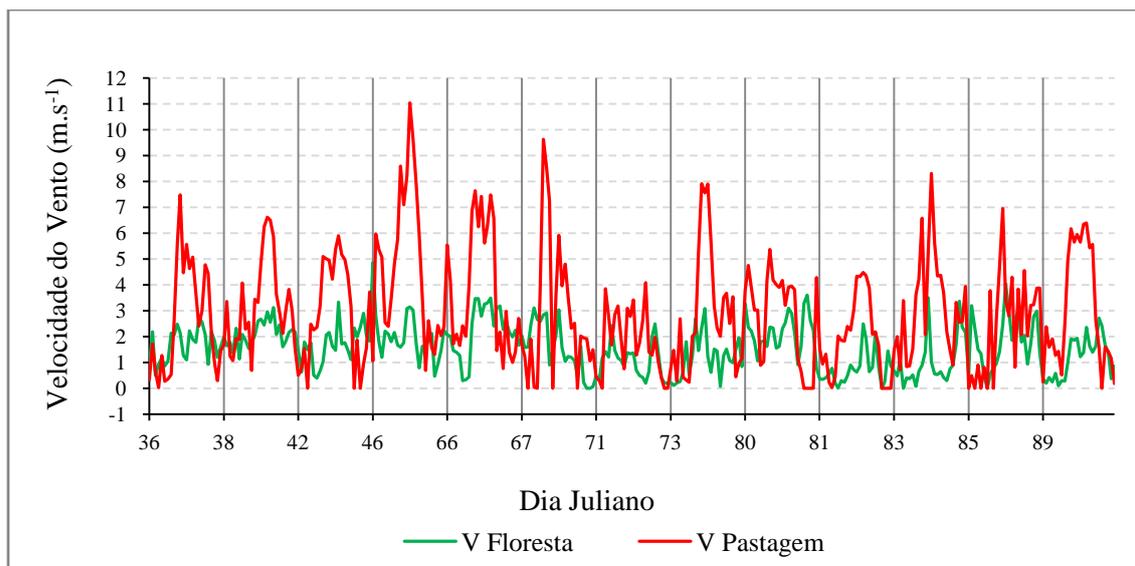


Figura 4.9- Velocidade do vento em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical.

Na Tabela 4.5 é apresentado um resumo dos dados estatísticos correspondentes a cada um dos dias estudados. A maior velocidade média do vento em área de floresta ocorreu no DJ 66 (07/mar) e correspondeu a  $2,22 \text{ m.s}^{-1}$  e a menor foi de  $0,76 \text{ m.s}^{-1}$ , ocorrida no DJ 81. Nota-se que a velocidade do vento é uma variável bastante instável, porque, apesar de depender de algum regime de brisa existente na região, depende ainda mais de eventos maiores e mais fortes, de escala sinótica. A média geral da velocidade do vento foi de  $1,57 \text{ m.s}^{-1}$  e o desvio padrão médio foi aproximadamente  $0,49 \text{ m.s}^{-1}$ .

Segundo Leite, 2002, em 1999 também foram observados ventos de fracos a moderados, alcançando máximos em torno de  $6 \text{ m.s}^{-1}$ . A média geral para a estação chuvosa de 1999 foi de  $1,54 \text{ m.s}^{-1}$ , valor bem próximo ao encontrado em 2002, com desvio padrão de  $0,88 \text{ m.s}^{-1}$ . Na estação de transição de 2002, Leite, 2004 encontrou média geral na floresta de  $1,66 \text{ m.s}^{-1} (\pm 0,56)$ .

Tabela 4.5- Valores médios diários da velocidade do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMPLITUDE
36	05/fev	1,7	0,64	0,39	2,7	0,5	2,2
38	07/fev	2,1	0,49	0,23	3,1	1,1	2
42	11/fev	1,7	0,72	0,43	3,3	0,4	2,9
46	15/fev	2	0,92	0,46	4,9	0,5	4,4
66	07/mar	2,2	0,99	0,44	3,5	0,3	3,2
67	08/mar	1,6	1,00	0,63	3,1	0	3,1
71	12/mar	1,0	0,66	0,64	2,5	0,2	2,3
73	14/mar	1,2	0,81	0,68	3,1	0,1	3,0
80	21/mar	2,2	0,74	0,34	3,6	0,8	2,8
81	22/mar	0,8	0,65	0,86	2,5	0	2,5
83	24/mar	1,0	0,95	0,92	3,5	0	3,5
85	26/mar	1,8	1,04	0,57	4,0	0	4,0
89	30/mar	1,2	0,80	0,68	2,7	0,1	2,6

A velocidade média diária do vento na pastagem (Tabela 4.6) variou entre  $1,79 \pm 1,28 \text{ m.s}^{-1}$  no DJ 71 e  $4,63 \pm 2,93 \text{ m.s}^{-1}$  no DJ 46, com média de  $2,92 \text{ m.s}^{-1}$ . O desvio padrão entre as médias diárias foi de  $0,74 \text{ m.s}^{-1}$ , aproximadamente 25% da média. Dos treze dias estudados, 11 apresentaram as velocidades máximas do vento no período que se concentra entre 9 HL e 15 HL. Apenas três das velocidades mínimas se encontraram neste mesmo período.

Tabela 4.6- Valores médios diários da velocidade do vento ( $\text{m.s}^{-1}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	2,6	2,15	0,81	7,5	0	7,4
38	07/fev	3,2	1,73	0,53	6,6	0,7	5,9
42	11/fev	2,9	1,95	0,68	5,9	0	5,9
46	15/fev	4,6	2,93	0,63	11,0	0,7	10,3
66	07/mar	3,8	2,40	0,63	7,6	0,8	6,9
67	08/mar	2,9	2,69	0,93	9,6	0	9,6
71	12/mar	1,8	1,28	0,71	4,1	0	4,1
73	14/mar	2,8	2,42	0,85	7,9	0,2	7,7
80	21/mar	2,8	1,77	0,63	5,4	0	5,4
81	22/mar	1,9	1,54	0,82	4,5	0	4,5
83	24/mar	3,2	1,95	0,62	8,3	0,7	7,6
85	26/mar	2,4	1,92	0,79	6,9	0	6,9
89	30/mar	3,0	2,30	0,76	6,4	0	6,4

A velocidade do vento é maior na pastagem em 223 das 311 medições feitas nos dois sítios, num total de aproximadamente 72%. Esse fato também se reflete na velocidade média para cada horário.

A velocidade média do vento em área de floresta (Figura 4.10) é muito baixa durante todo o dia devido à densidade da vegetação, cuja rugosidade dificulta o escoamento do ar. No entanto, na pastagem, a velocidade do vento quase alcança os  $6 \text{ m.s}^{-1}$  às 13 HL horário em que a diferença média entre os sítios é de  $3,76 \text{ m.s}^{-1}$ . A velocidade média na floresta foi de  $1,56 \pm 0,89 \text{ m.s}^{-1}$  e na pastagem de  $2,92 \pm 1,62 \text{ m.s}^{-1}$ .

Na área de floresta o ciclo é marcado por três picos diários, sendo o maior deles ( $2,16 \text{ m.s}^{-1}$ ) às 12 HL. Como se pode ver, a velocidade média do vento dentro da floresta não apresenta grandes variações durante o dia, que apenas podem ser observadas em poucas ocasiões, não interferindo ou interferindo de maneira não significativa, na média. Na estação de transição de 2002 (LEITE, 2004), o máximo na floresta foi de  $2,49 \text{ m.s}^{-1}$  às 14 HL.

Em área de pastagem, o horário em que a velocidade média do vento se apresentou maior foi às 13 HL, com velocidade de  $5,81 \text{ m.s}^{-1}$ , e desvio padrão de  $2,14 \text{ m.s}^{-1}$ , 37% da média. A menor média horária da velocidade foi de  $1,20 \text{ m.s}^{-1}$ , às 06 HL, com desvio

padrão de  $0,85 \text{ m.s}^{-1}$  (71% da média). No período de transição para a estação chuvosa de 1999 (LEITE, 2004), os valores encontrados ficaram entre  $0,33 \text{ m.s}^{-1}$  às 05 HL e  $2,47 \text{ m.s}^{-1}$  às 13 HL.

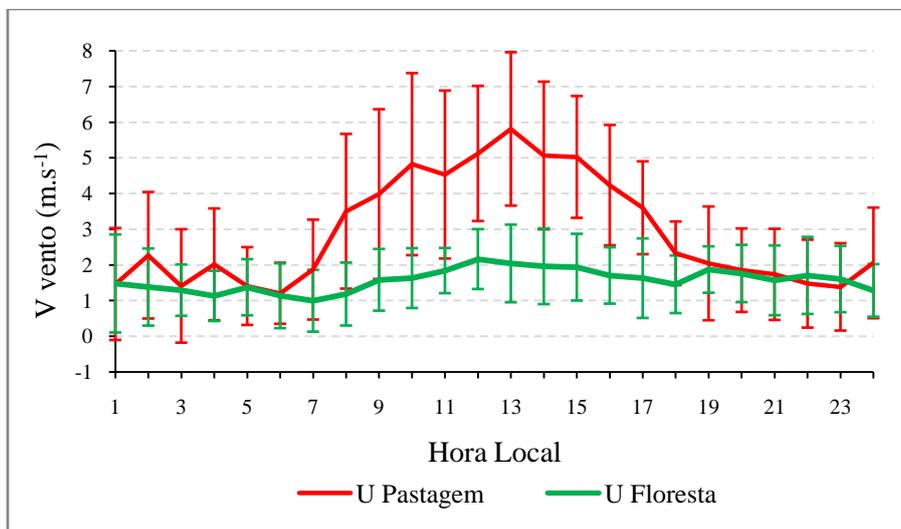


Figura 4.10- Ciclo médio diário da velocidade do vento na floresta (verde) e na pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio.

#### 4.2.4 Saldo de Radiação (Rn)

A Figura 4.11 representa a evolução do saldo de radiação durante o período estudado. Nela fica evidente a existência de muita nebulosidade. No que diz respeito a área de floresta, no DJ 36 puderam-se observar duas grandes variações, sendo a mais importante delas entre 10 e 11 HL, quando havia forte nebulosidade, que precedeu alguma precipitação. Outra oscilação importante ocorreu entre 13 e 14 HL, também explicada pela forte nebulosidade presente nesse dia. Os DJs 42, 66, 73 e 89 apresentaram queda do Rn após as 11 HL.

No DJ 42 a média horária da velocidade do vento mais elevada (maior que  $2 \text{ m.s}^{-1}$ ), houve grande quantidade de nuvens convectivas (que podem ser observadas nas imagens de satélite do canal IR, na Figura B.3 em anexo). No entanto houve pouca precipitação (3,2 mm), ocorrida depois das 13 HL. Já no DJ 66 ocorreram, também depois das 13 HL, ventos de  $3,2 \text{ m.s}^{-1}$  e precipitação de 0,2 mm, que não foi significativa. No DJ 73, além de importante nebulosidade, foram observados precipitação de 4,6 mm, que ocorreu a partir das 12 HL e a velocidade do vento máxima

do dia, também às 12 HL. No DJ 89 a perda radiativa ocorre entre 11 e 13 HL, horário em que diminuem também a UR e a Pressão atmosférica. Nos DJs 67 e 80 a queda de Rn ocorreu após as 12 HL. Vale salientar que o vento estava aumentando nas duas ocasiões. Nos DJs 46 e 81, Rn decresceu depois das 13 HL.

No DJ 46 foi verificado o maior valor de Rn entre os dias estudados, que correspondeu a  $871,28 \text{ W.m}^{-2}$  às 13 HL, sendo registrado, após este horário uma queda abrupta que pode ser explicada pela presença de forte nebulosidade, seguida de precipitação de 7,2 mm entre 13 e 19 HL.

O menor valor observado foi de  $-46,33 \text{ W.m}^{-2}$ , às 20 HL do DJ 71, dia que apresentou o segundo menor valor de Rn máximo durante o período, que foi de  $277,51 \text{ W.m}^{-2}$ . Nesse dia havia muita nebulosidade devido a uma região de difluência em altos níveis, causada pela interação da Alta da Bolívia com um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis, cujo centro estava situado na divisa entre os estados de Minas Gerais e Goiás (ver figura C.7, em anexo).

O maior valor médio de Rn entre 06 e 18 HL ocorreu no DJ 66 e foi de  $403,91 \text{ W.m}^{-2}$ , com desvio padrão em torno de 72% da média. O menor valor ocorreu no DJ 73 ( $89,56 \text{ W.m}^{-2}$ ), apresentou desvio padrão de  $72,26 \text{ W.m}^{-2}$ , valor em torno de 80% da média.

A média geral de Rn foi de  $111,64 \text{ W.m}^{-2}$ , sendo o desvio padrão de  $48,46 \text{ W.m}^{-2}$ , e a média entre o nascer e o pôr do Sol foi de  $224,19 \pm 90 \text{ W.m}^{-2}$ , valores médios bem menores que os encontrados por Leite (2002) para o ano de 1999: média de  $344,66 \text{ W.m}^{-2}$  e desvio padrão de  $228,83 \text{ W.m}^{-2}$ , que conflitam com os encontrados por Rocha (2003), que obteve média de  $298 \text{ W.m}^{-2}$  entre o nascer e o pôr do Sol para a estação chuvosa de 1999. Na transição da estação seca para chuvosa de 2002, Leite (2004) encontrou média geral de  $181 \pm 234,23 \text{ W.m}^{-2}$ .

O saldo de Radiação em área de pastagem variou entre  $-59,9 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 71 e  $756,04 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 66, apresentando média total de  $91,23 \text{ W.m}^{-2}$  e desvio padrão de  $37,42 \text{ W.m}^{-2}$ , aproximadamente 41% da média. Vale salientar que a maior precipitação acumulada para o período em área de pastagem (13,2mm) ocorreu no DJ 71. A média do período estudado ( $91,23 \text{ W.m}^{-2}$ ) ficou um pouco abaixo, mas é da mesma ordem de

grandeza daquela encontrada por Von Randow (2007) para a estação chuvosa ( $128,6 \text{ W.m}^{-2}$ ). A maior variação diária de Rn ( $690,35 \text{ W.m}^{-2}$ ) ocorreu no DJ 89 e a menor ( $314,96 \text{ W.m}^{-2}$ ) no DJ 85.

O Rn médio entre 06 e 18 HL, apresentou seu maior valor no DJ 42 ( $297,4 \text{ W.m}^{-2}$ ) e o menor ocorreu no DJ 85 ( $96,45 \text{ W.m}^{-2}$ ), com média de  $189,84 \text{ W.m}^{-2}$  e desvio padrão de aproximadamente 36 % da média ( $69,34 \text{ W.m}^{-2}$ ). De acordo com Rocha (2003), a média para o período chuvoso em 1999 foi de  $281 \text{ W.m}^{-2}$ .

O Rn máximo ocorre, em todos os dias estudados, entre 10 e 16 HL, sendo o horário das 12 HL o de maior ocorrência (em quatro dos treze dias estudados). Para o período chuvoso de 1990 (BASTABLE et al, 1993), o maior valor de Rn encontrado em área de pastagem foi de  $520 \text{ W.m}^{-2}$ .

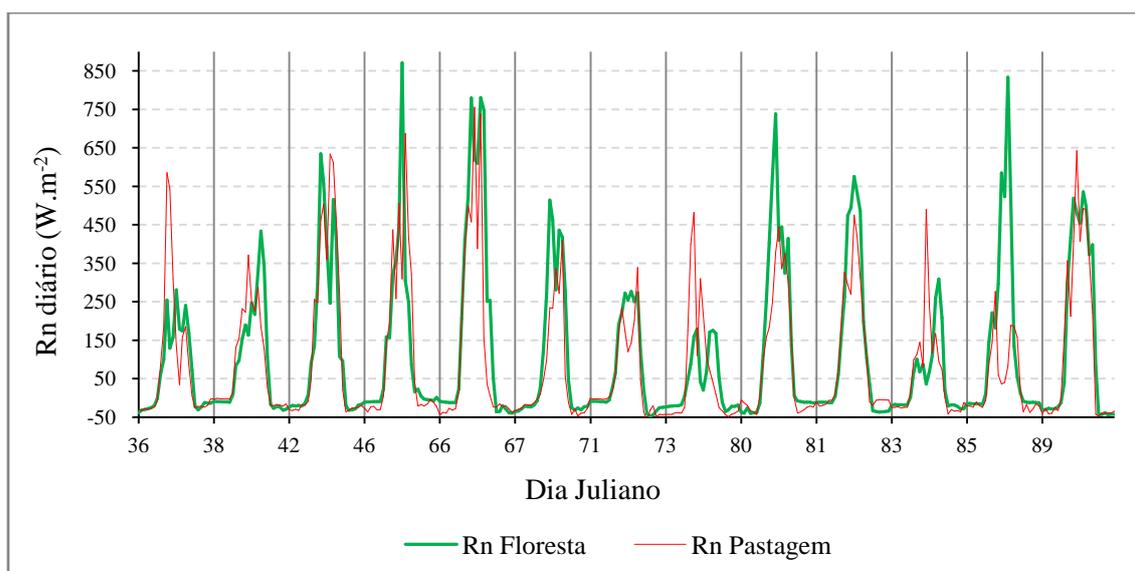


Figura 4.11- Saldo de radiação em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical.

O saldo de radiação se mostrou maior em área de floresta em aproximadamente 60% das comparações, isso ocorre porque a perda radiativa em área de pastagem é muito maior. No entanto, em cinco dos treze dias estudados o Rn máximo foi maior em área de pastagem, pois a qualquer aumento de  $R_g$ , a pastagem reage mais rapidamente por causa da vegetação mais rasa.

A evolução média diária do saldo de radiação em áreas de floresta e pastagem (Figura 4.12) mostra que os ciclos são semelhantes, porém oscilam menos floresta. Isto denuncia a maior influência de nebulosidade na área de pastagem. Valores mais baixos de  $R_n$  ocorrem na pastagem porque os valores de albedo são maiores neste tipo de vegetação, o que diminui a energia disponível. O valor máximo na floresta ocorreu às 13 HL, ocorrendo uma hora mais cedo na pastagem. O mínimo ocorre primeiro na pastagem, às 19 HL (na floresta ocorre às 18 HL). O  $R_n$  médio foi maior na floresta ( $111,64 \pm 74,43 \text{ W.m}^{-2}$ ) do que na pastagem ( $91,23 \pm 67,9 \text{ W.m}^{-2}$ ), o que representa uma diferença média entre os sítios de  $20,41 \text{ W.m}^{-2}$ .

Na área de pastagem,  $R_n$  apresenta um aumento mais rápido no início da manhã. Isso acontece porque é nela que o aquecimento é mais rápido pela manhã, devido ao aumento gradativo da incidência solar durante esse horário. Para a estação chuvosa de 1990 (BASTABLE ET AL, 1993), também foram observados fluxos maiores de saldo de radiação em área de floresta do que na pastagem.

Na floresta o maior valor de  $R_n$  foi de  $397,84 \text{ W.m}^{-2}$  (às 13 HL). Galvão e Fisch, (1998, 2000) encontraram valor médio máximo de  $470 \text{ W.m}^{-2}$  (às 12 HL) para o fim da estação chuvosa de 1993. No período de transição da estação seca para chuvosa de 1990, Bastable et al (1993) encontraram valor máximo em torno de  $600 \text{ W.m}^{-2}$ , também às 12 HL. O ciclo médio diário apresenta um decréscimo entre 12 e 14 HL, tornando a aumentar das 14 às 15 HL, horário em que volta a decrescer, atingindo o mínimo às 20 HL, com o valor de  $-27,04 \text{ W.m}^{-2}$ , e  $\sigma$  em torno de 50% da média. No horário em que o  $R_n$  é máximo, o desvio padrão é de  $229,30 \text{ W.m}^{-2}$ , em torno de 58% da média. O maior desvio padrão encontrado ocorreu no às 14 HL e representou 65% da média.

O ciclo médio diário do saldo de radiação na pastagem apresenta dois decaimentos importantes, um deles das 10 às 11 HL, e o outro das 12 às 13 HL. O primeiro coincide com o horário em que ocorre precipitação em cinco dos dias estudados e o segundo com a maior velocidade média do vento.

O maior  $R_n$  médio ocorre às 12 HL ( $383,62 \text{ W.m}^{-2}$ ), bem menor do que o encontrado por Leite (2004) para a estação de transição de 2002, que foi de  $541,28 \text{ W.m}^{-2}$ . O menor  $R_n$  médio ocorreu às 19 HL,  $-33,68 \text{ W.m}^{-2}$ . O desvio médio é de  $67,9 \text{ W.m}^{-2}$ ,

correspondendo a aproximadamente 46% da média. O maior desvio ocorre no horário das 14 HL e é de  $243,09 \text{ W.m}^{-2}$ , correspondente a 72% da média. O menor desvio ( $10,62 \text{ W.m}^{-2}$ ) ocorreu às 20 HL e correspondeu a 41 % da média.

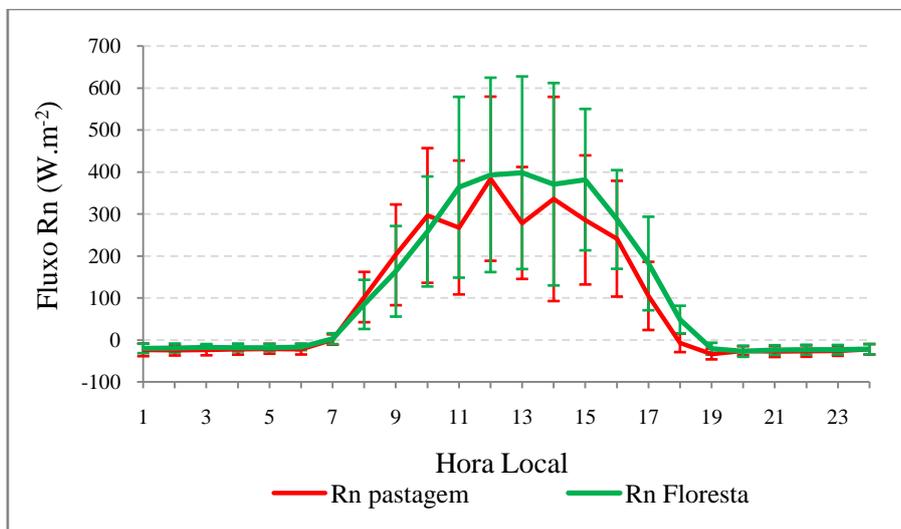


Figura 4.12- Ciclo médio diário do saldo de radiação na floresta (verde) e na pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio.

A Tabela 4.7 mostra a taxa de variação média de Rn entre o nascer e o pôr do Sol e suas estatísticas em área de floresta de 05/02/2002 a 30/03/2002. A taxa média de variação diária máxima de Rn ocorreu no DJ 38 e foi  $8,94 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  e a mínima ocorreu no DJ 80 e foi de aproximadamente  $0,46 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ . A média geral da variação é de  $4,03 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ .

Tabela 4.7- Taxas de variação médias diárias do saldo de radiação ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	6,05	90,31	14,93	154,53	-125,09	279,63
38	07/fev	8,94	97,84	10,94	111,59	-236,00	347,59
42	11/fev	8,00	185,58	23,20	338,12	-303,88	642,01
46	15/fev	1,94	232,39	119,64	429,21	-567,07	996,28
66	07/mar	4,50	212,79	47,33	258,33	-497,04	755,36
67	08/mar	3,88	143,07	36,85	243,34	-231,03	474,37
71	12/mar	1,76	72,01	40,94	126,55	-149,60	276,15
73	14/mar	4,37	70,43	16,10	102,37	-137,49	239,86
80	21/mar	0,46	176,05	379,91	173,27	-328,37	501,65
81	22/mar	3,02	126,51	41,87	212,60	-287,93	500,53
83	24/mar	1,66	86,67	52,07	148,14	-188,53	336,68
85	26/mar	1,03	207,95	201,25	310,01	-378,80	688,81
89	30/mar	6,79	141,53	20,83	257,16	-316,81	573,97

A Tabela 4.8 mostra a taxa de variação temporal de  $R_n$  de 05/02 a 30/03/2002 em área de pastagem. A taxa de variação máxima positiva foi de  $2,20 W.m^{-2}.h^{-1}$  no DJ 38, e a taxa máxima de variação negativa ocorreu no DJ 89 ( $-3,25 W.m^{-2}.h^{-1}$ ), mesmo dia em que ocorreram as temperaturas máximas diária, média, maior amplitude térmica e a maior amplitude de pressão atmosférica.

