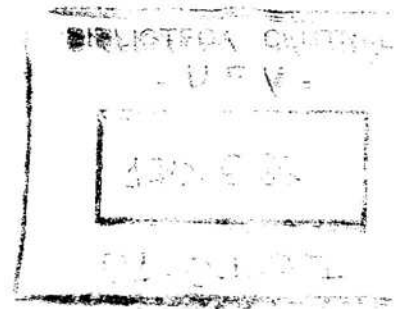


GUNTER DE AZEVEDO RESCHKE



**INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NO BALANÇO DE RADIAÇÃO E
NOS FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE EM
JI-PARANÁ, RONDÔNIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JANEIRO - 1997

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R43li
1997
Reschke, Gunter de Azevedo, 1969-
Influência do desmatamento no balanço de radiação e nos
fluxos de calor senível e calor latente em Ji-Paraná, Rondônia /
Gunter de Azevedo Reschke. - Viçosa : UFV, 1997.
51p. : il.

Orientador: José Maria Nogueira da Costa
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

1. Microclimatologia florestal - Ji-Paraná (RO). 2. Desmata-
mento - Ji-Paraná (RO) - Influência no microclima. 3. Pasta-
gens - Fluxos de energia. 4. Florestas - Amazônia - Fluxos de
energia. 5. Florestas - Amazônia - Balanço de radiação.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.


CDO adapt. CDD. 634.91112

GUNTER DE AZEVEDO RESCHKE

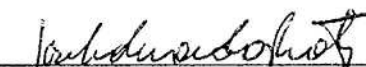
**INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NO BALANÇO DE RADIAÇÃO E
NOS FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE EM
JI-PARANÁ, RONDÔNIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

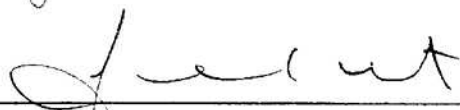
APROVADA: 04 de outubro de 1996.



Prof. Gilberto Chohaku Sedyama
(Conselheiro)



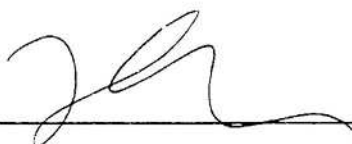
Prof. José Eduardo Prates
(Conselheiro)



Prof. Luiz Cláudio Costa



Prof. Everardo C. Mantovani



Prof. José Maria Nogueira da Costa
(Orientador)

A meu pai Gunter Heinz Reschke,
a minha mãe Domingas Azevedo Reschke,
a minhas irmãs e sobrinho, Erika Reschke
de Araújo, Monika de Azevedo Reschke e
André Luis Reschke de Araújo, pelo amor,
pelo carinho, pela paciência e pelo apoio,
principalmente, nos momentos mais difíceis
de minha vida.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

Ao professor José Maria Nogueira da Costa, pela eficiente orientação e pelo apoio no decorrer deste trabalho.

Aos professores José Eduardo Prates, Gilberto Chohaku Sedyama e Humberto Ribeiro da Rocha, pelas sugestões.

Estes dados foram coletados durante o projeto ABRACOS e foram fornecidos pelo Institute of Hydrology, Inglaterra e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil.

Aos professores do curso de Meteorologia Agrícola, pelos ensinamentos transmitidos no decorrer do curso.

Aos meus pais e as minhas irmãs e sobrinho, pelo estímulo e apoio.

A Débora Pimenta, pelo constante apoio e carinho.

Aos colegas do curso, em especial, Abramo Loro Neto, Célia Paiva, Raffi Agop Sismanoglu e Adriana Confalone, pelo companheirismo.

BIOGRAFIA

GUNTER DE AZEVEDO RESCHKE, filho de Gunter Heinz Reschke e Domingas Azevedo Reschke, nasceu em 04 de fevereiro de 1969, em