Esta variável mostra um padrão existente em grande parte dos dias: taxas de variação negativas são encontradas às 11 HL em oito dos dias estudados e às 13HL em dez dos treze dias estudados, conforme pode ser observado na Tabela D.4, em anexo. Esse decréscimo na taxa de variação horária, que ocorre justamente na faixa de horário onde o  $R_n$  apresenta os maiores valores, está relacionado com a intensa convecção que ocorre nas primeiras horas de incidência solar, ocasionando em forte nebulosidade durante esse período, o que impede que a radiação chegue à superfície. Deve-se mencionar também que o período de resposta da superfície em relação à quantidade de radiação incidente em área de pastagem é mais curto do que em área de floresta, o que ocasiona em um maior dinamismo no que diz respeito tanto à perda, quanto o ganho radiativo.

Tabela 4.8- Taxas de variação médias diárias do saldo de radiação ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	0,45	160,25	354,00	400,76	-232,63	633,38
38	07/fev	2,20	84,50	38,39	148,43	-123,26	271,69
42	11/fev	1,65	161,44	97,61	273,88	-256,52	530,40
46	15/fev	-1,62	208,57	-128,94	378,40	-281,59	659,99
66	07/mar	-1,74	255,52	-146,82	349,70	-582,58	932,28
67	08/mar	-0,91	124,73	-137,23	138,13	-353,48	491,61
71	12/mar	-2,74	107,91	-39,33	136,68	-292,94	429,61
73	14/mar	-1,90	158,31	-83,29	224,72	-372,36	597,08
80	21/mar	-0,06	92,61	-1547,01	131,39	-153,58	284,97
81	22/mar	-0,67	103,95	-154,38	205,01	-110,99	316,00
83	24/mar	0,07	151,03	2153,58	410,16	-253,98	664,13
85	26/mar	1,30	96,36	74,16	132,98	-216,72	349,70
89	30/mar	-3,25	170,17	-52,38	235,71	-263,38	499,09

A Figura 4.13 mostra a taxa de variação média do saldo de radiação em áreas de floresta e pastagem. O padrão esperado é de crescimento pela manhã até o meio dia solar e decréscimo durante a tarde. Na área de floresta uma pequena diminuição ocorre na parte da manhã (9-10 HL) certamente devido a influencia da nebulosidade. Essa nebulosidade juntamente com a ocorrência de precipitação faz a taxa diminuir das 14 as 15HL. O horário das 11 às 14 HL apresenta precipitação em seis dos treze dias observados, por isso esta variação negativa tão forte.

As taxas médias de variação de  $R_n$  na floresta oscilaram entre  $-133,42 \pm 96,04 W.m^{-2}.h^{-1}$  entre 17 e 18 HL e  $105,24 \pm 121,86 W.m^{-2}.h^{-1}$  entre 10 e 11 HL e a média geral foi de  $4,03 \pm 114,88 W.m^{-2}.h^{-1}$  com CV igual a 4,06.

As taxas de variação do saldo de radiação na floresta mostram um padrão existente em grande parte dos dias: taxas de variação negativas são encontradas às 12 e às 14 HL em seis dos treze dias estudados e às 13 e 15 HL em oito dos dias estudados (ver Tabela D.1, em anexo). Esse decréscimo na taxa de variação horária, que ocorre justamente na faixa de horário onde o  $R_n$  apresenta os maiores valores, está relacionado com a intensa convecção que ocorre nas primeiras horas de incidência solar, ocasionando em forte nebulosidade durante esse período, o que impede que a radiação chegue à superfície.

A taxa de variação média do saldo de radiação em área de pastagem oscila bastante durante o dia. O que a faz fugir do padrão esperado são principalmente as duas quedas entre 10 e 11 HL e entre 12 e 13 HL, as quais já foram mencionadas anteriormente (ver Figura 4.12). As taxas médias de variação de Rn oscilaram entre  $-136,24 \pm 117,07 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  entre 16 e 17 HL e  $116,02 \pm 143,48 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  entre 11 e 12 HL e a média geral foi de  $-0,6 \pm 114,72 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  com CV igual a 0,55.

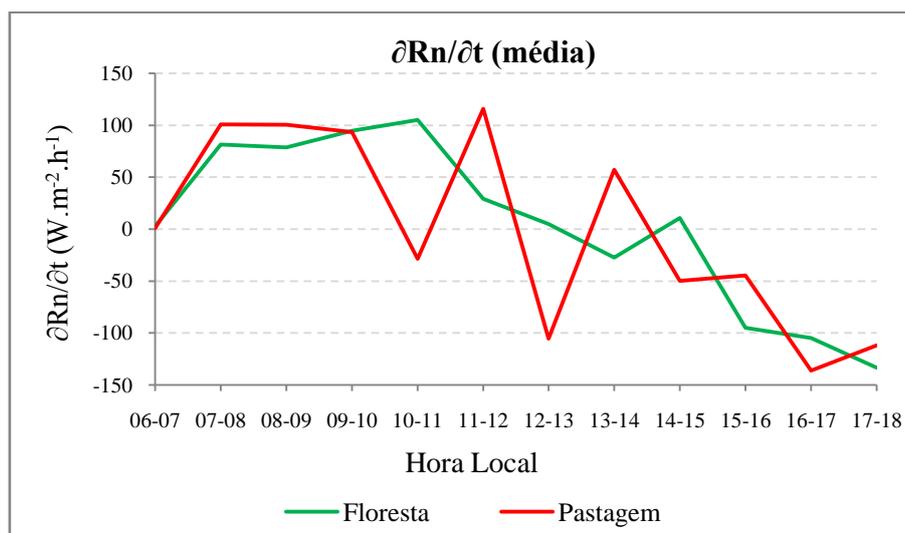


Figura 4.13- Taxa de variação média do saldo de radiação ( $\partial R_n/\partial t$ ) em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho).

### 4.3 Fluxos turbulentos de calor sensível e calor latente

#### 4.3.1 Fluxo de Calor Sensível (H)

A evolução do fluxo de calor sensível na floresta e na pastagem durante o período em estudo estão ilustrados na Figura 4.14. Visando uma melhor comparação de H com Rn as variáveis foram plotadas juntas para a floresta (Figura 4.15) e pastagem (Figura 4.16). Verifica-se claramente que H varia de acordo com o comportamento Rn entre 06 e 18 HL, apresentando, salvo raras exceções, valores máximos nos mesmos horários em que Rn é máximo.

Os valores mais altos de H observados para a Floresta ocorreram no DJ 42, alcançando seu máximo às 11 HL ( $195 \text{ W.m}^{-2}$ ), momento em que mais de 30% da energia

disponível foi convertida em aquecimento do ar. O dia onde H atingiu os valores mais baixos foi o DJ 46, a 01 HL ( $-97,32 \text{ W.m}^{-2}$ ).

O Fluxo médio diário de H variou entre  $-2,89 \pm 15,69 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 73 e  $23,39 \pm 36,25 \text{ W.m}^{-2}$  (DJ89), com média de  $10,12 \pm 8,86 \text{ W.m}^{-2}$ . Este desvio corresponde a quase 90% da média. Se forem consideradas as médias apenas entre o nascer e o pôr do Sol, H varia entre  $-3,06 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 73 e  $45,14 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 66, com média de  $24,9 \pm 16,22 \text{ W.m}^{-2}$ . Neste caso o desvio padrão representa cerca de 65% da média.

Na pastagem, os valores de H variaram entre  $-38,25 \text{ W.m}^{-2}$ , às 06 HL do DJ 73 e ,  $194,6 \text{ W.m}^{-2}$  às 14 HL do DJ 46. O horário em que H máximo ocorreu com maior frequência foi o das 12 HL, que apresentou cinco ocorrências (DJs 66, 80, 81, 83 e 89), e o valor máximo de H coincidiu com o máximo de Rn em sete dias (DJs 46, 66, 67, 71, 83, 85 e 89).

O dia em que ocorreu a maior amplitude de H na pastagem foi o DJ 46 ( $204,96 \text{ W.m}^{-2}$ ), variando entre  $-10,36 \text{ W.m}^{-2}$  às 02 HL e  $194,6 \text{ W.m}^{-2}$  às 14 HL, e o dia que apresentou menor amplitude foi o DJ 83 ( $54,5 \text{ W.m}^{-2}$ ) , onde H variou de  $-7,75 \text{ W.m}^{-2}$  a  $46,75 \text{ W.m}^{-2}$  às 24 HL e 12 HL respectivamente.

O fluxo de calor sensível médio diário variou entre  $9,62 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 85 e  $42,19 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 89, com média de  $23,29 \text{ W.m}^{-2}$  e desvio padrão de  $10,98 \text{ W.m}^{-2}$ , representando 47% da média. O H médio entre 06 e 18 HL variou entre  $17,57 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 85 e  $79,19 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 89, apresentando média de  $44,87 \text{ W.m}^{-2}$  e desvio padrão de  $20,49 \text{ W.m}^{-2}$  , aproximadamente 45% da média.

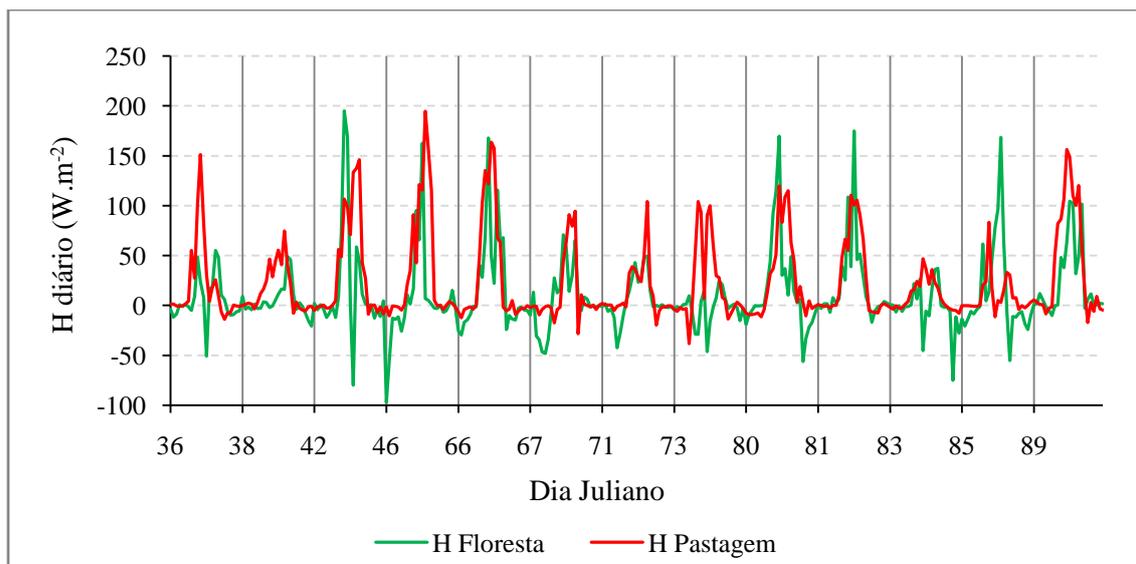


Figura 4.14- Fluxos de calor sensível em áreas de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical.

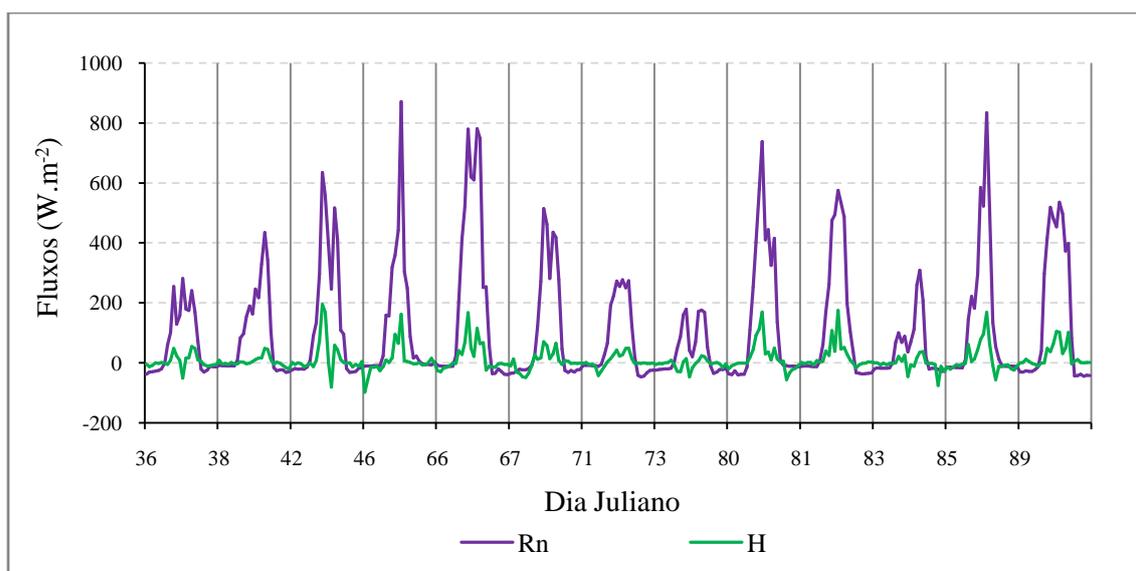


Figura 4.15- Comparação entre o fluxo de calor sensível (verde) e o saldo de radiação (roxo) para área de floresta. Cada dia está separado por uma linha vertical.

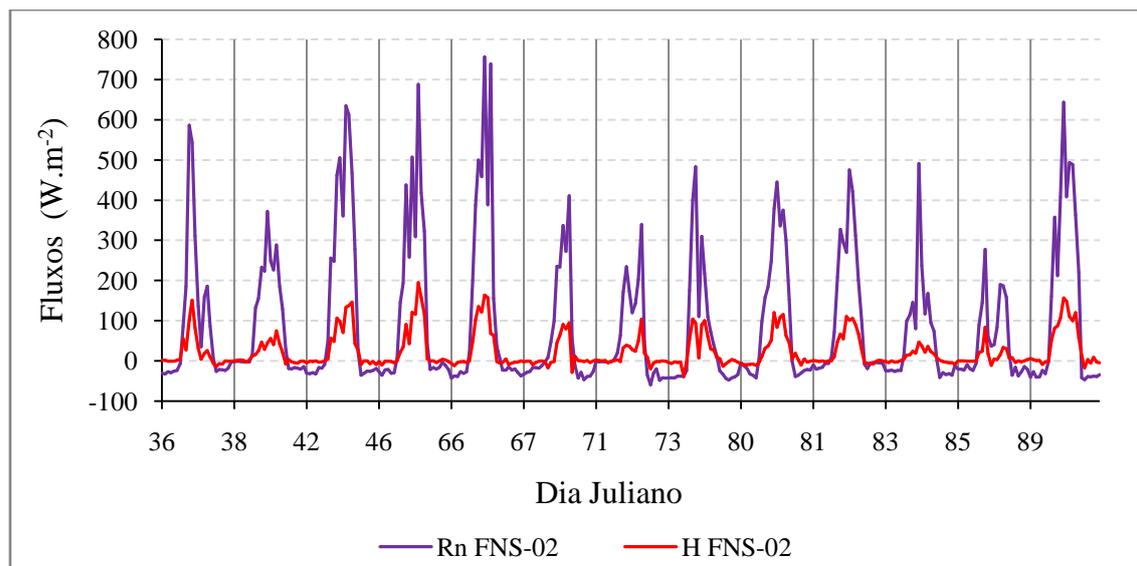


Figura 4.16- Comparação entre o fluxo de calor sensível (vermelho) e o saldo de radiação (roxo) para área de pastagem. Cada dia está separado por uma linha vertical.

A quantidade de energia disponível convertida em aquecimento do ar apresenta-se maior em área de pastagem em 66% dos casos, no entanto, em cinco dias apresentam seus máximos maiores que na floresta. O horário de valor máximo de H em área de pastagem ocorre uma hora antes no sítio de floresta. Isto porque se verifica uma queda na pastagem, muito provavelmente relacionada ao aumento local de nebulosidade neste horário (11 HL). O fato é que os dois ciclos médios apresentam comportamento diferente do esperado (que é de uma curva mais suave), principalmente na floresta.

O fato mais curioso é a diminuição quase linear de H na floresta, em desacordo com os ciclos de temperatura e de Rn. Isto provavelmente ocorreu também por causa da forte nebulosidade que permaneceu durante todos os dias de estudo, acarretando em valores negativos de H nesta faixa de horário (entre 11 e 16 HL), o que se reflete na média. Neste horário também ocorrem as maiores velocidades do vento na floresta. Este decréscimo em H foi verificado em grande parte dos dias estudados.

No geral, H foi nitidamente maior na pastagem, do que na floresta, exceto pelo horário das 11 HL, que se mostrou 9,57 W.m<sup>-2</sup> maior na floresta. A diferença média foi de 13,16 W.m<sup>-2</sup>. Em termos de variabilidade, o CV foi maior na floresta (-2,16) do que na pastagem (-1,4).

O ciclo médio diário do Fluxo de Calor Sensível em áreas de floresta e pastagem (Figura 4.17) e sua comparação com Rn para a floresta (Figura 4.18) e para a pastagem (Figura 4.19) evidenciam a dependência entre H e Rn também nos ciclos diários, pois as curvas apresentam um padrão semelhante. O horário de maior valor médio de H na Floresta ocorre às 11 HL, e é de  $66,94 \pm 62,93 \text{ W.m}^{-2}$  e o horário de menor H médio ocorreu às 01 HL e foi de  $-12,47 \pm 27,24 \text{ W.m}^{-2}$  (valores próximos aos encontrados por Galvão e Fisch (1998, 2000b) para 1993, e por Aguiar et al (2006b), em 2004). Não acompanha, no entanto, os valores de Rn, nos quais o máximo ocorre às 13HL.

O ciclo médio diário de H em área de pastagem e a sua comparação com o ciclo médio diário de Rn mostram que, a partir das 06 HL, H começa a aumentar até as 10 HL, quando ocorre um declínio até as onze, e depois aumenta até alcançar seu valor máximo ( $84,92 \pm 50,79 \text{ W.m}^{-2}$ ) às 12 HL, quando Rn também é máximo. Von Randow (2007) encontrou o valor máximo em torno de  $150 \text{ W.m}^{-2}$  às 12 HL. Os desvios aumentam do nascer do Sol até as 12 HL, diminui até o pôr do Sol e tende a se manter constante ao longo da noite. Os resultados apresentados são semelhantes aos encontrados por Galvão e Fisch, (1998, 2000b).

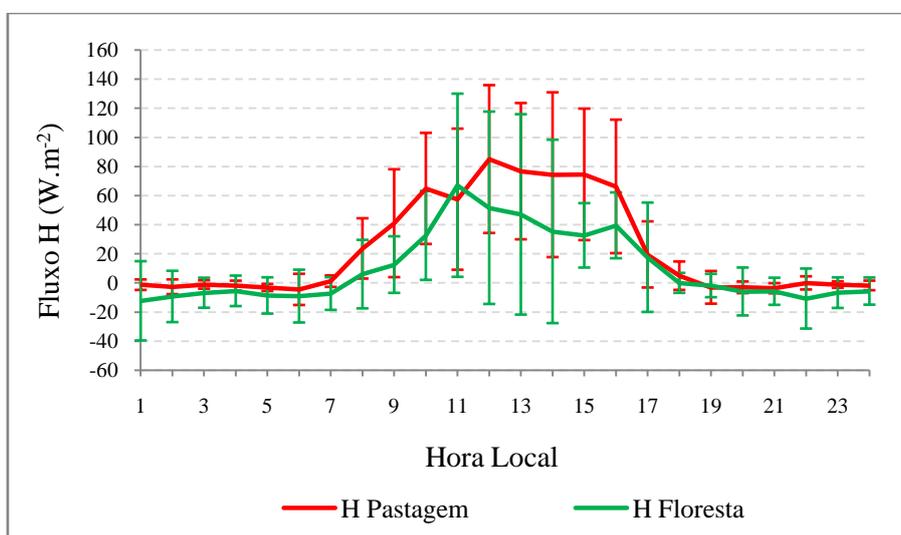


Figura 4.17- Ciclo médio diário do fluxo de calor sensível em áreas de floresta (verde) e pastagem (vermelho). As linhas verticais representam o desvio médio.

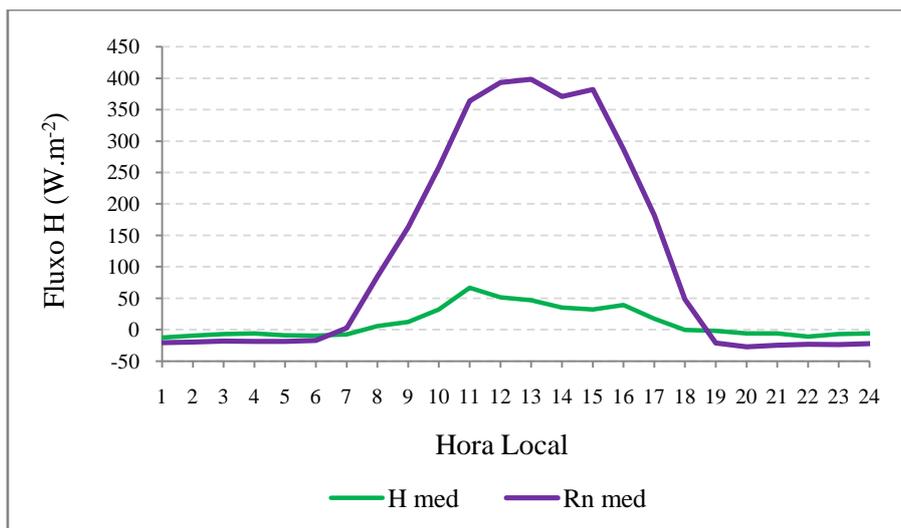


Figura 4.18- Comparação entre os ciclos médios diários do fluxo de calor sensível (verde) e saldo de radiação (roxo) em área de floresta.

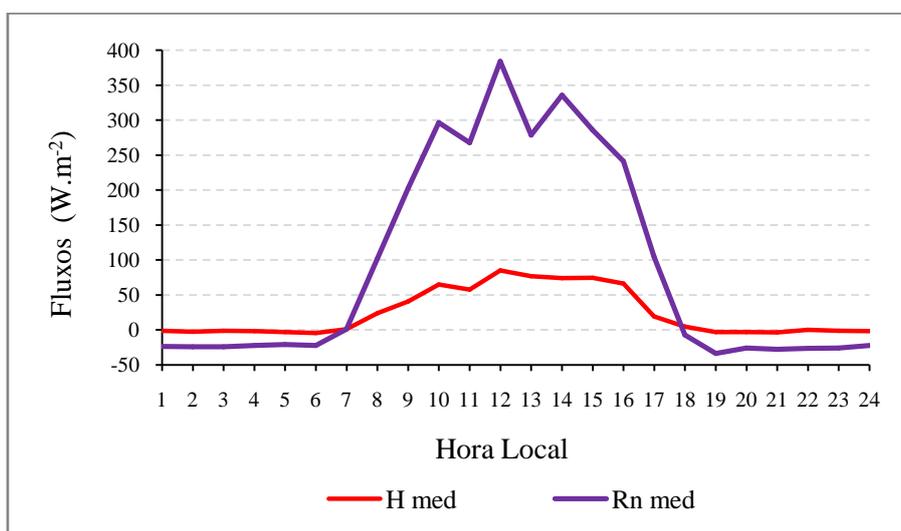


Figura 4.19- Comparação entre os ciclos médios diários do fluxo de calor sensível (vermelho) e saldo de radiação (roxo) em área de pastagem.

A Tabela 4.9 mostra a taxa de variação média das 6 às 18 HL do fluxo de calor sensível e suas estatísticas em área de floresta para cada um dos treze dias de medições. A variação média positiva máxima ocorreu no DJ 38 ( $0,85 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ) e variação média negativa máxima ocorreu no DJ 85 ( $-0,85 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ). A média geral da taxa de variação de Rn foi de  $-0,01$ .

Tabela 4.9- Taxas de variação médias diárias do fluxo de calor sensível ( $\text{W.m}^{-2}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	0,79	33,58	42,43	67,52	-59,02	126,54
38	07/fev	0,85	14,27	16,69	32,79	-34,54	67,33
42	11/fev	0,09	79,41	860,29	138,82	-168,36	307,18
46	15/fev	-0,24	59,00	-244,27	96,94	-156,07	253,01
66	07/mar	-0,78	63,54	-81,14	99,68	-118,49	218,17
67	08/mar	-0,40	33,32	-82,82	54,24	-57,14	111,38
71	12/mar	-0,10	18,42	-193,17	20,48	-34,82	55,30
73	14/mar	0,55	24,47	44,13	33,17	-61,03	94,20
80	21/mar	0,19	50,06	265,63	56,10	-139,57	195,67
81	22/mar	-0,03	64,11	-1852,09	136,06	-129,14	265,20
83	24/mar	-0,02	29,44	-1196,12	39,65	-71,89	111,54
85	26/mar	-0,85	54,09	-63,47	72,17	-104,51	176,68
89	30/mar	-0,21	44,58	-210,74	52,51	-104,35	156,86

A Tabela 4.10 mostra as taxas médias diárias de variação de H em área de pastagem no período de 05/fev a 30/mar de 2002. A taxa de variação positiva máxima do fluxo de calor sensível foi de  $2,10 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  no DJ 42 (mesmo dia em que ocorreu o maior valor médio de Rn), e a máxima variação negativa foi de  $-0,61 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  no DJ 38 (dia em que ocorreu a maior taxa média diária de variação positiva de Rn).

Tabela 4.10- Taxas de variação médias diárias do fluxo de calor sensível ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	-0,50	41,06	-81,81	74,52	-68,41	142,93
38	07/fev	-0,61	20,71	-34,07	34,05	-32,84	66,89
42	11/fev	2,10	42,64	20,32	62,63	-103,35	165,98
46	15/fev	-0,02	53,16	-2830,90	79,00	-110,42	189,42
66	07/mar	-0,27	41,39	-150,68	54,52	-89,44	143,96
67	08/mar	0,83	41,45	50,03	46,73	-122,74	169,47
71	12/mar	0,74	31,93	42,94	55,04	-84,78	139,82
73	14/mar	0,43	43,89	102,52	82,76	-86,28	169,03
80	21/mar	0,28	32,14	113,11	68,78	-52,23	121,01
81	22/mar	-0,39	26,72	-69,09	55,46	-38,96	94,42
83	24/mar	0,54	12,44	23,12	27,52	-15,75	43,27
85	26/mar	0,58	29,33	50,42	59,67	-64,77	124,44
89	30/mar	1,07	34,66	32,34	52,11	-62,07	114,18

De acordo com a Figura 4.20, que mostra as taxas de variação de H na floresta e na pastagem, a taxa de variação média de H na floresta apresenta uma sucessão de picos, denunciando a sua grande variabilidade. Ela variou entre  $-21,94 \pm 34,96 W.m^{-2}.h^{-1}$  entre 16 e 17 HL e  $34,49 \pm 45,59 W.m^{-2}.h^{-1}$  entre 10 e 11 HL, com média de  $-0,01 \pm 41,77 W.m^{-2}.h^{-1}$  e CV de -3,5. As máximas variações diárias, positiva e negativa, ocorreram no mesmo dia (DJ 42) e foram de  $138,82 W.m^{-2}.h^{-1}$  e  $-168,36 W.m^{-2}.h^{-1}$  respectivamente.

Na área de floresta, em sete dos dias estudados (DJs 36, 42, 46, 66, 73, 81 e 85) aparecem variações negativas às 12 HL, o que influencia muito na média horária, sendo que em apenas em um desses dias (DJ 36) a variação começa no horário anterior. O decréscimo da variação nesse horário se deve à diminuição do  $R_n$ , que por sua vez ocorre devido ao decréscimo de  $R_g$  por causa da grande quantidade de nebulosidade de nuvens convectivas. Muitas dessas nuvens formam grandes sistemas convectivos, presentes o tempo todo durante a estação chuvosa e que devido toda a evaporação ocorrida desde o nascer do sol obstruem a passagem da radiação. Então, o H, que até este horário (12 HL) está aumentando (ver Tabela D.2, em anexo), ou continua aumentando, mas varia mais lentamente, ou diminui.

Na área de pastagem, as duas quedas de H (10 a 11HL e 12 a 13HL) ficam ainda mais evidentes nas taxas de evolução temporal de H. Pode-se notar que existe uma tendência

à diminuição da taxa de variação dos fluxos entre 10 e 11 HL (sete dias apresentam taxas negativas). A taxa de variação de H aumenta até as 12 HL, e torna a diminuir até as 13 HL, quando a maior parte dos valores é negativa (nove valores) (ver Tabela D.5, em anexo). As taxas médias de variação de H oscilaram entre  $-8,30 \pm 20,62 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  entre 12 e 13 HL e  $23,88 \pm 26,41 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  e a média geral foi de  $0,39 \pm 29,13 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  com CV igual a 4,89.

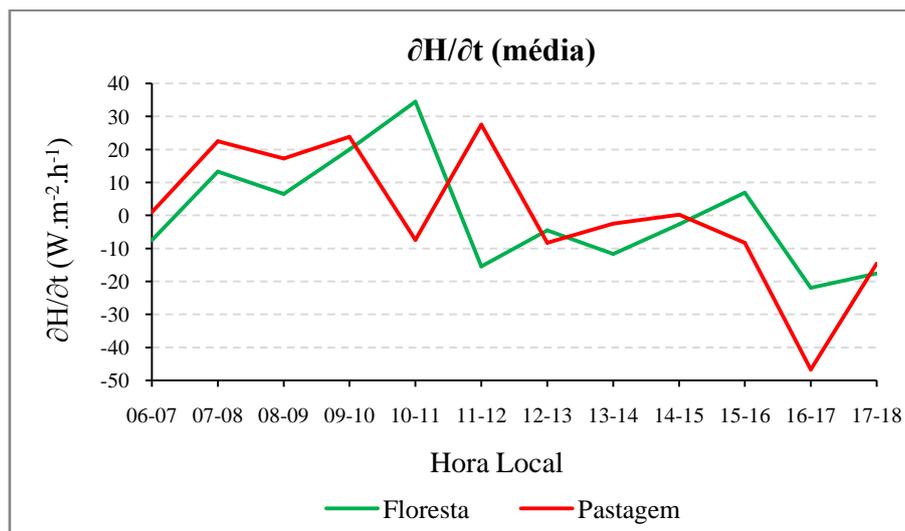


Figura 4.20- Taxa de variação média do fluxo de calor sensível ( $\partial H/\partial t$ ) entre 06 e 18 HL em áreas de floresta (verde) e pastagem (vermelho).

A Figura 4.21 mostra a comparação entre os valores de  $R_n$  e  $H$  em área de floresta. A equação de dispersão encontrada foi  $y=0,1572x- 7,4338$  e o coeficiente de determinação foi igual a 0,6464, o que significa uma correlação de mais de 80%.

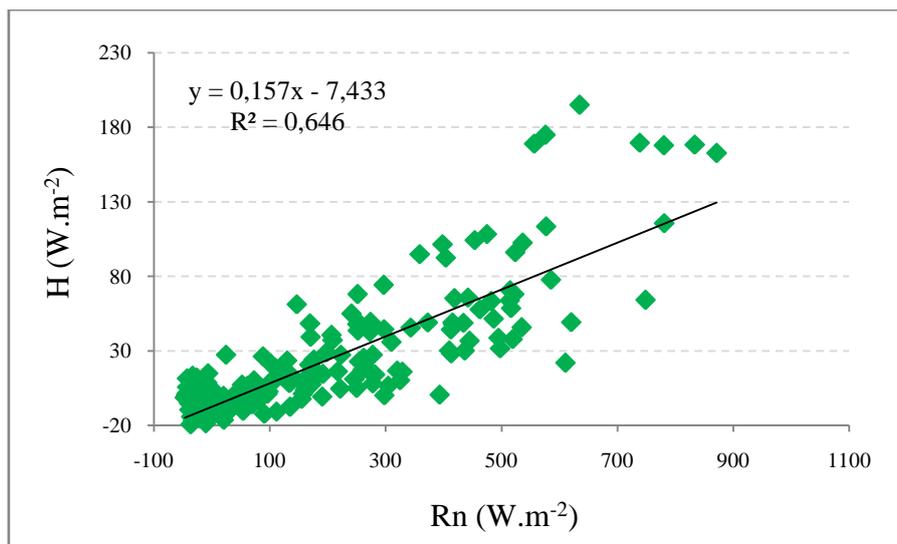


Figura 4.21- Dispersão entre o saldo de radiação e fluxo de calor sensível em área de floresta.

A curva de dispersão entre H e Rn (Figura 4.22) mostra a comparação entre os valores das duas variáveis. A equação de dispersão encontrada foi  $y=0,2267x- 2,602$  e o coeficiente de determinação foi igual a 0,8663, o que significa uma correlação de 93%.

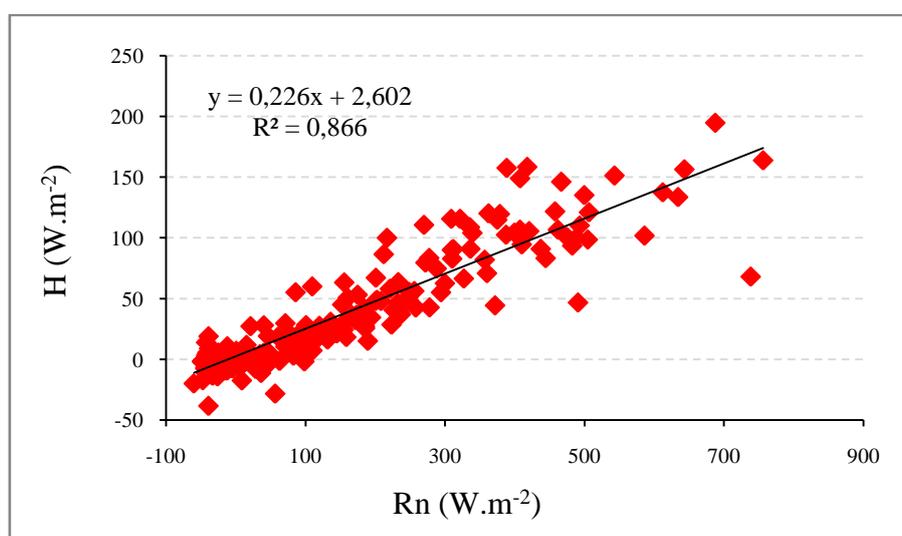


Figura 4.22- Dispersão entre o saldo de radiação e o fluxo de calor sensível em área de pastagem.

A Figura 4.23 mostra o ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor sensível e o saldo de radiação entre 08 e 17 HL em sítio de floresta, onde se verifica uma diferença marcante entre a noite e o dia. Durante o dia a média foi de  $0,11 \pm 0,03$  e a noite de  $0,33 \pm 0,17$ . O fato é que durante a noite a quantidade de Rn utilizado para aquecer a atmosfera é maior, ou seja, a maior parte da energia disponível é transformada em calor

sensível, uma vez que a superfície emite radiação para a atmosfera e a maior parte dela é utilizada para aquecer o ar no interior da camada limite noturna. Em área de floresta, o valor de  $H/R_n$  médio durante o dia foi um pouco menor do que o encontrado para a estação chuvosa de 1993, que foi de 0,17 (GALVÃO e FISCH, 2000b).

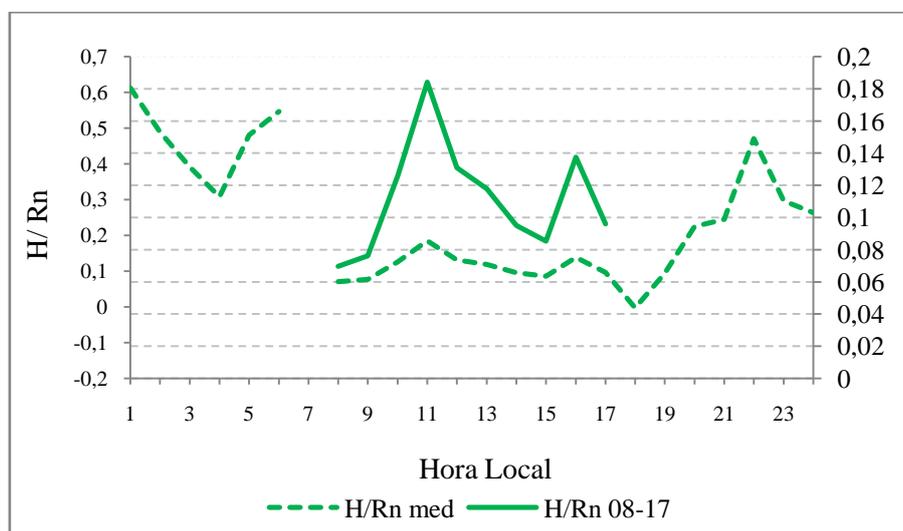


Figura 4.23- Ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor sensível e o saldo de radiação em área de floresta. O eixo principal corresponde ao  $H/R_n$  médio e o eixo secundário corresponde ao  $H/R_n$  entre 08 e 17 HL.

Ao contrário da área de floresta, onde o dia começa com valores altos de  $H/R_n$ , nos primeiros momentos em que o sol está presente na área de pastagem (Figura 4.24), apenas 20% da energia disponível é convertida em aquecimento do ar. Durante os horários em que estes valores são mais confiáveis (das 08 HL até as 17 HL), a porção da energia disponível que é convertida em aquecimento do ar varia entre 20% às 09 HL e 27,53% às 13 HL. O valor médio para esta razão foi de 0,16, pouco menor do que o encontrado por Galvão e Fisch (2000b) para estação chuvosa de 1993 (0,20).

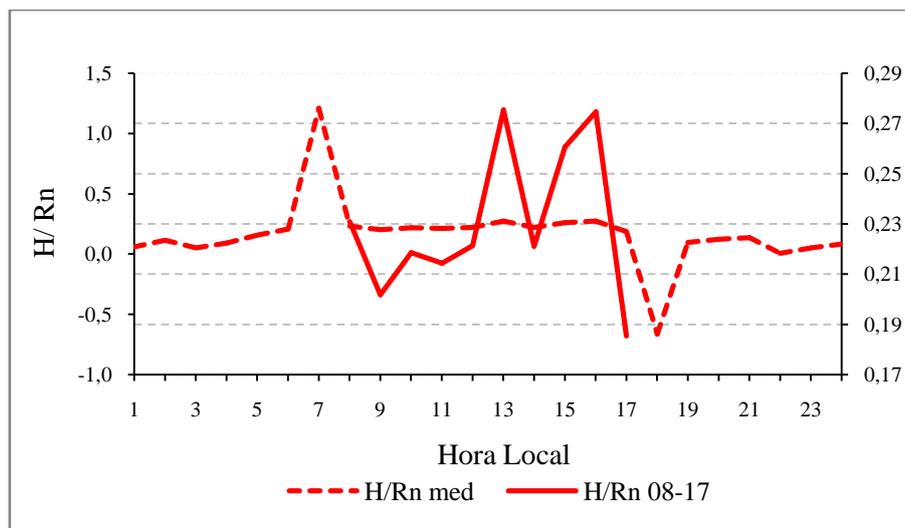


Figura 4.24- Ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor sensível e o saldo de radiação em área de pastagem. O eixo principal corresponde ao H/Rn médio e o eixo secundário corresponde ao H/Rn entre 08 e 17 HL.

### 4.3.2 Fluxo de Calor Latente (LE)

A evolução temporal do fluxo de calor latente diário para os dias estudados é mostrada na Figura 4.25. Assim como no caso de H, LE foi plotado também junto com Rn, comprovando a dependência entre as duas variáveis tanto em área de floresta (Figura 4.26) quanto em área de pastagem (Figura 4.27)

Na área de floresta os fluxos de H variaram entre  $-43,88 \text{ W.m}^{-2}$  às 02 HL do DJ 67 e  $550,10 \text{ W.m}^{-2}$  às 14 HL do DJ 66. Os valores médios diários de LE variaram entre  $13,90 \text{ W.m}^{-2}$  (DJ73) e  $130,31 \text{ W.m}^{-2}$  (DJ66), com média de  $71,07 \pm 32,5 \text{ W.m}^{-2}$ . Trata-se de um desvio padrão alto (em torno de 45% da média). Se considerarmos os valores de LE apenas entre 06 e 18 HL, H varia entre  $24,84 \text{ W.m}^{-2}$  (DJ73) e  $238,86 \text{ W.m}^{-2}$  (DJ66), com média de  $127,45 \pm 59,96 \text{ W.m}^{-2}$ . Neste caso o desvio representa 47% da média.

Na área de pastagem os horários de LE máximo variam entre 10 e 16 HL, sendo mais frequente no horário das 12 HL (DJs 46, 81, 83 e 89). O fluxo de calor latente máximo coincide com Rn máximo em seis casos: DJ 67 às 16 HL, DJ 71 às 16 HL, DJ 73 às 10 HL, DJ 83 às 12 HL, DJ 85 às 10 HL e DJ 89 às 12 HL.

LE variou entre  $-25,71 \text{ W.m}^{-2}$  (às 19 HL do DJ 80) e  $279,8 \text{ W.m}^{-2}$  (às 16 HL do DJ 42). O seu valor médio diário variou entre  $9,64 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 83 e  $59,34 \text{ W.m}^{-2}$  no DJ 42,

com média de  $32,75 \text{ W.m}^{-2}$ , e desvio padrão de  $15,83 \text{ W.m}^{-2}$  (em torno de 48% da média).

Se forem considerados os valores médios diários de LE na pastagem apenas entre 06 e 18 HL, ele varia entre  $17,45 \text{ W.m}^{-2}$  (DJ 83) e  $109,93 \text{ W.m}^{-2}$  (DJ 42), com média de  $60,62 \text{ W.m}^{-2}$  e  $\sigma$  de  $29,30 \text{ W.m}^{-2}$  (48% da média).

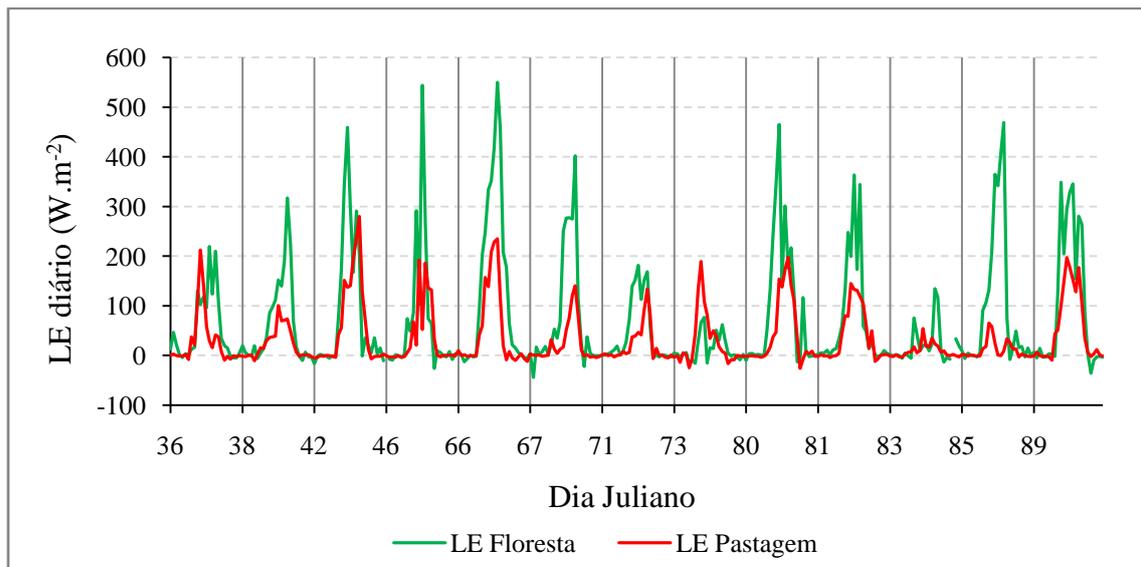


Figura 4.25- Fluxo de calor latente para área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). Cada dia está separado por uma linha vertical.

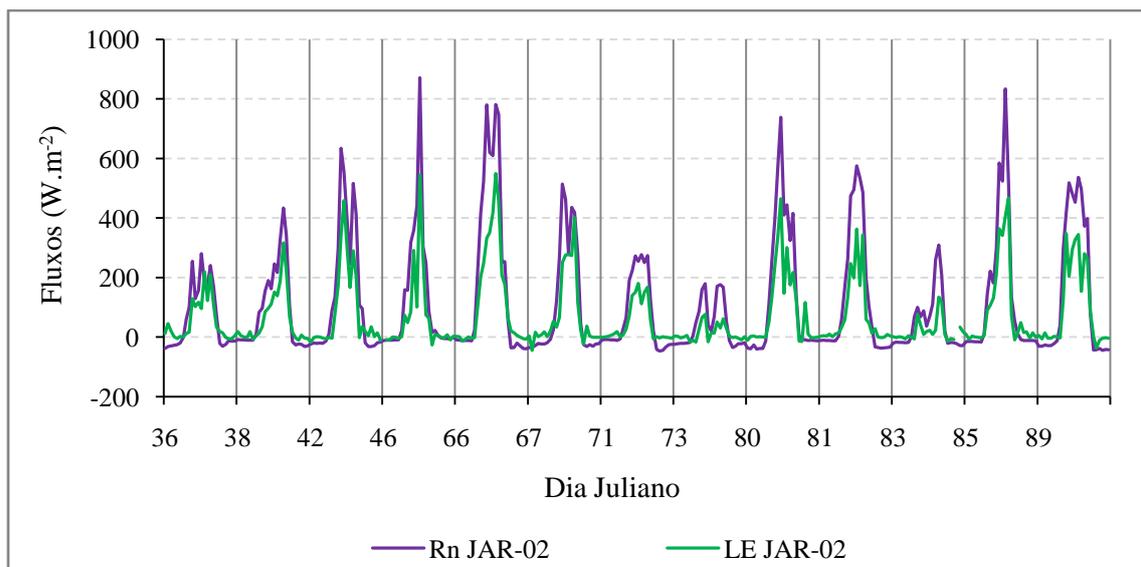


Figura 4.26- Fluxo de calor latente (verde) e saldo de radiação (roxo) para área de floresta. Cada dia está separado por uma linha vertical.

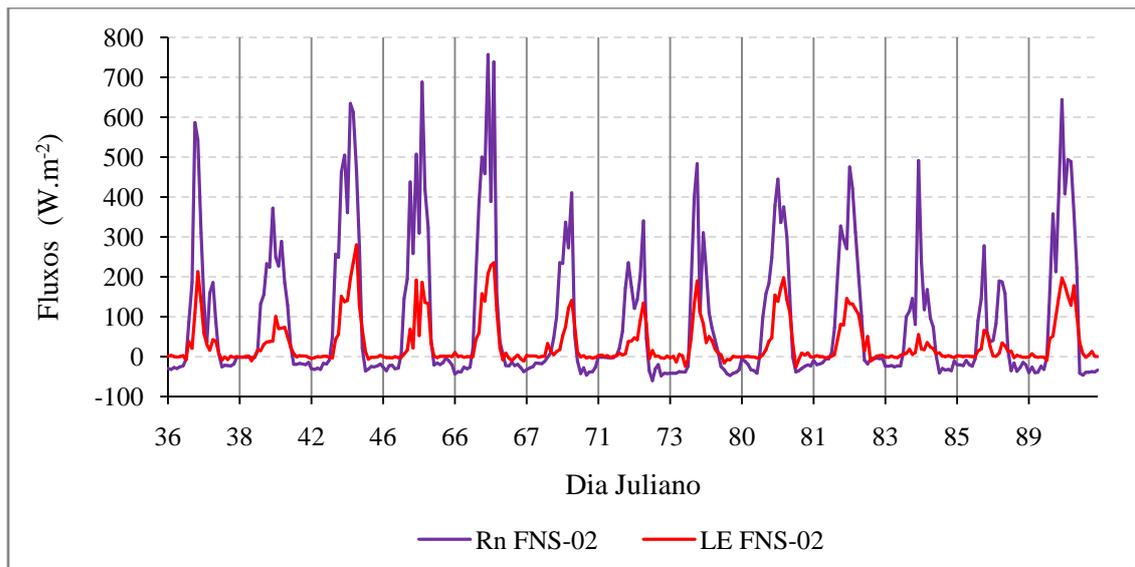


Figura 4.27- Fluxo de calor latente (vermelho) e saldo de radiação (roxo) para área de pastagem. Cada dia está separado por uma linha vertical.

Em 68% das comparações entre os sítios, LE foi maior na floresta. A comparação entre os ciclos médios de LE na floresta e pastagem (Figura 4.28) mostra uma diferença grande. Assim como no caso de H, o ciclo médio de LE também foi plotado juntamente com Rn, onde foi verificada uma importante dependência entre LE e Rn em áreas de floresta (Figura 4.29) e pastagem (Figura 4.30) também no ciclo médio diário. Os valores médios diários de LE são maiores na floresta devido à disponibilidade hídrica nesta área, onde a ação antrópica não ocorreu. A floresta é muito mais rica em umidade do que a pastagem, tendo mais água para evaporar. Além disso, a enorme diferença em termos de porte e quantidade de espécies vegetais na floresta implica em maior controle da perda de vapor de água via transpiração. Existe uma defasagem de uma hora entre os máximos. Na pastagem, o máximo ocorre às 12 HL, e na floresta ocorre às 13 HL. O mínimo em área de floresta ocorre às 22 HL, enquanto que em área de pastagem ocorre às 20 HL.

A diferença média entre os sítios foi de  $38,041 \text{ W.m}^{-2}$  em favor da floresta. Houve mais variabilidade na floresta (CV igual a 4,29) do que na pastagem (CV igual a -1,6). Estes resultados indicam que durante um período chuvoso, a devolução de energia para a atmosfera é realizada predominantemente pelo fluxo de calor latente.

O ciclo médio diário de LE em área de floresta variou de  $0,4 \text{ W.m}^{-2}$  às 22 HL a  $245,22 \text{ W.m}^{-2}$  às 13 HL, valores que estão próximos aos encontrados por Galvão e Fisch (1998,

2000) e menores que os encontrados por Aguiar et al (2006b). Verifica-se que, como no caso de Rn e H, os desvios são muito altos próximo do meio dia, atingindo seu máximo às 13 HL,  $157,99 \text{ W.m}^{-2}$ , que corresponde a 64% da média. Sua comparação com Rn (figura 4.20) mostra que o horário de LE máximo coincide com o máximo de Rn.

O ciclo médio diário do fluxo de calor latente em área de pastagem mostra uma variação média diária de  $-2,03 \text{ W.m}^{-2}$  às 06 HL a  $109,87 \text{ W.m}^{-2}$  às 12 HL, horário em que apresenta o menor desvio padrão (em torno de 63% da média). Sua comparação com Rn mostra que o horário de LE máximo coincide com o de H máximo. Galvão e Fisch (1998, 2000b) encontraram valores máximos da média próximos a  $300 \text{ W.m}^{-2}$ , assim como Von Randow (2007) que utilizou valores coletados entre 1999 e 2002, o que sugere que durante o experimento que eles utilizaram tenha chovido mais e que havia mais umidade estocada no solo e biomassa, então grande parte da energia disponível foi utilizada para evaporação.

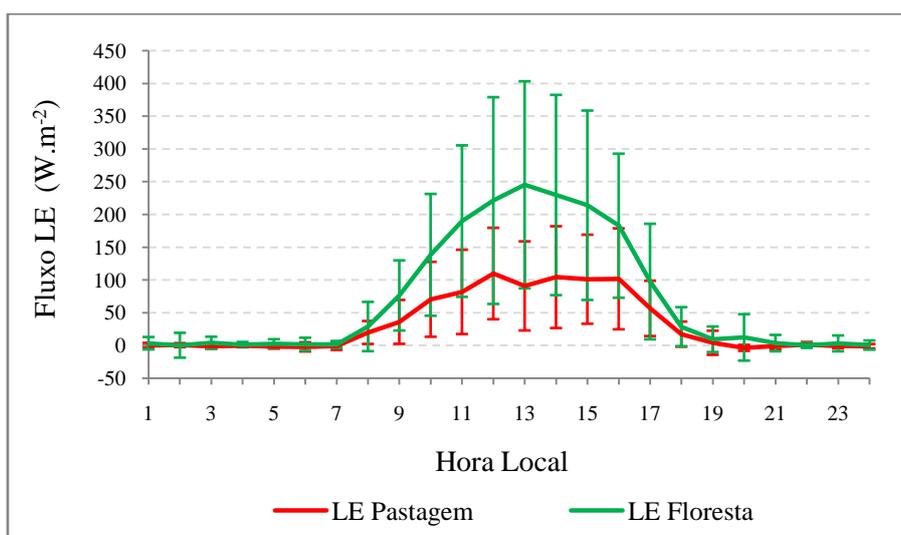


Figura 4.28- Ciclo médio diário do fluxo de calor latente em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho). As linhas pontilhadas representam o desvio médio.

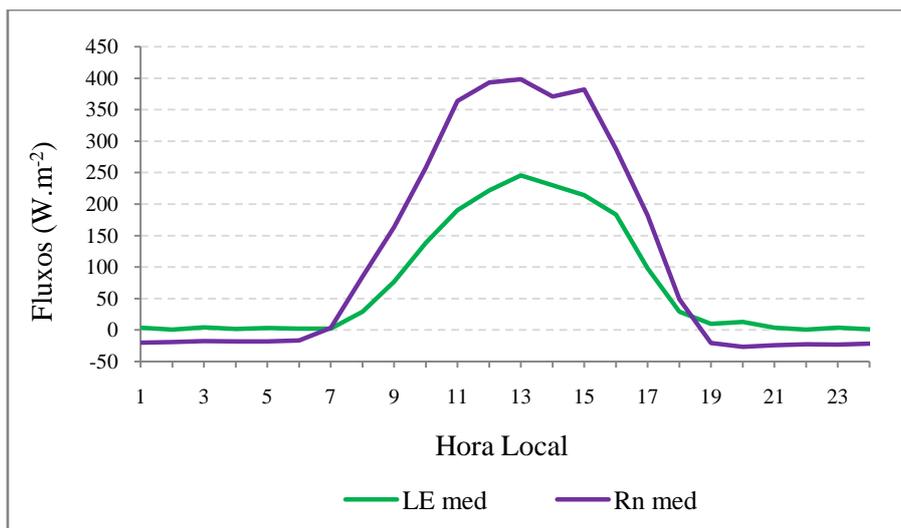


Figura 4.29- Ciclos médios diários do fluxo de calor latente (verde) e saldo de radiação (roxo) em área de floresta.

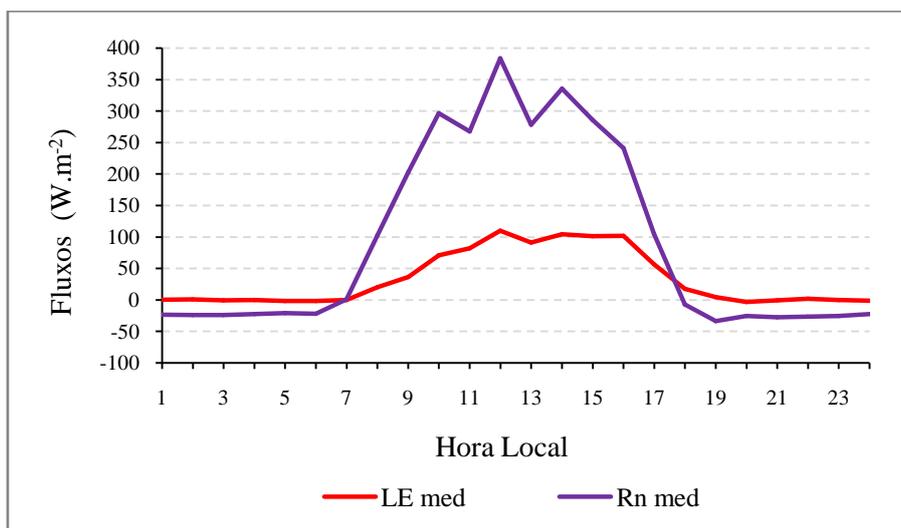


Figura 4.30- Ciclos médios diários do fluxo de calor latente (vermelho) e saldo de radiação (roxo) na pastagem.

A Tabela 4.11 mostra as taxas de variação temporal médias de LE entre 06 e 18 HL em área de floresta para cada um dos dias estudados. A variação máxima de LE ocorre no DJ89 ( $6,79 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ) e a mínima ocorre no DJ71 ( $-0,38 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ). A variação média é de  $2,21 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ , e o desvio padrão é de  $2,29 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ , mais de 100% da média, o que se explica pela ocorrência de períodos de nebulosidade e/ou chuva em grande parte dos dias estudados. A evolução horária desta variável para cada um dos dias estudados pode ser visualizada no Anexo A.

Tabela 4.11- Taxas de variação médias diárias do fluxo de calor latente ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de floresta. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	2,67	71,83	26,94	123,03	-101,70	224,73
38	07/fev	5,27	68,72	13,04	127,70	-155,30	283,00
42	11/fev	2,77	118,17	42,64	170,40	-205,75	376,15
46	15/fev	0,74	183,55	246,76	442,20	-276,70	718,90
66	07/mar	5,00	106,66	21,34	132,10	-249,00	381,10
67	08/mar	1,87	109,45	58,48	183,52	-286,40	469,92
71	12/mar	-0,38	50,60	-134,52	67,71	-134,52	202,23
73	14/mar	2,34	37,25	15,89	43,81	-91,62	135,43
80	21/mar	-0,97	133,99	-137,59	152,70	-316,90	469,60
81	22/mar	1,06	128,08	120,57	171,30	-285,01	456,31
83	24/mar	0,63	53,12	84,21	111,08	-109,50	220,58
85	26/mar	0,96	131,97	138,14	154,40	-393,24	547,64
89	30/mar	6,79	122,18	18,00	221,70	-191,20	412,90

As taxas de variação média de LE entre o nascer e o pôr do Sol em área de pastagem (Tabela 4.12) mostram-se extremamente inconstantes, o que se explica pela intensa nebulosidade durante todos os dias estudados (ver figuras do anexo B). A variação média positiva máxima ocorreu no DJ 42 e foi de  $5,16 W.m^{-2}.h^{-1}$ , dia em que ocorreu também a taxa de variação positiva máxima do fluxo de calor sensível. Apenas um dia apresentou taxa de variação média negativa, o DJ 71.

Tabela 4.12- Taxas de variação médias diárias do fluxo de calor latente ( $W.m^{-2}$ ) e estatísticas em área de pastagem. A tabela apresenta os valores médios diários (MÉDIA), desvio padrão ( $\sigma$ ), coeficiente de variação (CV), valores máximo (MAX) e mínimo (MIN), e amplitude (AMP).

DJ	DIA	MÉDIA	$\sigma$	CV	MAX	MIN	AMP
36	05/fev	0,66	54,31	82,18	103,30	-80,09	183,39
38	07/fev	1,91	23,18	12,15	61,84	-30,58	92,42
42	11/fev	5,16	60,88	11,81	95,20	-151,70	246,90
46	15/fev	0,11	83,93	734,22	170,32	-139,04	309,36
66	07/mar	0,66	58,92	89,77	97,89	-118,70	216,59
67	08/mar	0,88	34,29	39,10	46,02	-69,37	115,39
71	12/mar	-0,42	36,17	-85,24	48,49	-87,48	135,97
73	14/mar	0,37	44,60	120,83	88,68	-79,90	168,58
80	21/mar	2,75	44,70	16,27	107,42	-75,27	182,69
81	22/mar	1,11	31,42	28,35	66,12	-48,28	114,40
83	24/mar	0,54	18,65	34,64	44,59	-35,63	80,22
85	26/mar	1,05	20,53	19,57	46,33	-34,02	80,35
89	30/mar	2,66	44,77	16,81	53,19	-72,60	125,79

A Figura 4.31 mostra a variação temporal média horária entre 06 e 18 HL do Fluxo de Calor Latente. A partir das 07 HL a variação de LE em área de floresta começa a aumentar significativamente até as 10 HL para depois cair até às 17 HL, padrão que pode ser visualizado em grande parte dos dias disponíveis (ver Tabela D.3, em anexo). Após as 17 HL, ocorre um aumento na variação horária de LE, uma vez que a diminuição de LE com o tempo passa a ser mais lenta. As taxas médias de variação de LE oscilaram entre  $-85,20 \pm 85,29 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  entre 16 e 17 HL e  $61,96 \pm 64,88 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  entre 09 e 10 HL e a média geral foi de  $2,4 \pm 90,85 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ , com CV igual a  $-0,38$ .

Entre 12 e 13 HL, em área de pastagem, ocorre decréscimo na variação em nove dias, e entre 16 e 17 HL isso acontece em todos os dias, situação que se reflete na média (ver Tabela D.6, em anexo). A máxima variação positiva ocorre entre 9 e 10 HL, chegando aos  $34,48 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ . Uma diminuição bem pronunciada da variação ocorre entre 12 e 13 HL, por causa da convecção que ocorre durante a manhã inteira, diminuindo a quantidade de radiação global, e por consequência  $R_n$ . Outra variação negativa ocorre de 16 a 17 HL. As taxas médias de variação de LE variaram entre  $-45,16 \pm 43,01 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  entre 16 e 17 HL e  $65,51 \pm 2,34 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  entre 11 e 12 HL e a média geral foi de  $1,45 \pm 38,61 \text{ W.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  com CV igual a  $3,96$ .

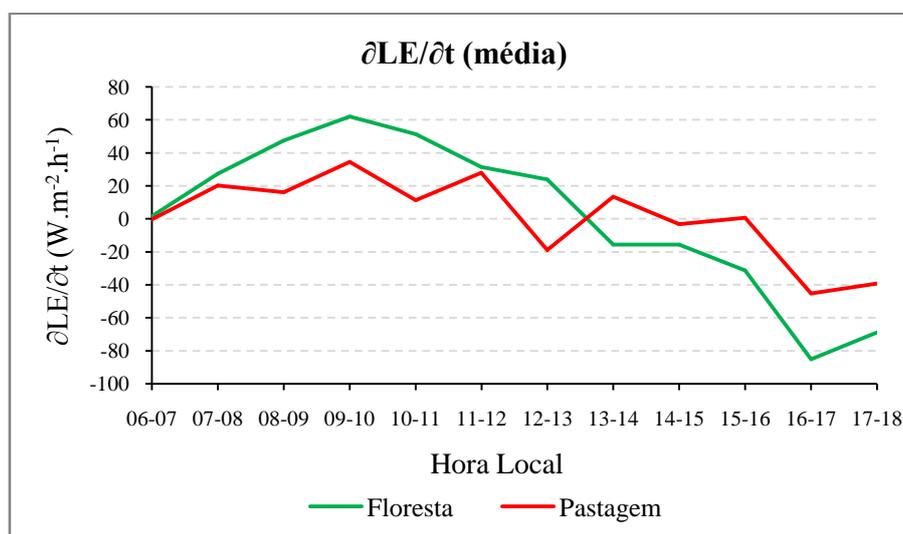


Figura 4.31- Taxa de variação média do fluxo de calor latente ( $\partial LE/\partial t$ ) entre 06 e 18 HL em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho).

A Figura 4.32 mais uma vez evidencia a dependência entre LE e  $R_n$  através da curva de dispersão, onde as variáveis mostram uma relação de  $y=0,5584x+8,4416$  entre si, com

coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,8874, o que representa uma correlação de 94% entre as duas variáveis.

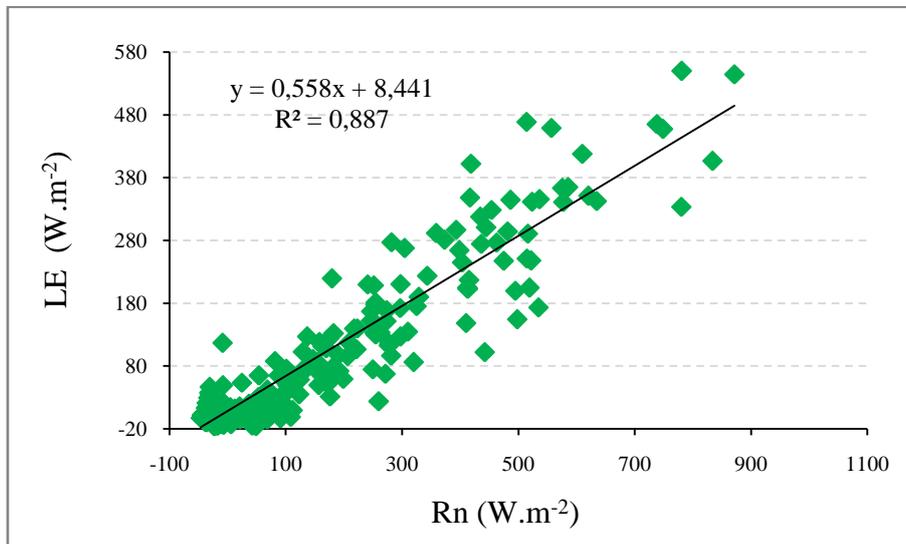


Figura 4.32- Dispersão entre o saldo de radiação e o fluxo de calor latente em área de floresta.

A Figura 4.33, que mostra a dispersão entre o Saldo de Radiação e o Fluxo de Calor Latente em área de pastagem, mais uma vez evidencia a dependência entre  $LE$  e  $R_n$  através da curva de dispersão, onde as variáveis mostram uma relação de  $y=0,2929x+6,0296$  entre si, com coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,7994, o que representa uma correlação de 89% entre as duas variáveis.

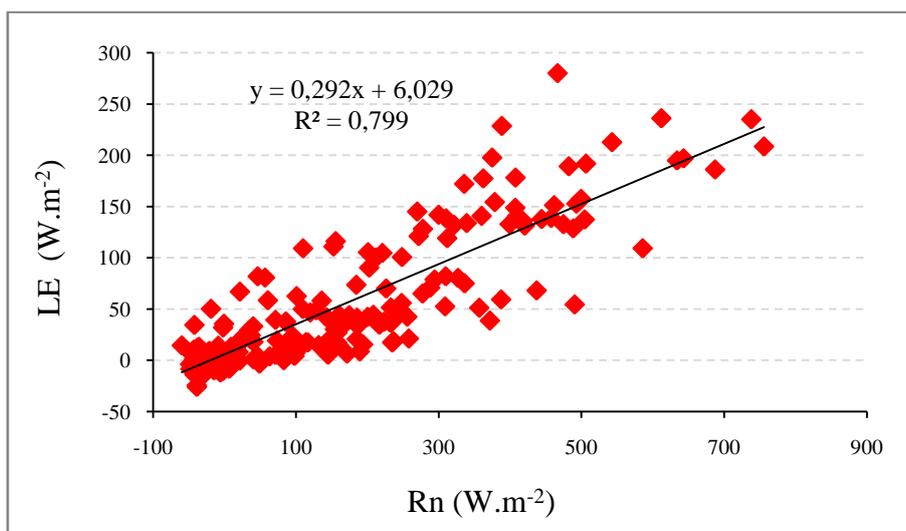


Figura 4.33- Dispersão entre o saldo de radiação e o fluxo de calor latente em área de pastagem.

A relação entre LE e Rn mostra que a quantidade de energia disponível convertida em calor latente varia bastante durante o dia, sendo mais intensa durante o período diurno, tanto na floresta quanto na pastagem. Os valores desta razão foram plotados apenas para o período entre 08 e 17 HL, em virtude da dificuldade de obtenção dos valores dos fluxos no início da manhã e no fim da tarde.

Na área de floresta (Figura 4.34), o maior valor encontrado foi às 16 HL, quando LE alcançou 63%, na média. O valor médio encontrado na estação chuvosa de 1993 para esta fração em área de floresta foi de 79% (GALVÃO; FISCH, 2000b)

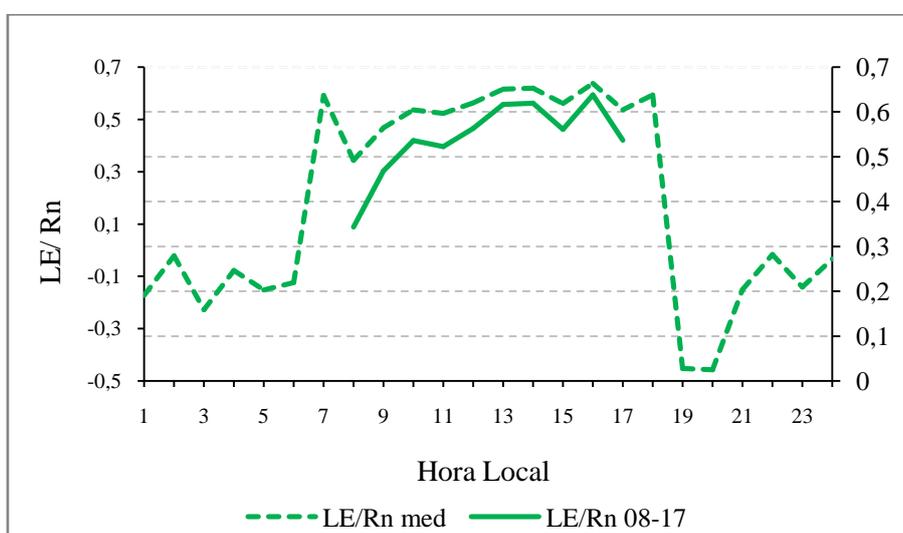


Figura 4.34- Ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação em área de floresta. O eixo principal corresponde ao LE/Rn médio e o eixo secundário corresponde ao LE/Rn entre 08 e 17 HL.

Para a área de pastagem (Figura 4.35), o maior valor de LE/Rn encontrado foi às 17 HL, quando LE representou, na média, 54% da energia disponível. Segundo Galvão e Fisch (1998), este percentual foi de 65% na estação chuvosa de 1993. Durante o dia, verifica-se um aumento na razão, variando entre 0,17 às 09 HL e 0,54 às 17 HL, com média de 0,31. Às 18 HL, LE/Rn alcança o menor valor (-2,41), estes valores relativamente altos ocorrem quando Rn troca de sinal, ou seja, quando atinge valores próximos de zero.

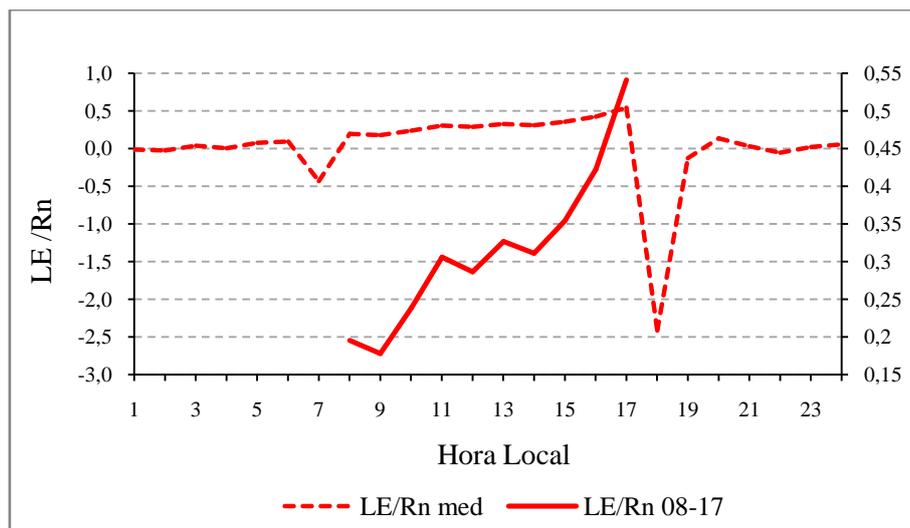


Figura 4.35- Ciclo médio diário da razão entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação em área de pastagem. O eixo principal corresponde ao LE/Rn médio e o eixo secundário corresponde ao LE/Rn entre 08 e 17 HL.

### 4.3.3 Razão de Bowen ( $\beta$ )

A razão de Bowen média em áreas de floresta e pastagem está representada na Figura 4.36. A quantificação dos fluxos de H e LE durante a noite é muito difícil, uma vez que o sistema “*eddy correlation*” só quantifica os fluxos se houver vento. Por outro lado, insetos e condensação dificultam o funcionamento do anemômetro sônico. Além do mais, quando os valores de LE são muito próximos de zero, ocasiona em um erro na equação da razão de Bowen. Por isso, foi feita a média apenas entre 08 às 17 HL.

Na área de floresta os valores de LE são tipicamente maiores, assim como os valores de H são maiores na pastagem. No entanto, as magnitudes de H e LE são diferentes, uma vez que em período chuvoso há uma predominância de devolução da energia disponível para a atmosfera em forma de evaporação tanto em floresta como em pastagem. A diferença média de LE entre os sítios é de 0,59 em favor da floresta.

Em área de floresta, constatou-se que  $\beta$  varia de -0,005 às 17 HL a 0,35 às 11 HL. Galvão e Fisch (1998) também encontraram o valor máximo em área de floresta às 11 HL (em torno de 0,4) para o fim da estação chuvosa de 1993. Valores negativos de razão de Bowen podem ocorrer quando ou H ou LE são negativos, ou quando há erro de instrumento.

As médias entre 08 e 17 HL também mostraram bastante oscilação em área de pastagem. Verificou-se que  $\beta$  diminui no decorrer do dia, variando entre 1,18 às 08 HL e 0,34 às 17 HL. Galvão e Fisch (1998) para a estação chuvosa de 1993, encontraram valores de  $\beta$  em área de pastagem entre 0,3 e 0,4, comportamento que se mostrou muito mais constante.

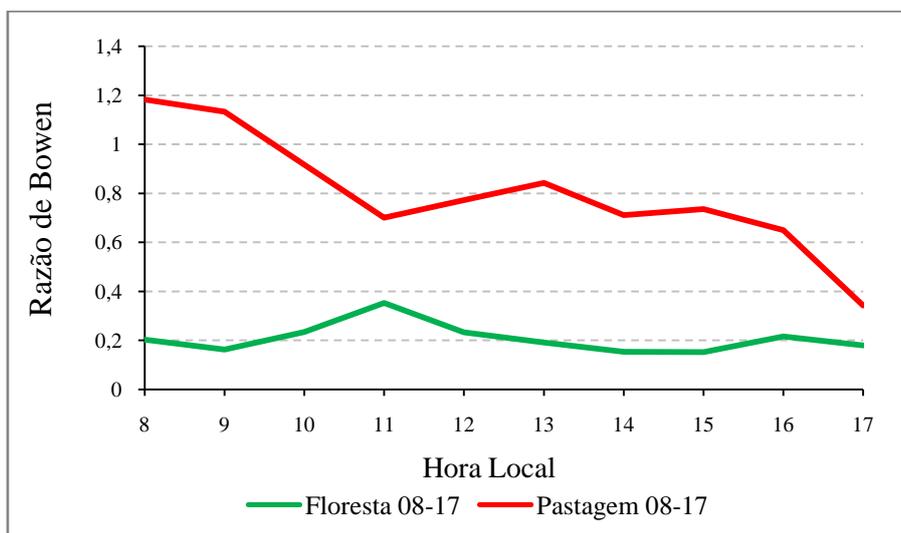


Figura 4.36- Ciclo médio diário da razão de Bowen em área de floresta (verde) e pastagem (vermelho).

Exceto pelos DJs 67 e 71, a média diária da razão de Bowen durante o dia em área de floresta (Figura 4.37) é bastante homogênea. Ocorre que nestes dias há uma predominância muito forte de LE, o que diminui a razão entre os fluxos de calor sensível e calor latente.

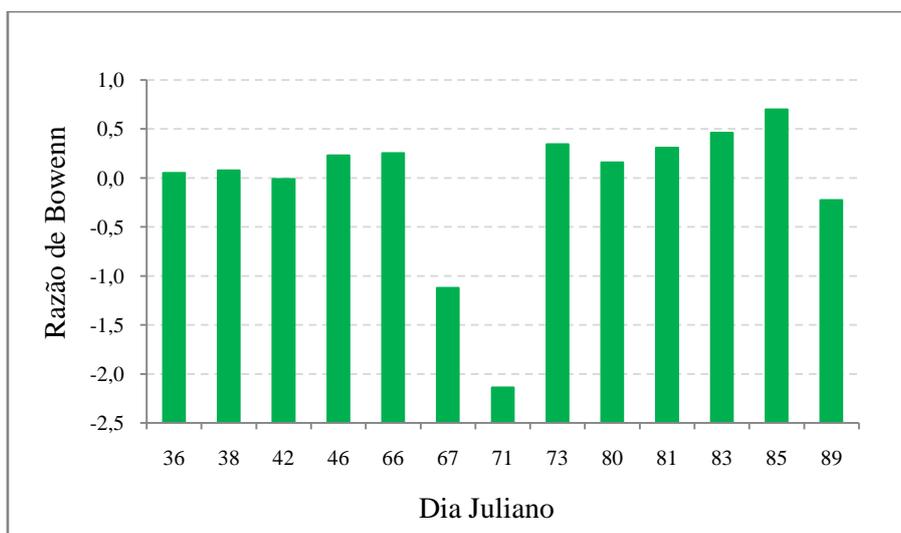


Figura 4.37- Razão de Bowen média entre 06 e 18 HL em área de floresta.

O maior valor médio de razão de Bowen entre 06 e 18 HL em área de pastagem (Figura 4.38) ocorreu no DJ 85, onde alcançou o valor de 2,08. O menor valor para essa variável ocorreu no DJ 42, com valor de -0,39. A média geral de  $\beta$  durante todos os dias foi 0,30, e entre o nascer e o pôr do Sol foi igual a 0,90.

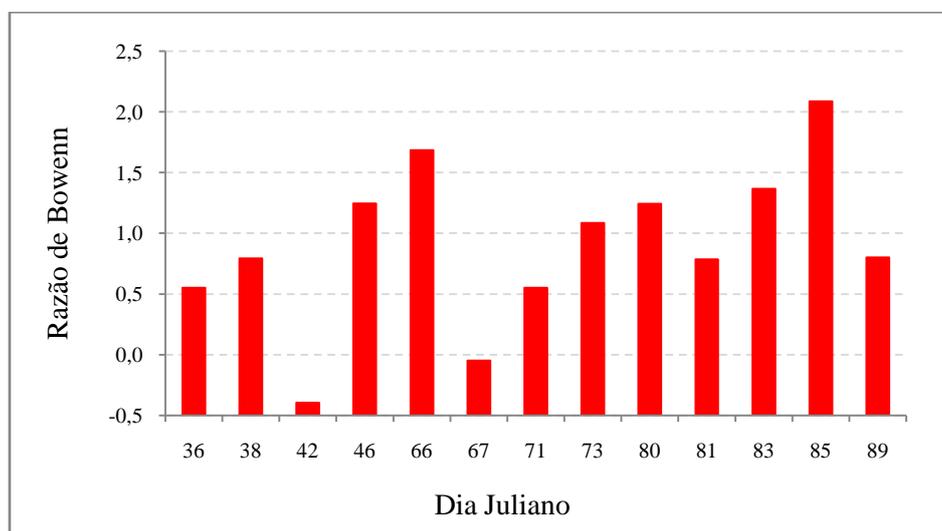


Figura 4.38- Razão de Bowen média entre 06 e 18 HL em área de pastagem.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES

Comparando as variáveis de superfície e os fluxos turbulentos de calor sensível e calor latente em áreas de floresta e pastagem, pode-se afirmar que a substituição da vegetação nativa por pastagem provocou mudanças significativas na atmosfera local, aumentando os valores de temperatura, velocidade do vento, fluxos de calor sensível e razão de Bowen e diminuindo os valores de umidade relativa, saldo de radiação e fluxo de calor latente.

A temperatura média em área de floresta foi de 23,7 °C e em área de pastagem, foi de 24,6 °C, portanto a área desmatada se mostrou mais quente, em média 0,88°C. No entanto, esta diferença média chega a 1,93 °C às 10 HL. Esses valores de temperatura se refletiram nos valores de umidade relativa, que se apresentaram mais baixos em área de pastagem, que se mostrou em média 11% mais seca, com valor médio de 84,1%, enquanto na floresta este valor foi de 95,9%.

A velocidade do vento alcançou o valor máximo de 4,87 m.s<sup>-2</sup> na floresta, enquanto na pastagem, o vento máximo foi de 11,03 m.s<sup>-1</sup>. Os ventos foram mais intensos na área desmatada, principalmente durante o dia (06 às 18 HL), quando a diferença média entre as localidades é próxima dos 2,3 m.s<sup>-1</sup>, o que corresponde a valores 41,26% mais altos.

O saldo de radiação se mostrou inferior em área desmatada, apresentando média de 91,23 W.m<sup>-2</sup>, contra 111,64 W.m<sup>-2</sup> na floresta, sendo em média 20,41 W.m<sup>-2</sup> menor (10%). No entanto, esta situação não contribuiu significativamente na distribuição dos fluxos de calor sensível e calor latente, uma vez que durante a estação chuvosa, tipicamente H é maior na pastagem e LE é maior na floresta.

O fluxo de calor sensível apresentou média de 10,12 W.m<sup>-2</sup> na floresta e 23,29 W.m<sup>-2</sup> na pastagem, apresentando-se, em média, 13,16 W.m<sup>-2</sup> maior na área degradada, o que corresponde a 39,41%. Entre 08 e 17 HL, a energia disponível convertida em aquecimento do ar (H/Rn) em área de pastagem representou, em média, 23,04% de Rn, contra apenas 11,18% na floresta.

O fluxo médio de LE na floresta foi de  $71,07 \text{ W.m}^{-2}$ , e em área desmatada foi de  $32,75 \text{ W.m}^{-2}$ , em média 36,7% inferior, ou seja, em torno de  $38 \text{ W.m}^{-2}$ . A porcentagem da energia disponível convertida em evaporação (LE/Rn) na área desmatada foi de apenas 31,6%, enquanto na área de floresta nativa foi de 54%.

A razão de Bowen ( $\beta$ ) na área desmatada, entre 08 e 17 HL, foi quase 60% maior que na floresta. Na pastagem,  $\beta$  médio foi bem maior (0,79), apresentando uma diferença de 0,59 entre os sítios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, L. J. G.; COSTA, J. M. N.; AGUIAR, R. G.; GOMES, V.. **Albedos em áreas de pastagem e de floresta no sudoeste da Amazônia**. In: XIV Congresso Brasileiro DE Meteorologia, 2006, Florianópolis. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006a.
- AGUIAR, R. G.; RANDOW, C. V.; PRIANTE FILHO, N.; MANZI, A. O.; AGUIAR, L. J. G.; CARDOSO, F. L.. Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 248-257, 2006b.
- ALBRECHT, R. I.; SILVA DIAS, M.A.F.. Microphysical evidence of the transition between predominant convective/stratiform rainfall associated with the intraseasonal oscillation in the Southwest Amazon.. **Acta Amazonica, Brasil**, v. 35, n. 2, p. 175-184, 2005.
- BASTABLE, H. G.; SHUTTLEWORTH, W. J.; DALLAROSA, R., FISCH, G.; NOBRE, C. A.. Observation of climate, albedo and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. **International Journal Climatological**, 13, 783-796, 1993.
- BOLETIM CLIMANÁLISE 2002. **Fevereiro**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/revclima/boletim>>. Acesso em dezembro de 2009.
- BOLETIM CLIMANÁLISE 1994. **Março**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/revclima/boletim>>. Acesso em dezembro de 2009.
- CABRAL, F. C. ; ROCHA H. R. ; FREITAS, E. D. . Simulação de fluxos de superfície sobre diferentes tipos de vegetação. **Ciência e Natura**, v. Especial, p 269-272, 2007.
- CARMO, A. M. C.; FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B.. **Aplicação do Método das Variáveis Conservativas no Estudo da Estrutura da Camada Limite Amazônica**. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia. VIII Congresso da FLISMET, Brasília-DF, 1998.
- CLIMA DA AMAZÔNIA, disponível em:  
< <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html> >
- COHEN, J.C.P.; BELTRAO, J. C.; GANDU, A.W.; SILVA, R.R.. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura (SBPC)**, v. 59, p. 3, 2007.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M.A.F.; COSTA, W.. **Características médias das linhas de instabilidade durante o período chuvoso do WETAMC/LBA.** In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia., 2000, Rio de Janeiro. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia., 2000. p. 1576-1582.

CORREIA, F. W. S.; ALVALÁ, R. C. S.; MANZI, A. O.; GIELOW, R.; KUBOTA, P. Y.. Calibração do "simplified simple biosphere model - SSiB" para áreas de pastagem e floresta na Amazônia com dados do LBA. **Acta Amazonica**, v. 35 (2), p. 273-288, 2005.

CORREIA, F. W. S.; ALVALA, R. C. S.; MANZI, A. O.. Impacto das Modificações da Cobertura Vegetal no Balanço de Água na Amazônia: Um estudo com Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 153-167, 2006.

COSTA, A. A.; PAULIQUEVIS, T.. Aerossóis, nuvens e clima: Resultados do experimento LBA para o estudo de aerossóis e microfísica de nuvens. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 234-253, 2009.

Experimento LBA, disponível em <lba.cptec.inpe.br/lba/site/> acesso em setembro de 2009.

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

FISCH, G.; LEAN, J.; WRIGHT, I. R.; NOBRE, C. A.. Simulações Climáticas do Efeito do Desmatamento Na Região Amazônica: Estudo de Um Caso Em Rondônia. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 12, n. 9, p. 33-48, 1997.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, 1998.

FISCH, G.; TOTA, J.; MACHADO, L. A. T.; LYRA, R. F. F.; SILVA DIAS, M. A. F.; DOLMAN, A.J.; GASH, J. H. C.. The convective boundary layer over pasture and forest in Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, Hamburgo, Alemanha, v. 77, n. 1-3, p. 47-59, 2004.

GALVÃO, J.A.C.; FISCH G.. **Análise do balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia.** In: Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília-DF, (MI98003),1998.

GALVAO, J. A. C.; FISCH, G.. Balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2000a.

GALVAO, J. A. C.; FISCH, G.. Balanço de energia em áreas de floresta e pastagem na Amazonia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 2, p. 25-38, 2000b.

GARSTANG, M.; ULANSKI, S.; GRECO, S.; SCALA, J.; SWAP R.; FITZJARRALD, D.; MARTIN, D.; BROWELL, E.; SHIPMAN, M.; CONNORS, V.; HARRIS, R.; TALBOT, R. The Amazonian Boundary Layer Experiment (ABLE2B): A Meteorological Perspective. **Bulletin American Meteorological Society**. v. 71 N°1, p. 19-32, January. 1990.

GASH, J.H.; NOBRE.. Amazonian Deforestation and Climate. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 78 N° 5, p. 823-830, May.1997.

GIBBS/NOAA, disponível em <<http://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/>>, acesso em setembro de 2009

IBGE, Disponível em < [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) > acesso em dezembro de 2009

IMBUZEIRO, H. M. A.; NUNES, E.L.; CUADRA, S.V.. **Caracterização dos fluxos de energia do ecossistema de floresta Amazônica**. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracajú. Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em novembro de 2009.

LEITE, C.C.. **Evolução das condições atmosféricas entre as regiões de floresta e de pastagem no oeste da Amazônia durante a estação chuvosa de 1999**. 57 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Meteorologia) – UFAL, Maceió, 2002.

LEITE, C.C.. **Características da Camada Limite Convectiva durante a transição da estação seca para chuvosa na Amazônia – Comparação floresta/pastagem (DRY TO WET AMC/LBA – 2002)**. 79 p. Dissertação (mestrado em Meteorologia) – UFAL, Maceió, 2004.

LIBERATO, A. M.; BRITO, J. I. B.. Fluxos de CO<sub>2</sub> entre a vegetação e a atmosfera na Amazônia. **Ciência e Natura**, v. Especial., p. 63-66, 2007.

LONGO, M.; ALBRECHT, R. I.; MACHADO, L. A. T.; FISCH, G.; SILVA DIAS, M.A.F. . Controle de qualidade dos dados de radiossondagem da campanha WET-AMC/LBA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, p. 243-253, 2002.

LONGO, M.; SILVA DIAS, M.A.F.; CAMARGO, R.. Análise das características dinâmicas e sinóticas de um evento de friagem durante a estação chuvosa no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 1, p. 59-72, 2004.

LYRA, R. F. F.; MOLION, L. C. B.; SILVA, M. R. G.; FISCH, G. F.; NOBRE, C. A.. Some aspects of the atmospheric boundary layer over Western Amazonia: dry season 1994. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 18, n. 1, p. 79-85, 2003.

MACHADO, L. A. T.; LAURENT, H.. **Características dinâmicas e termodinâmica da convecção observadas na amazônia durante o AMC/LBA**. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000.

MARQUES FILHO, A. O. ; RIBEIRO, M. N. G.. Relações entre fluxos e gradientes sobre floresta. **Acta Amazonica**, v. 18, p. 35-47, 1988.

MICHILES, A. A. S.; GIELOW, R.. **Armazenamento e Balanço de Energia em Superfície para uma Área de Floresta no Sudoeste da Amazônia**. In XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. Anais do XIV CBMet. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006.

MOLION, L. C. B.; A Amazônia e o Clima da Terra. **Ciência Hoje**, v. 8, N0 48, p. 42-47; 1990

MOLION, L.C.B.; Global Climate Impacts of Amazonia Deforestation. **Revista Geofísica**, v. 42, p. 89-101; 1995

MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; BENINCASA, M.; SOUZA, J. L.; NASCIMENTO FILHO, M. F.. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 1-4, 1999.

MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; TENORIO, R. S.; NASCIMENTO FILHO, M. F.; BENINCASA, M.. Comparação da radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Brasil, v. 16, n. 1, p. 91-100, 2001.

NEVES, T. T. A. T.; LYRA, R. F. F.; OMENA, J. C. R.. **Desenvolvimento de um modelo da camada limite convectiva**. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis -SC. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.

OLIVEIRA, A. P.; FITZJARRALD, D. . The Amazon River Breeze and the Local Boundary Layer: I. Observations.. **Boundary - Layer Meteorology**, Canada, v. 63, p. 141-162, 1993.

OLIVEIRA, A. P.; FITZJARRALD, D. . The Amazon River Breeze and Local Boundary Layer: II. Linear Analysis and Modelling. **Boundary - Layer Meteorology**, Canada, v. 67, p. 75-96, 1994.

OLIVEIRA, G. S. **Conseqüências climáticas da substituição gradual da floresta tropical amazônica por pastagem degradada ou por plantação de soja: um estudo de modelagem**. Tese de doutorado, INPE, São José dos Campos – SP, 403p, 2008.

OLIVEIRA, P. J.; FISCH, G.. Efeito da turbulência na camada limite atmosférica em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 2, p. 39-44, 2000.

OLIVEIRA, P. J.; FISCH, G.. Perfil de vento em áreas de floresta e de pastagem na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 4, p. 581-585, 2001.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; MARIANO, G. L.. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zênital na região amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Brasil, v. 21, n. 3, p. 1-8, 2006.

ROCHA, C. H. E. D.. **Termodinâmica da Camada Limite Atmosférica durante a estação chuvosa no Oeste da Amazônia – LBA/TRMM 1999**. 100p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – UFAL, Maceió, 2003.

ROCHA, C. H. E. D.; LYRA, R. F. F.; SILVA, M. R. G.; SILVA, A. E.; LEITE, C. C.; SILVA, D. A. F.; CIAMPI, B. L.. **Evolução da camada limite atmosférica no oeste da amazônia - comparação entre as estações seca e chuvosa - Parte 1: em área de floresta nativa**. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu - PR. Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002.

ROCHA, C. H. E. D.; LYRA, R. F. F. ; SILVA, M. R. G.; SILVA, A. E.; LEITE, C. C.; SILVA, D. A. F.; CIAMPI, B. L.. **Evolução da camada limite atmosférica no oeste da amazônia-comparação entre as estações seca e chuvosa - Parte 2: em área de pastagem** . In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu - PR. Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002.

ROY, S. B.; AVISSAR R.. Impact of land use /land cover change on regional hydrometeorology in Amazonia. **Journal of geophysical research**, vol. 107, N. D20, DOI 10.1029/2000JD000266, 2002.

SA, L. D. A.; PACHECO, V. B. . Wind Velocity Above and Inside Amazonian Rain Forest in Rondônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 50-58, 2006.

SANTOS, E. O.. **Perfil e Fluxos Turbulentos de CO<sub>2</sub> na Camada Limite Noturna da Floresta Amazônia Central**. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro 2000.

SANTOS, L. A. R.; FISCH, G.. Intercomparação entre quatro métodos de estimativa da altura da Camada Limite Convectiva durante o Experimento LBA RACCi 2002 em Rondônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 322-328, 2007. ; Série: 3; ISSN/ISBN: 01027786.

SANTOS, R. M. N.; FISCH, G.; DOLMAN A.J.; WATERLOO, M.. Modelagem da Camada Limite Noturna (CLN) durante a época úmida na Amazônia sob diferentes condições de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 387-407, 2007.

SILVA, M. R. G.; LYRA, R. F. F.. **Comparação Floresta/Pastagem ao Nível da Baixa Troposfera durante o Rble3**. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998, Brasília. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998.

SILVA, C. M. S.; LYRA, R. F. F.. **Modelo prognóstico do crescimento da camada limite convectiva em função dos fluxos em superfície**. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis -SC. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.

SILVA, C. M. S.; LYRA, R. F. F.. Estimativa da altura da camada limite planetária a partir de radiossondagens e por um SODAR: experimento DRY TO WET-AMC/LBA-2002. **Ciência e Natura**, v. Especial, p. 153-155, 2007.

SILVA, C. M. S.; LYRA, R. F. F.. Comparação do perfil do vento medido por radiossondas e por um SODAR durante o experimento DRYTOWET-AMC/LBA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 356-363, 2009.

SILVA DIAS, M.A.F. . Meteorologia, desmatamento e queimadas na Amazônia: uma síntese de resultados do LBA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 190-199, 2006.

SILVA DIAS, M.A.F.; COHEN, J. C. P.; GANDU, A. W. . Interações entre Nuvens, Chuvas e a Biosfera na Amazônia. **Acta Amazonica**, Brasil, v. 35, n. 2, p. 215-222, 2005.

SILVA, N. C.; LYRA, R. F. F. . **Modelo prognóstico do crescimento da camada limite convectiva em função dos fluxos em superfície**. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis-SC. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.

SOUZA, E. P.; RENNO, N.; SILVA DIAS, M.A.F. . Convective circulations induced by surface heterogeneities. . **Journal of the Atmospheric Sciences**, Boston, Ms, Estados Unidos, v. 57, p. 2915-2922, 2000.

SOUZA FILHO, J. D.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H. ; ROCHA, E J. P. ; COHEN, J. C. P.. Variação Sazonal do Balanço de Radiação em uma Floresta Tropical no Nordeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 318/330, 2006.

SOUZA, S. S.; LYRA, R. F. F.. Características observadas da termodinâmica da camada limite atmosférica sobre Rondônia e suas relações com a substituição de áreas de florestas naturais por pastagens: projeto RBLE . **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, n. 2, p. 157-164, 2002.

STULL, R. B. **An introduction to boundary layer meteorology**. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher, 1988, 666p.

TOTA, J.; FISCH, G.. **Modelo de estimativa de fluxo regional aplicado em áreas de floresta e pastagem na Amazônia**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia – I Simpósio Brasileiro de Micrometeorologia, Brasília, 1998.

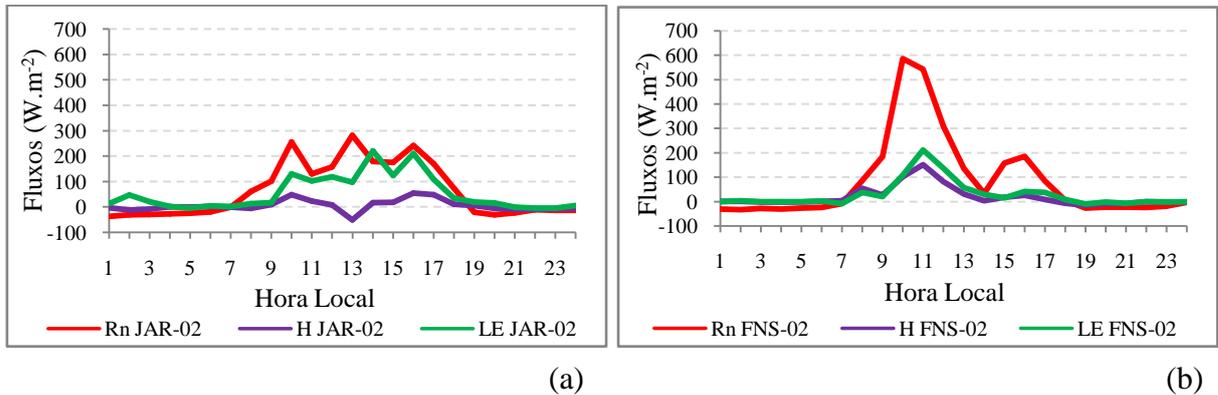
VON RANDOW, C.. **On turbulent exchange processes over Amazonian forest**. 166p. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2007.

WEBLER, A. D.; AGUIAR, R. G.; AGUIAR, L. J. G.. Características da precipitação em área de floresta primária e área de pastagem no Estado de Rondônia. **Ciência e Natura**, v. Especial, p. 55-58, 2007.

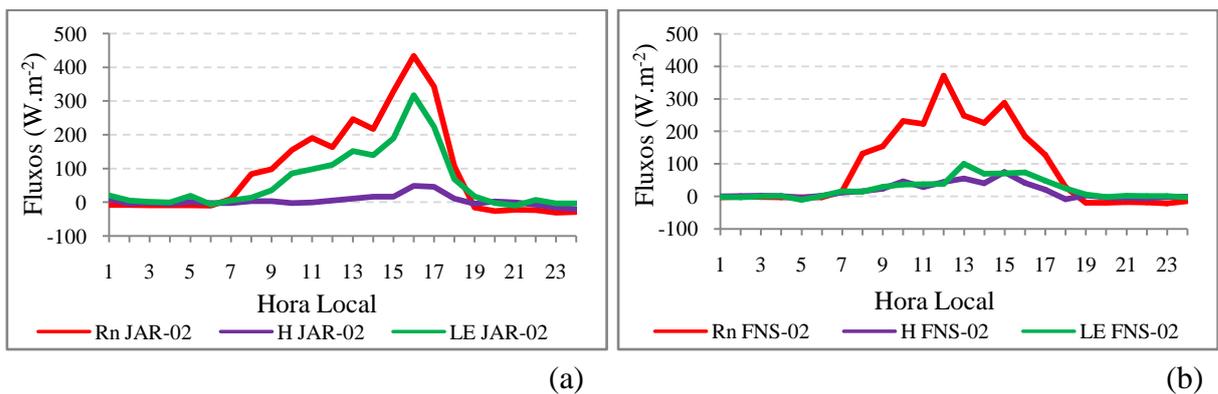
Site do projeto LBA, disponível em <[lba.cptec.inpe.br/lba/site/](http://lba.cptec.inpe.br/lba/site/)> acessado em setembro de 2009.

### Anexo A- Fluxos diários de Rn, H e LE em áreas de floresta e pastagem.

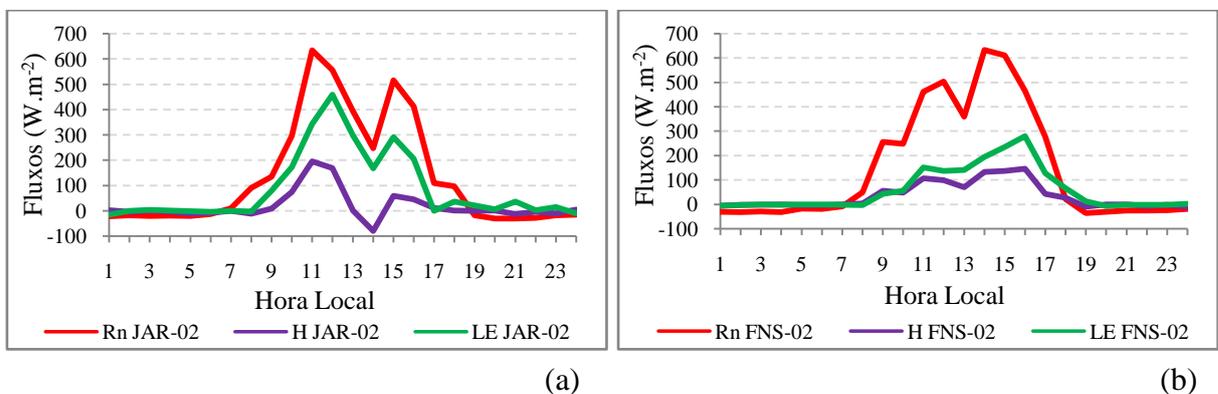
Evolução horária dos fluxos saldo de radiação (linha vermelha), calor sensível (linha roxa) e calor latente (linha verde), expressos em unidades de  $W.m^{-2}$  nos seguintes dias:



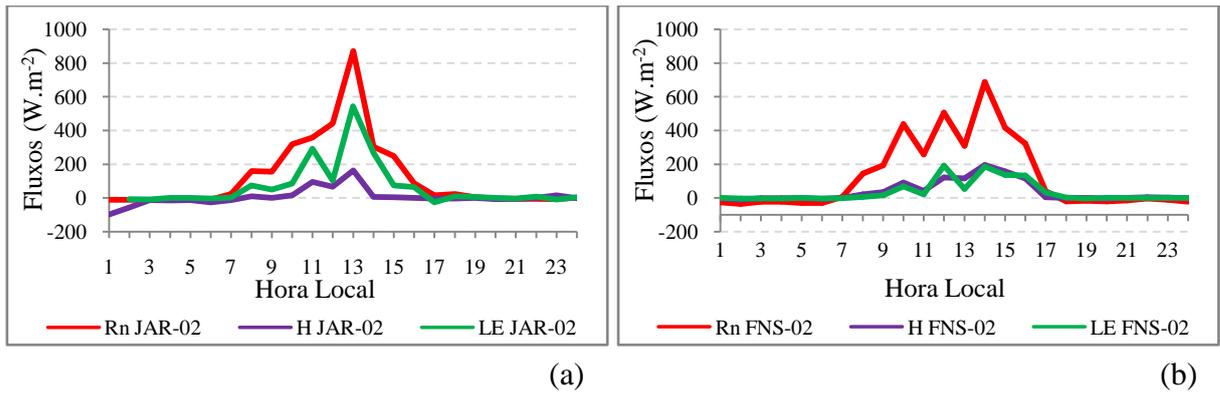
**Figura A.1-** Dia Juliano 36 (05/fev) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).



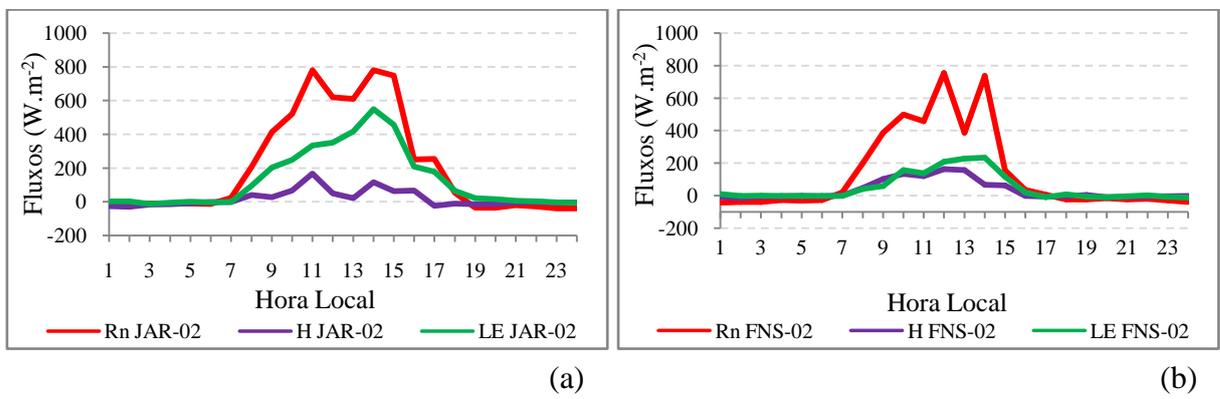
**Figura A.2-** Dia Juliano 38 (07/fev) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).



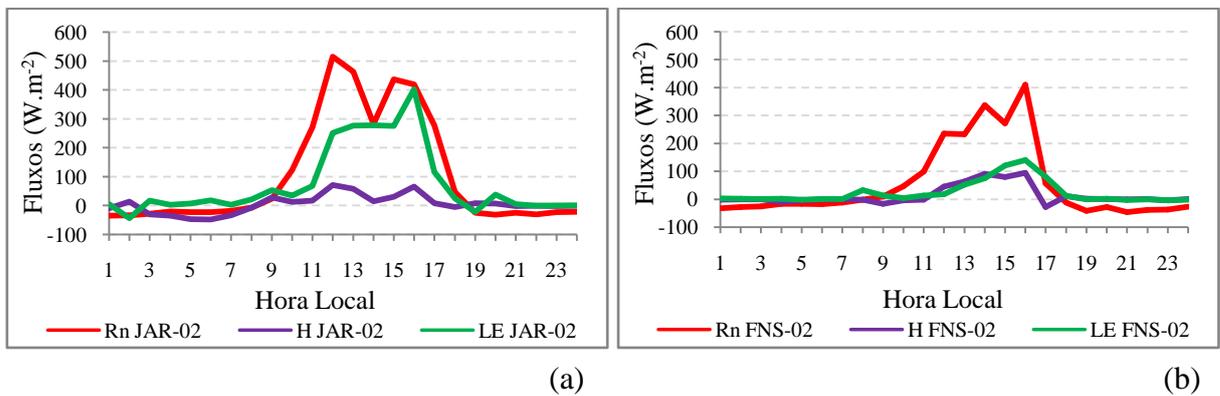
**Figura A.3-** Dia Juliano 42 (11/fev) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).



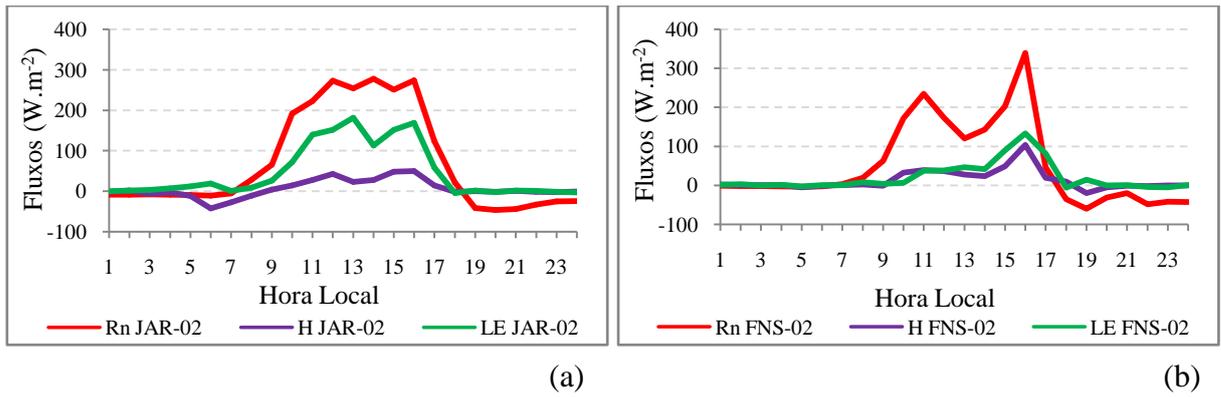
**Figura A.4-** Dia Juliano 46 (15/fev) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).



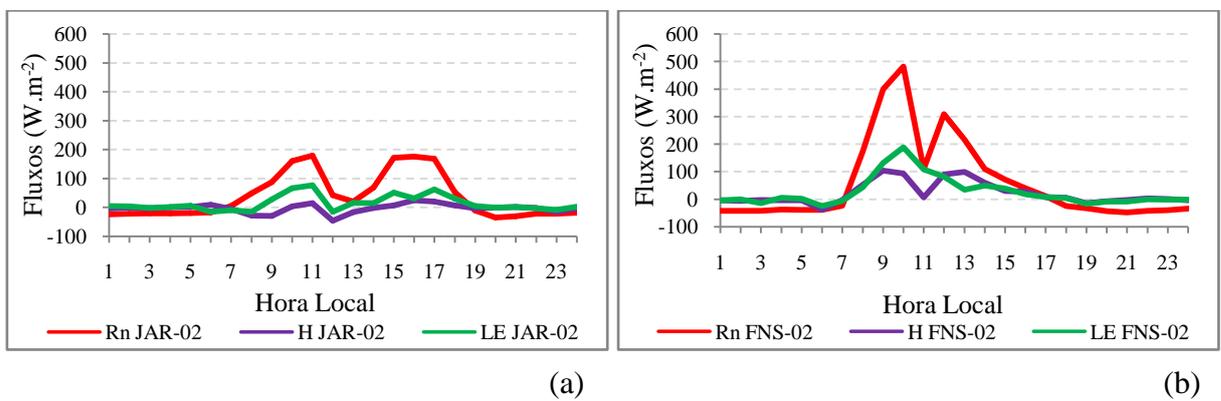
**Figura A.5-** Dia Juliano 66 (07/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).



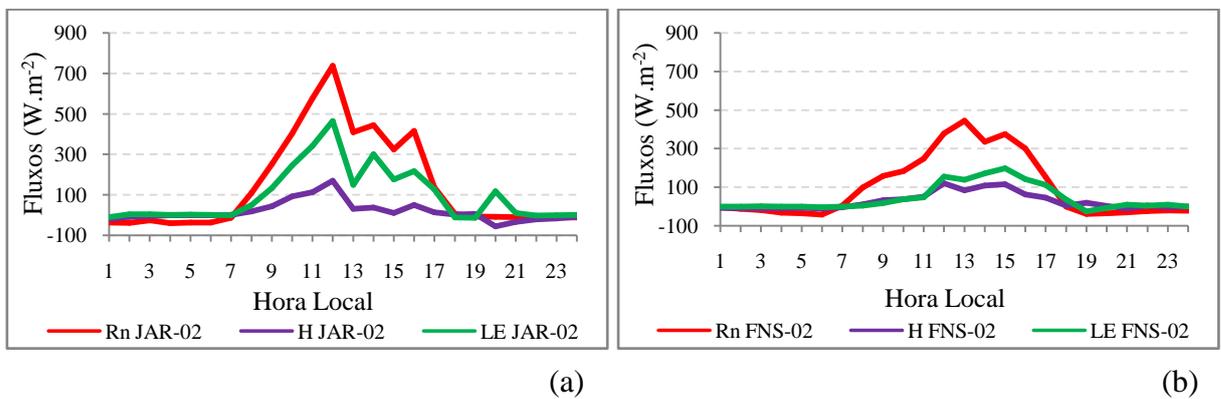
**Figura A.6-** Dia Juliano 67 (08/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).



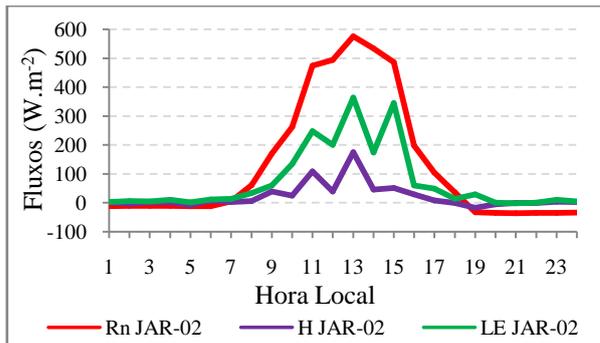
**Figura A.7-** Dia Juliano 71 (12/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).



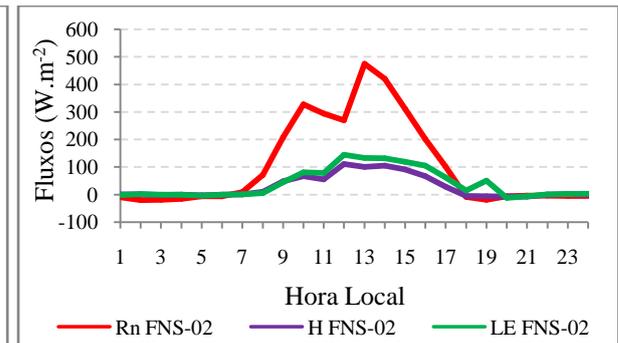
**Figura A.8-** Dia Juliano 73 (14/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).



**Figura A.9-** Dia Juliano 80 (21/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).

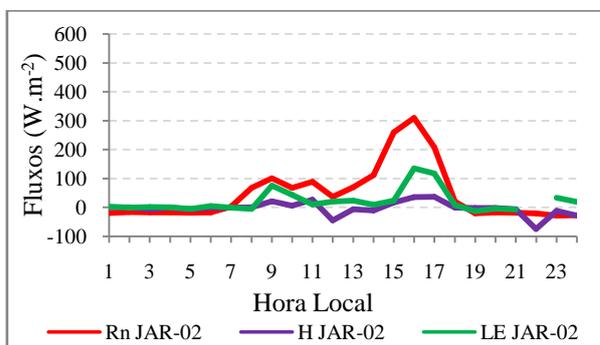


(a)

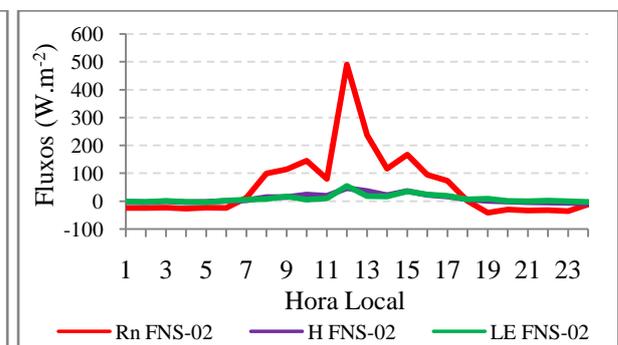


(b)

**Figura A.10-** Dia Juliano 81 (22/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).

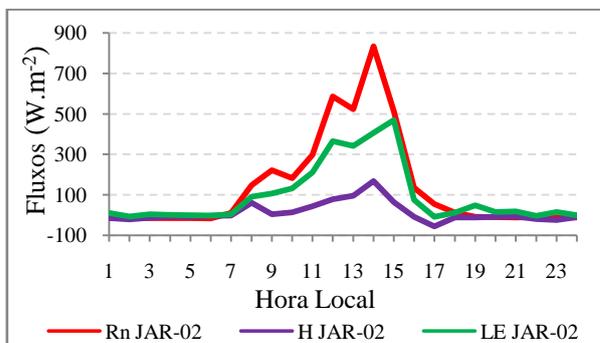


(a)

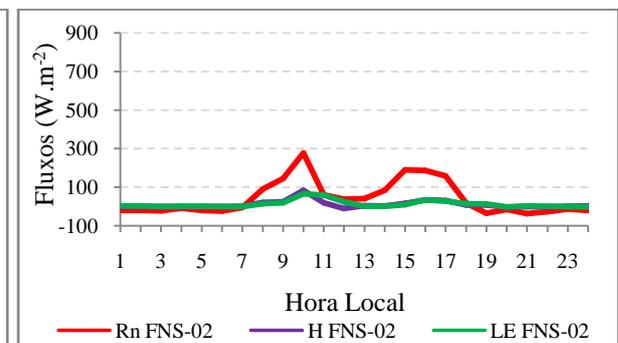


(b)

**Figura A.11-** Dia Juliano 83 (24/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).

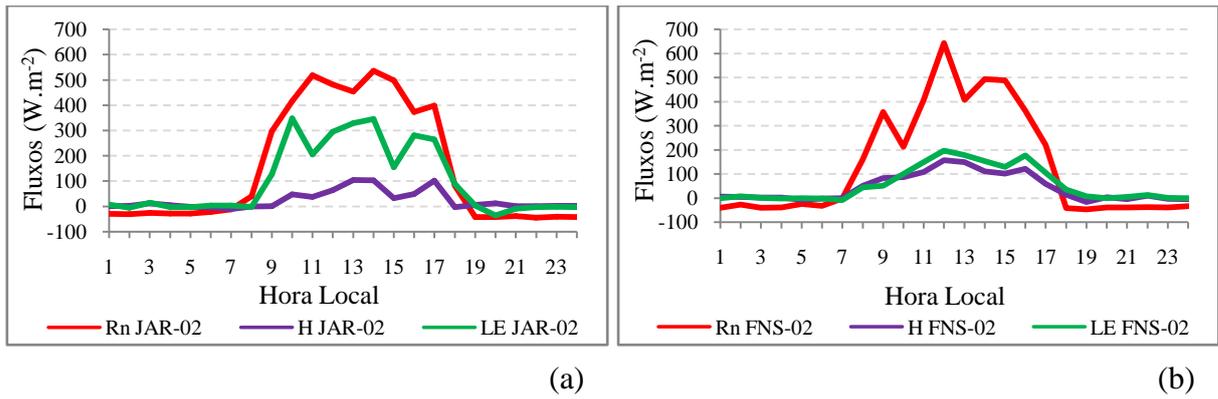


(a)



(b)

**Figura A.12-** Dia Juliano 85 (26/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).

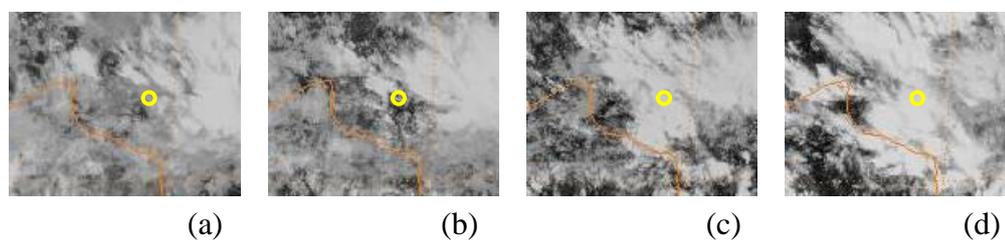


**Figura A.13-** Dia Juliano 89 (30/mar) em área de Floresta (a) e Pastagem (b).

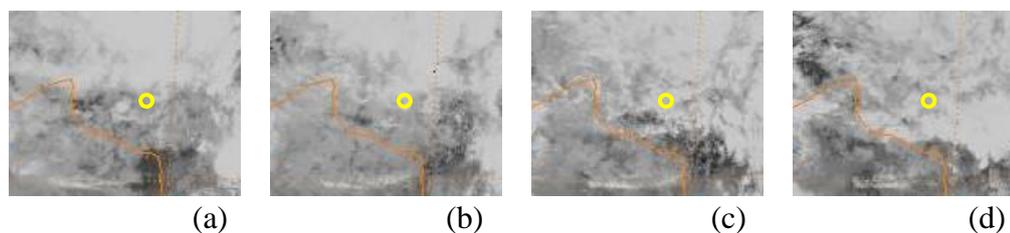
### Anexo B – Imagens de satélite no canal IR

Imagens de satélite no canal IR para os dias estudados. A Área marcada em amarelo posiciona a região de estudo.

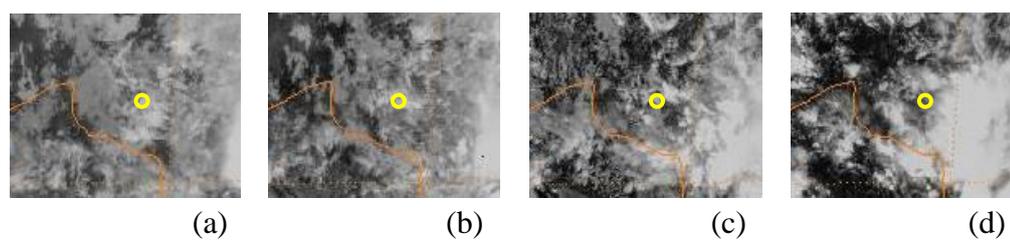
Fonte: GIBBS/NOAA.



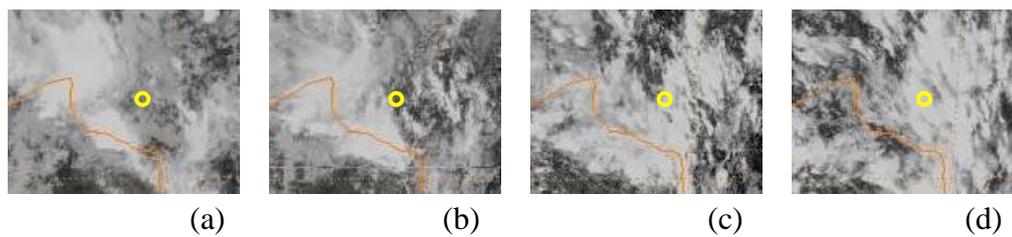
**Figura B.1-** Dia Juliano 36 (05/fev) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



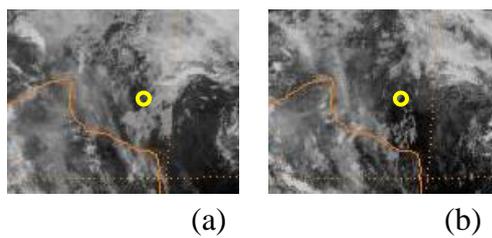
**Figura B.2-** Dia Juliano 38 (07/fev) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



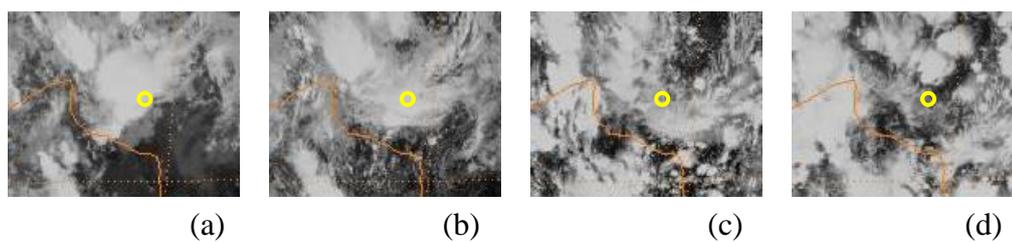
**Figura B.3-** Dia Juliano 42 (11/fev) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



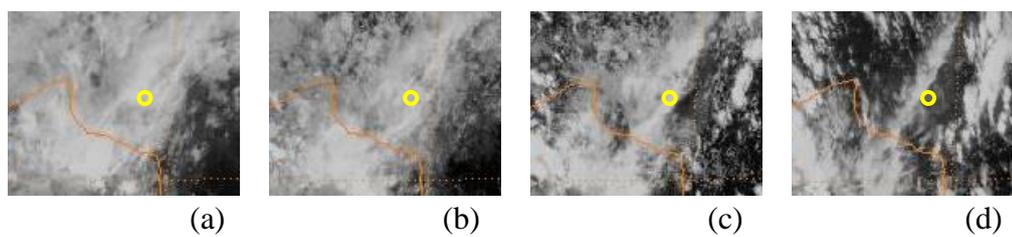
**Figura B.4-** Dia Juliano 46 (15/fev) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



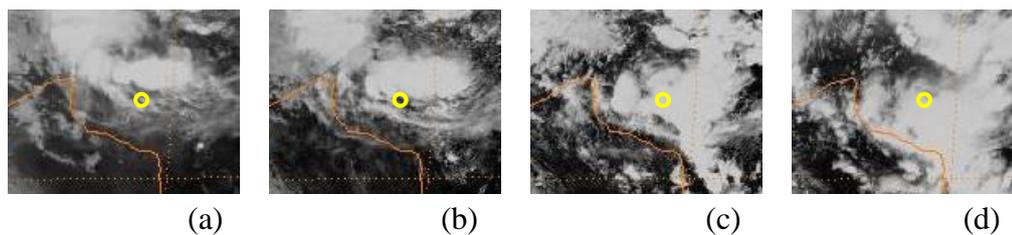
**Figura B.5-** Dia Juliano 66 (07/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a) e 11:00 (b).



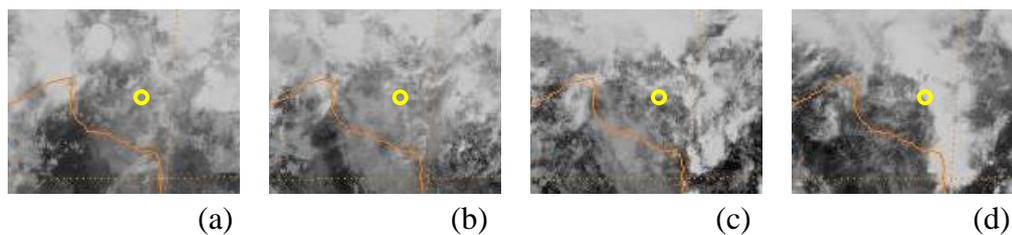
**Figura B.6-** Dia Juliano 67 (08/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



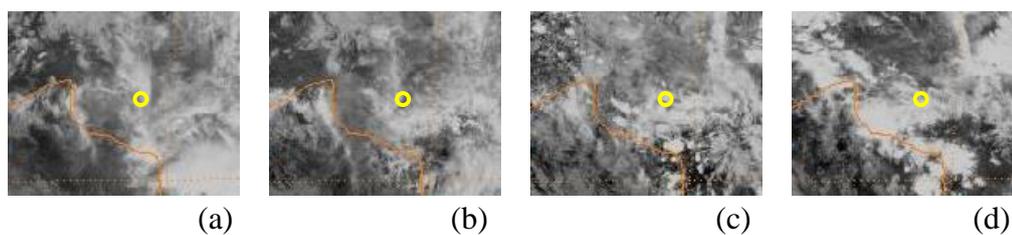
**Figura B.7-** Dia Juliano 71 (12/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



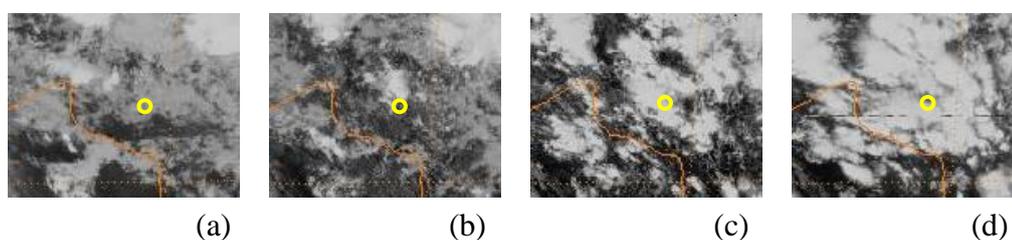
**Figura B.8-** Dia Juliano 73 (14/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



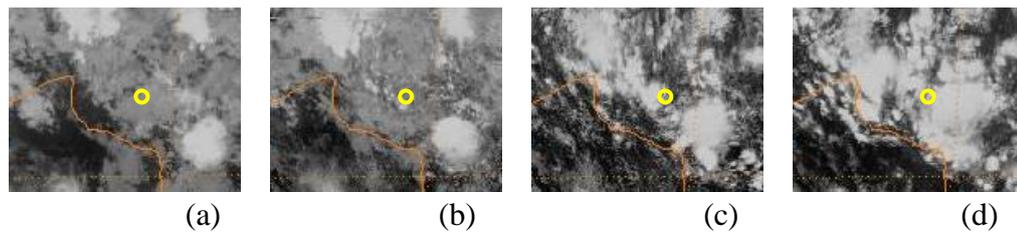
**Figura B.9-** Dia Juliano 80 (21/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



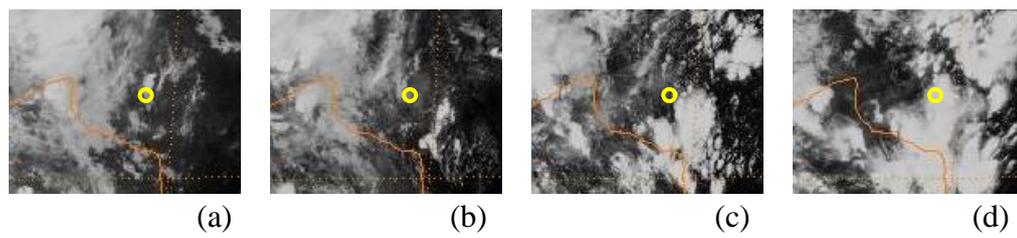
**Figura B.10-** Dia Juliano 81 (22/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



**Figura B.11-** Dia Juliano 83 (24/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).



**Figura B.12-** Dia Juliano 85 (26/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).

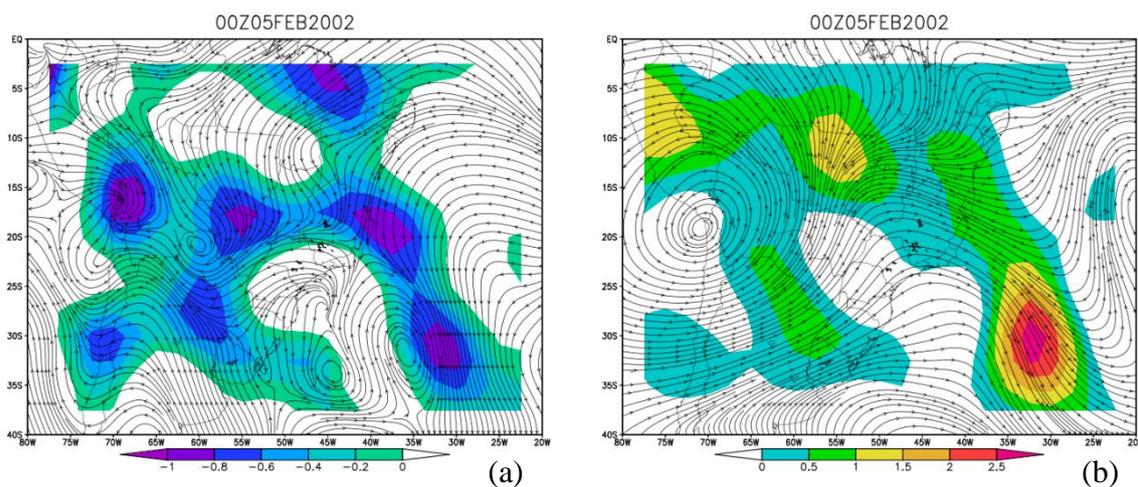


**Figura B.13-** Dia Juliano 89 (30/mar) nos seguintes horários locais: 08:00 (a), 11:00 (b), 14:00 (c) e 17:00 (d).

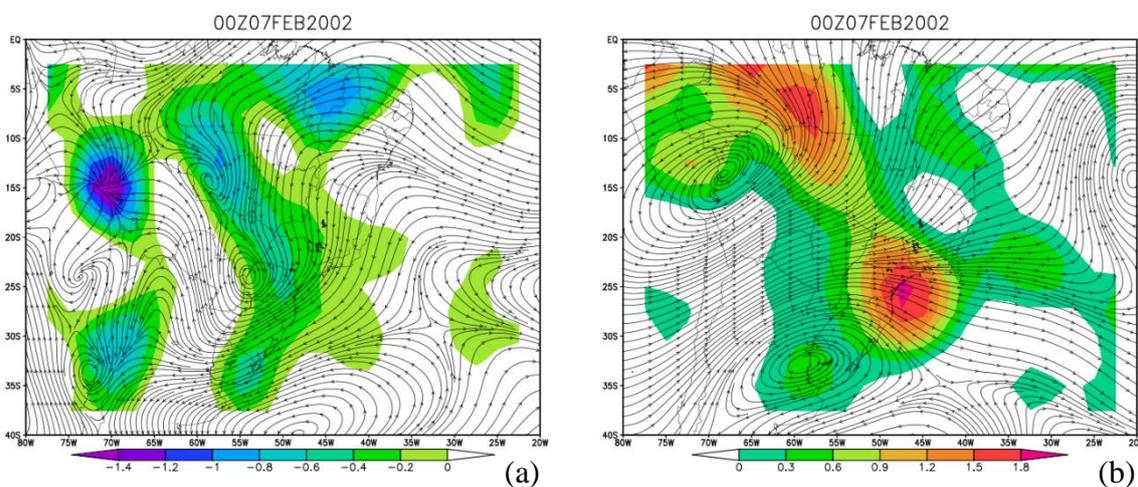
### Anexo C- Campos de linhas de corrente e divergência em 925 hPa e em 200 hPa.

Campos de linhas de corrente e divergência em 925 hPa e 200 hPa para os dias estudados. As linhas com setas representam a direção do escoamento e a área hachurada representa a divergência ( $\times 10^{-4}$ ) em  $s^{-1}$ .

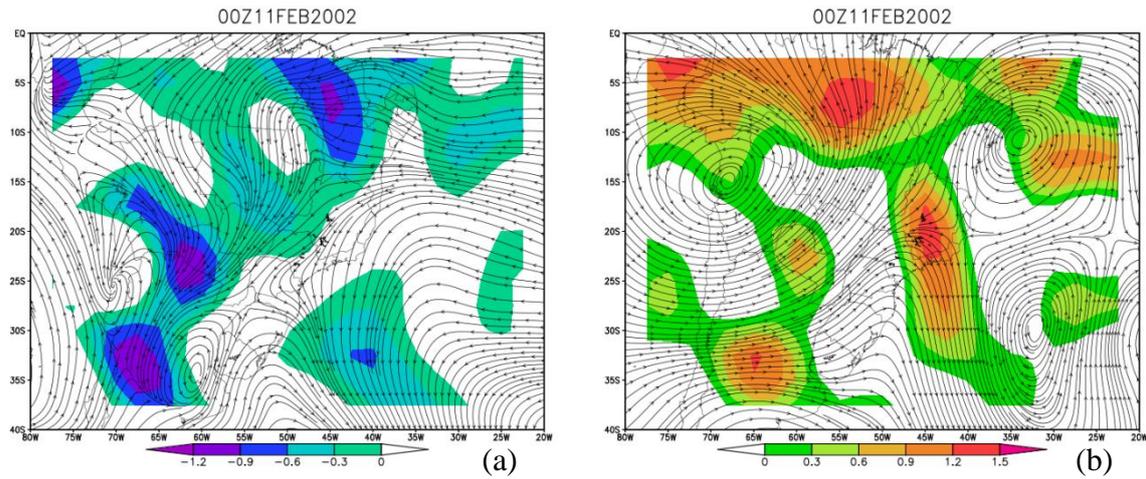
Fonte de dados: NCEP/NCAR.



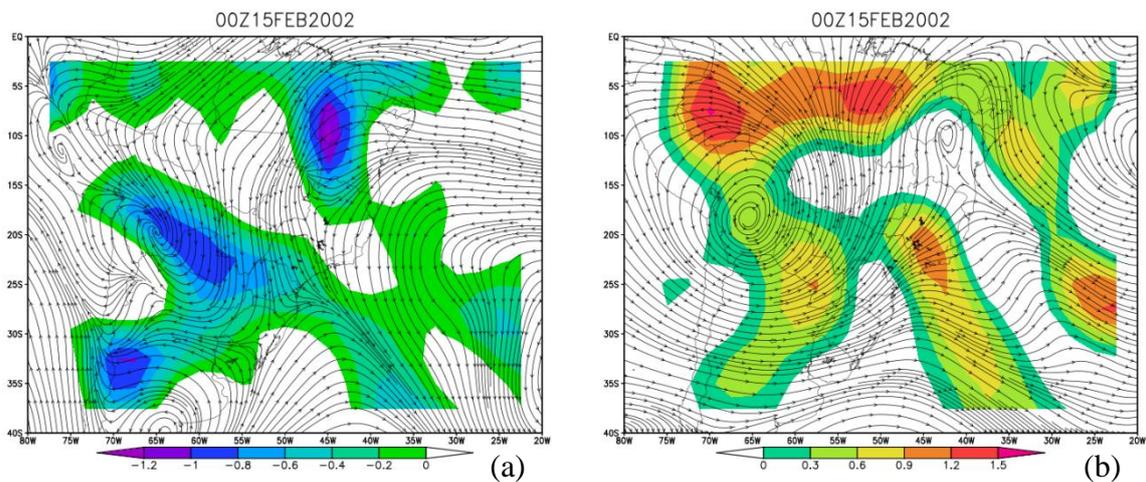
**Figura C.1-** Dia Juliano 36 (05/fev) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



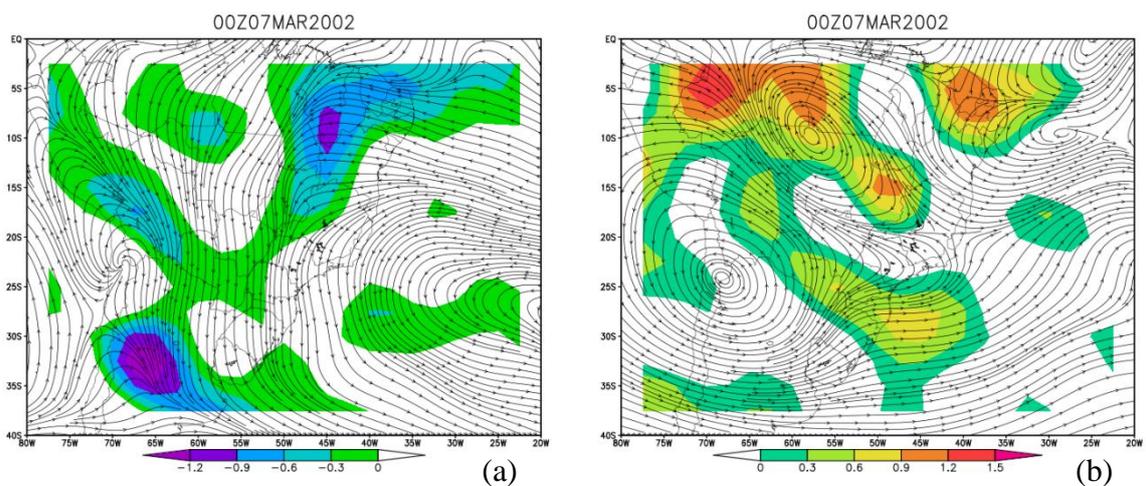
**Figura C.2-** Dia Juliano 38 (07/fev) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



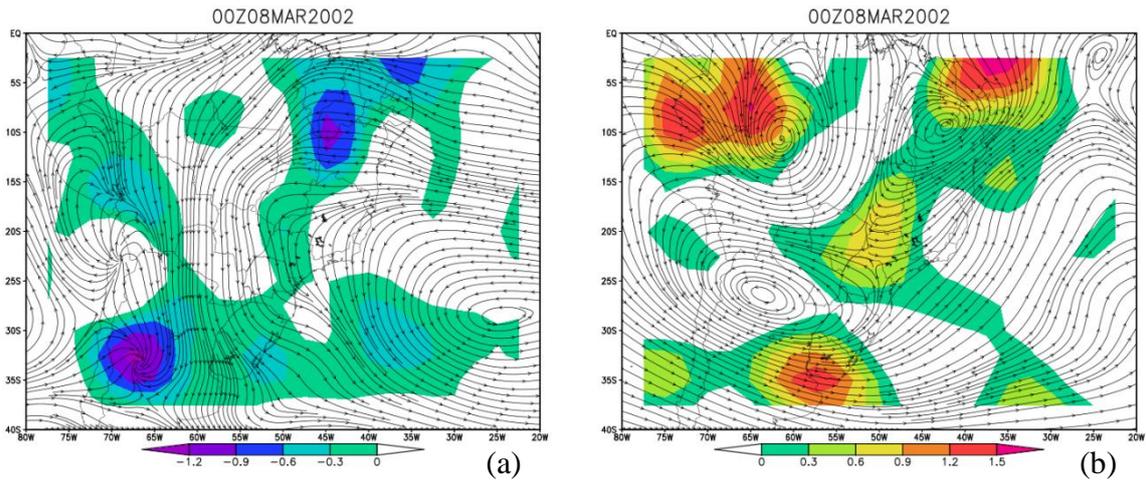
**Figura C.3-** Dia Juliano 42 (11/fev) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



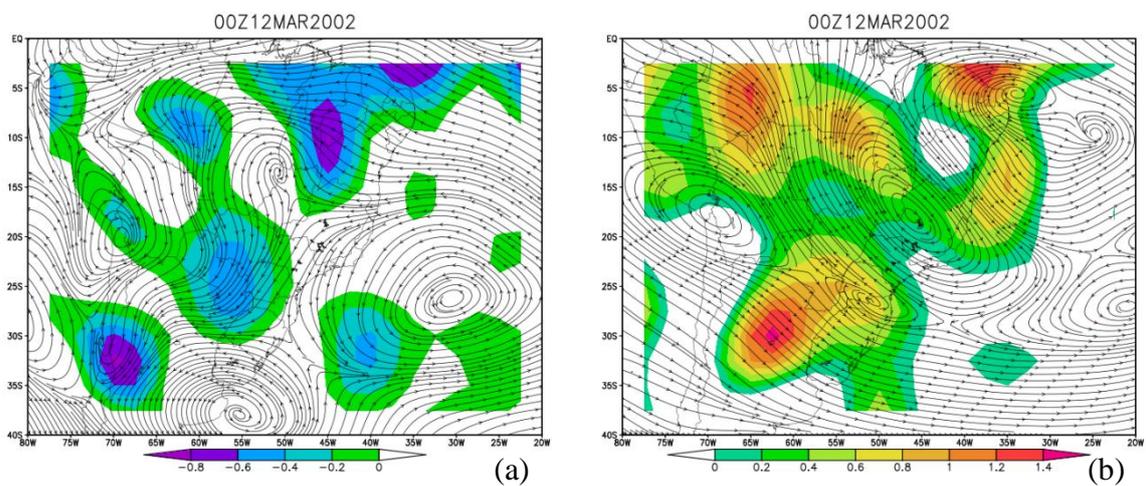
**Figura C.4-** Dia Juliano 46 (15/fev) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



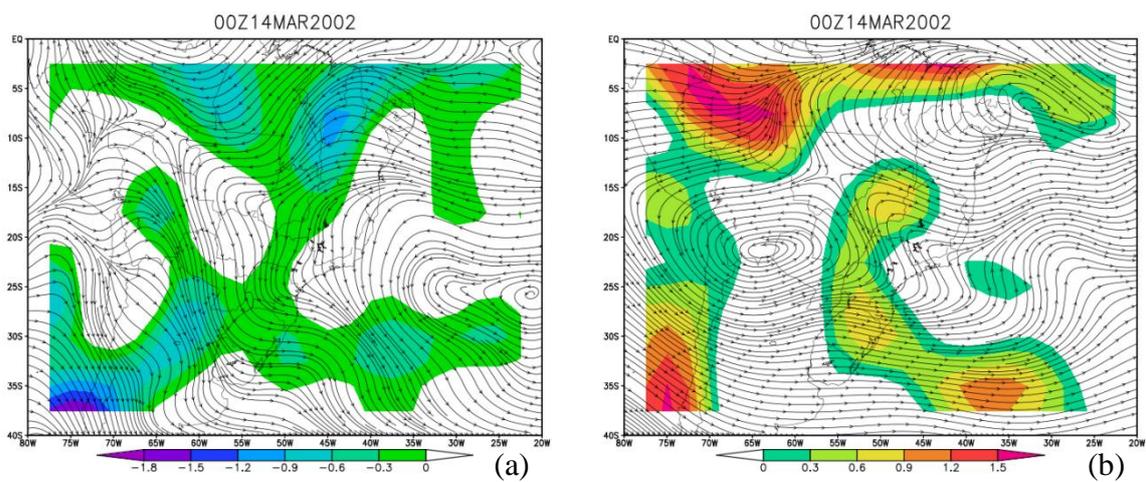
**Figura C.5-** Dia Juliano 66 (07/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



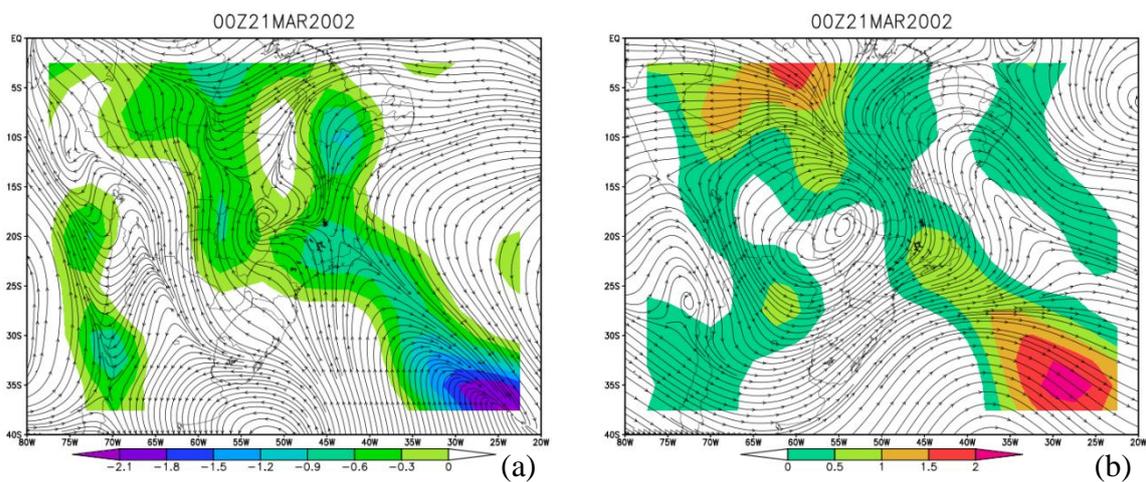
**Figura C.6-** Dia Juliano 67 (08/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



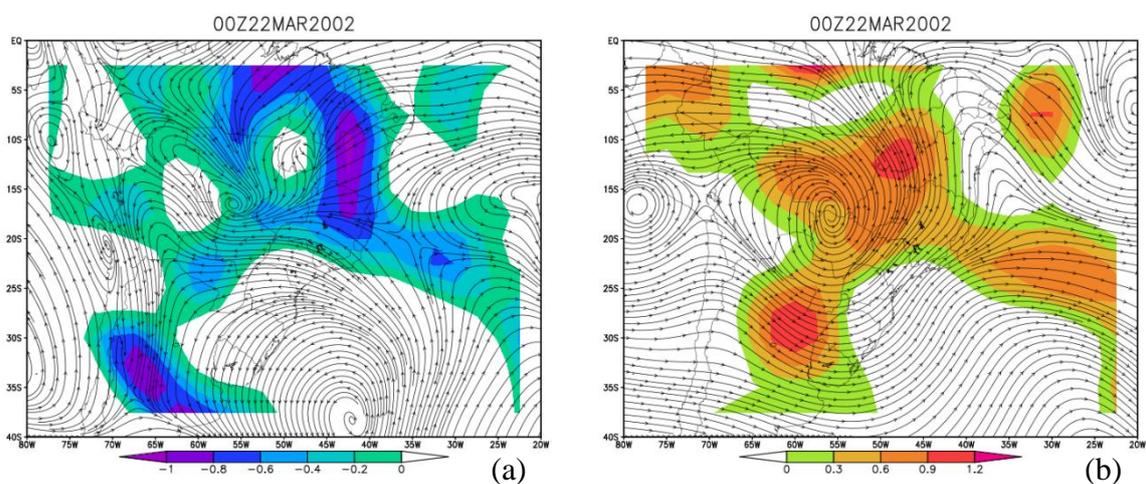
**Figura C.7-** Dia Juliano 71 (12/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



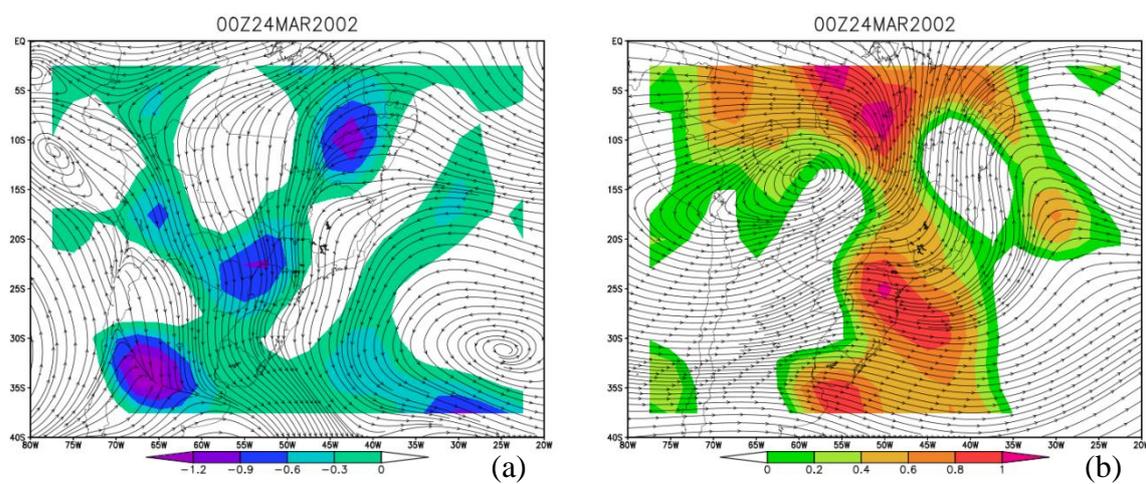
**Figura C.8-** Dia Juliano 73 (14/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



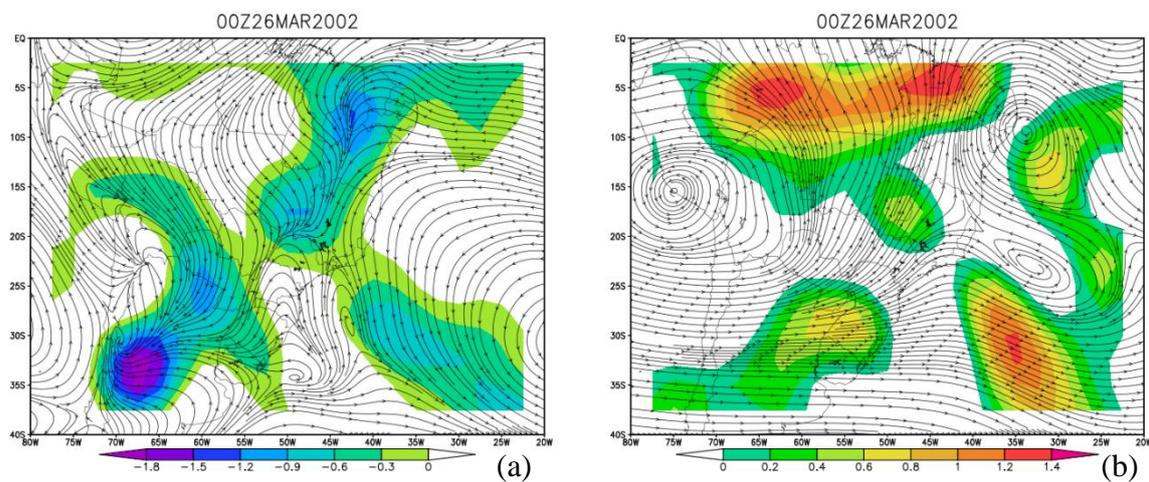
**Figura C.9-** Dia Juliano 80 (21/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



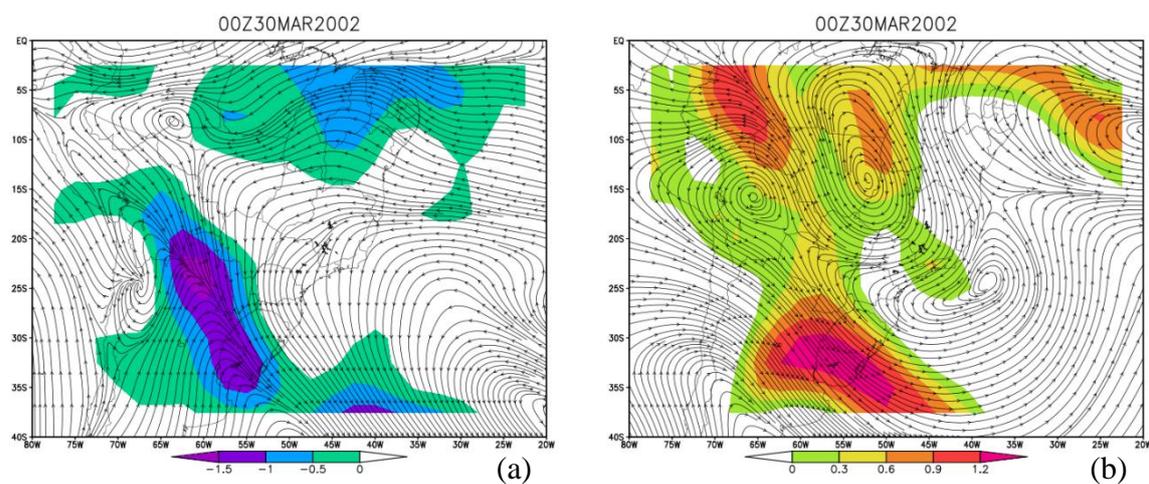
**Figura C.10-** Dia Juliano 81 (22/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



**Figura C.11-** Dia Juliano 83 (24/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



**Figura C.12-** Dia Juliano 85 (26/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).



**Figura C.13-** Dia Juliano 89 (30/mar) no nível de 925 hPa (a) e 200 hPa (b).

### Anexo D: Tabelas de variações horárias de Rn, H e LE.

Taxas de variação horárias do saldo de radiação (Rn) e de fluxos de calor sensível (H) e calor latente (LE) para todos os horários entre 06 e 18 HL. Os valores estão expressos em  $W.m^{-2}.h^{-1}$ .

**Tabela D.1-** Taxas de variação horária do saldo de radiação ( $\partial Rn/\partial t$ ) em área de floresta de 05/02 a 30/03/2002.

HL	Dia Juliano/Data												
	36	38	42	46	66	67	71	73	80	81	83	85	89
	05/fev	07/fev	11/fev	15/fev	07/mar	08/mar	12/mar	14/mar	21/mar	22/mar	24/mar	26/mar	30/mar
06-07	-0,51	9,35	9,02	23,45	23,02	-18,16	-5,07	4,77	-13,59	4,57	2,07	10,77	-12,11
07-08	61,65	74,12	81,68	135,59	183,58	11,30	33,54	43,89	123,66	56,69	66,18	135,88	52,34
08-09	39,18	14,31	43,31	-2,14	206,44	31,09	36,74	39,35	142,30	109,06	32,73	74,86	257,16
09-10	154,53	56,95	162,45	162,84	108,66	98,79	126,55	72,22	151,19	91,78	-32,74	-39,17	119,09
10-11	-125,09	35,49	338,12	39,08	258,33	148,38	31,04	19,27	173,27	212,60	20,19	114,85	102,55
11-12	28,04	-26,99	-78,18	83,25	-160,01	243,34	50,07	-137,49	161,45	19,96	-51,66	288,07	-37,37
12-13	123,32	82,95	-163,47	429,21	-10,13	-52,05	-18,32	-21,38	-328,37	81,00	33,22	-61,81	-28,05
13-14	-102,00	-28,89	-146,31	-567,07	170,88	-181,04	22,95	48,67	34,60	-41,16	41,71	310,01	82,74
14-15	-4,49	111,59	269,69	-54,50	-32,39	154,54	-26,78	102,37	-119,70	-48,07	148,14	-319,56	-38,65
15-16	66,23	105,40	-103,89	-162,33	-497,04	-17,59	22,93	4,58	90,39	-287,93	49,85	-378,80	-124,97
16-17	-71,33	-90,96	-303,88	-71,02	2,46	-140,97	-149,60	-7,92	-278,44	-94,75	-101,18	-80,44	25,61
17-18	-96,92	-236,00	-12,55	6,95	-199,84	-231,03	-102,96	-115,84	-131,21	-67,49	-188,53	-42,25	-316,81

**Tabela D.2-** Taxas de variação horária do fluxo de calor sensível ( $\partial H/\partial t$ ) em área de floresta de 05/02 a 30/03/2002.

HL	Dia Juliano/Data												
	36	38	42	46	66	67	71	73	80	81	83	85	89
	05/fev	07/fev	11/fev	15/fev	07/mar	08/mar	12/mar	14/mar	21/mar	22/mar	24/mar	26/mar	30/mar
06-07	-1,43	-2,86	-1,03	-12,36	-1,59	-34,33	-27,53	-5,45	-0,03	2,31	-1,24	-1,36	-10,21
07-08	-3,80	6,35	-11,20	22,84	42,18	26,69	16,79	-23,23	18,71	4,04	1,62	62,69	9,79
08-09	14,19	-0,62	20,66	-9,30	-12,34	35,13	14,51	-0,56	24,96	33,15	21,32	-56,71	0,72
09-10	39,50	-5,10	65,81	15,48	39,87	-14,88	10,74	33,17	48,90	-14,30	-15,35	8,87	47,63
10-11	-24,88	1,55	120,76	78,29	99,68	3,89	12,91	10,76	21,06	83,20	20,05	31,14	-10,06
11-12	-15,53	5,93	-26,00	-29,19	-118,49	54,24	15,43	-61,03	56,10	-69,56	-71,89	33,21	25,44
12-13	-59,02	5,86	-168,36	96,94	-27,35	-12,87	-19,93	30,10	-139,57	136,06	39,65	18,39	40,99
13-14	67,52	5,15	-80,71	-156,07	93,74	-43,84	4,59	14,69	6,67	-129,14	-4,85	72,17	-1,80
14-15	1,40	-0,13	138,82	-1,58	-51,53	16,24	20,48	8,96	-26,53	5,89	27,90	-104,51	-70,72
15-16	37,01	32,79	-14,42	-3,76	3,84	35,00	1,44	16,88	38,87	-22,61	18,73	-71,43	17,31
16-17	-6,65	-3,27	-33,02	-4,28	-92,46	-57,14	-34,82	-3,62	-35,40	-20,51	1,31	-47,84	52,51
17-18	-38,02	-34,54	-10,11	-0,15	14,27	-13,36	-15,85	-13,46	-11,29	-8,98	-37,57	44,30	-104,35

**Tabela D.3-** Taxas de variação horária do fluxo de calor latente ( $\partial LE/\partial t$ ) em área de floresta de 05/02 a 30/03/2002.

HL	Dia Juliano/Data												
	36	38	42	46	66	67	71	73	80	81	83	85	89
	05/fev	07/fev	11/fev	15/fev	07/mar	08/mar	12/mar	14/mar	21/mar	22/mar	24/mar	26/mar	30/mar
<b>06-07</b>	1,3	4,68	-0,27	2,44	-1,42	2,57	1,03	-9,31	-0,43	14,08	-0,22	5,04	2,73
<b>07-08</b>	11,33	9,21	-2,88	72	97,44	18,74	8,14	-6,25	50,88	19,58	-4,87	85,9	-4,45
<b>08-09</b>	4,22	21,26	81,42	-24,81	107,08	32,1	17,36	43,81	82,85	25,87	80,84	15,96	128,62
<b>09-10</b>	113,45	50,65	94,23	36,64	44,9	-18,52	45,76	38,55	111,6	74,17	-32,8	25,1	221,7
<b>10-11</b>	-27,6	11,78	170,4	205,53	85,8	32,79	67,71	10	96,5	114,2	-33,04	78,7	-143,8
<b>11-12</b>	15,8	13,92	116,5	-189,4	17,5	183,52	11,6	-91,62	124	-47,9	9,85	154,4	89,8
<b>12-13</b>	-21,93	40,7	-162,4	442,2	66,7	25,5	29,9	30,52	-316,9	163,5	3,47	-23,3	33,9
<b>13-14</b>	123,03	-12,4	-129,5	-276,7	132,1	0,6	-68,7	-1,53	152,7	-190,1	-13,73	64,8	17,1
<b>14-15</b>	-95,7	50,2	123,5	-193,19	-92,5	-2,6	38,5	37,35	-125,5	171,3	14,42	62,3	-191,2
<b>15-16</b>	86,2	127,7	-86,3	-9,84	-249	127,5	17,3	-20,01	41,5	-285,01	111,08	-393,24	126,6
<b>16-17</b>	-101,7	-93,9	-205,75	-90,75	-30,5	-286,4	-110,21	30,85	-90,3	-11,05	-17,3	-83,75	-16,8
<b>17-18</b>	-73,73	-155,3	37,08	35,55	-113,13	-91,47	-63,28	-31,89	-139,56	-34,83	-109,5	20,51	-175,98

**Tabela D.4-** Taxas de variação horária do saldo de radiação ( $\partial Rn/\partial t$ ) em área de pastagem de 05/02 a 30/03/2002.

HL	Dia Juliano/Data												
	36	38	42	46	66	67	71	73	80	81	83	85	89
	05/fev	07/fev	11/fev	15/fev	07/mar	08/mar	12/mar	14/mar	21/mar	22/mar	24/mar	26/mar	30/mar
<b>06-07</b>	-7,13	15,68	-8,32	5,33	21,08	-12,06	2,94	-23,92	4,39	9,07	12,08	-6,10	-1,89
<b>07-08</b>	93,21	116,16	57,35	139,73	179,45	10,07	16,76	198,84	93,79	62,45	87,44	95,84	162,67
<b>08-09</b>	99,22	22,95	207,05	49,09	187,19	11,01	43,41	224,72	59,79	137,01	14,56	54,78	196,29
<b>09-10</b>	400,76	77,64	-7,93	243,30	111,99	37,13	108,62	82,86	25,29	118,69	31,07	132,98	-144,77
<b>10-11</b>	-42,98	-8,94	213,84	-179,22	-41,83	52,44	62,91	-372,36	64,07	-32,77	-64,54	-216,72	195,26
<b>11-12</b>	-232,63	148,43	42,79	248,31	298,16	136,44	-61,63	199,88	131,39	-24,43	410,16	-24,27	235,71
<b>12-13</b>	-174,27	-123,26	-144,45	-197,39	-367,44	-1,88	-52,86	-93,03	65,71	205,01	-253,98	3,97	-235,47
<b>13-14</b>	-101,27	-22,12	273,88	378,40	349,70	103,39	23,08	-107,11	-108,49	-54,28	-119,89	42,61	85,29
<b>14-15</b>	123,84	61,71	-21,96	-269,58	-582,58	-64,44	59,52	-38,50	39,15	-108,69	50,43	106,45	-4,54
<b>15-16</b>	26,83	-103,54	-145,50	-96,22	-119,16	138,13	136,68	-30,88	-75,05	-110,99	-71,81	-3,00	-125,93
<b>16-17</b>	-99,60	-56,34	-188,75	-281,59	-30,10	-353,48	-292,94	-29,53	-147,25	-100,02	-21,87	-28,23	-141,49
<b>17-18</b>	-80,10	-99,74	-256,52	-61,18	-29,09	-68,57	-82,17	-35,68	-153,58	-109,81	-72,75	-141,42	-263,38

**Tabela D.5-** Taxas de variação horária do fluxo de calor sensível ( $\partial H/\partial t$ ) em área de pastagem de 05/02 a 30/03/2002.

HL	Dia Juliano/Data												
	36	38	42	46	66	67	71	73	80	81	83	85	89
	05/fev	07/fev	11/fev	15/fev	07/mar	08/mar	12/mar	14/mar	21/mar	22/mar	24/mar	26/mar	30/mar
<b>06-07</b>	4,39	11,87	0,26	0,37	0,24	-0,30	0,45	-2,35	-4,33	0,29	3,70	0,29	-1,41
<b>07-08</b>	50,80	4,42	4,44	20,95	47,74	-1,98	2,07	55,48	15,26	10,26	10,90	20,04	52,11
<b>08-09</b>	-27,91	8,03	51,52	13,22	54,52	-15,09	-3,83	51,07	20,84	37,39	0,76	3,42	31,24
<b>09-10</b>	74,52	22,26	-7,62	56,35	32,60	13,31	33,62	-10,64	4,73	18,53	8,61	59,67	4,56
<b>10-11</b>	49,40	-18,02	58,10	-48,31	-13,40	2,33	6,50	-86,28	14,32	-11,33	-4,74	-64,77	20,20
<b>11-12</b>	-68,41	15,84	-8,15	78,42	42,00	46,73	-2,31	82,76	68,78	55,46	27,52	-29,88	49,60
<b>12-13</b>	-51,89	11,06	-27,68	-5,40	-6,20	18,51	-8,94	9,95	-36,36	-10,00	-9,77	16,14	-7,40
<b>13-14</b>	-26,70	-14,78	62,63	79,00	-89,44	27,37	-3,88	-40,00	25,46	4,90	-15,75	-1,94	-38,80
<b>14-15</b>	14,15	34,05	3,90	-36,30	-4,77	-11,30	25,28	-30,26	6,10	-14,79	14,77	12,22	-9,80
<b>15-16</b>	7,32	-32,84	8,70	-42,70	-65,01	14,96	55,04	-1,72	-52,23	-23,57	-13,13	17,93	19,80
<b>16-17</b>	-15,80	-20,47	-103,35	-110,42	-3,60	-122,74	-84,78	-20,01	-17,49	-38,96	-5,27	-2,76	-62,07
<b>17-18</b>	-16,40	-29,32	-15,47	-5,42	1,75	38,95	-9,55	-2,43	-41,39	-33,21	-10,60	-22,80	-44,10

**Tabela D.6-** Taxas de variação horária do fluxo de calor latente ( $\partial LE/\partial t$ ) em área de pastagem de 05/02 a 30/03/2002.

HL	Dia Juliano/Data												
	36	38	42	46	66	67	71	73	80	81	83	85	89
	05/fev	07/fev	11/fev	15/fev	07/mar	08/mar	12/mar	14/mar	21/mar	22/mar	24/mar	26/mar	30/mar
<b>06-07</b>	-8,05	15,78	-1,58	-1,85	-0,32	0,71	1,14	-6,26	-1,49	0,16	6,35	-0,41	-8,98
<b>07-08</b>	45,75	-0,81	-1,58	8,05	42,75	31,41	7,12	50,38	5,90	5,23	1,33	14,76	53,19
<b>08-09</b>	-16,81	15,46	45,76	9,42	16,98	-18,87	-4,28	88,68	12,97	39,09	10,05	4,53	7,13
<b>09-10</b>	88,41	6,31	13,40	52,58	97,89	-8,93	2,68	56,30	20,67	35,93	-12,14	46,33	48,86
<b>10-11</b>	103,30	0,88	95,20	-46,82	-18,60	8,16	31,04	-79,90	8,84	-1,53	4,38	-6,59	48,50
<b>11-12</b>	-74,20	1,24	-13,90	170,32	69,70	5,01	1,22	-27,24	107,42	66,12	44,59	-34,02	48,10
<b>12-13</b>	-80,09	61,84	3,50	-139,04	20,00	34,13	7,80	-47,19	-16,60	-12,30	-35,63	-23,45	-18,70
<b>13-14</b>	-28,51	-30,58	54,00	133,34	6,50	23,46	-4,78	15,30	34,30	-1,40	-1,36	-0,94	-25,40
<b>14-15</b>	-13,92	0,81	41,10	-50,00	-118,70	46,02	48,49	-10,56	25,60	-12,20	17,57	8,63	-24,10
<b>15-16</b>	25,84	2,75	43,90	-3,90	-95,52	19,50	43,37	-21,33	-55,70	-13,70	-11,26	25,14	48,70
<b>16-17</b>	-3,85	-24,76	-151,70	-98,81	-28,81	-59,83	-51,84	-10,03	-30,90	-42,71	-4,53	-6,74	-72,60
<b>17-18</b>	-29,28	-24,13	-61,06	-31,80	16,67	-69,37	-87,48	-3,35	-75,27	-48,28	-12,34	-13,60	-70,08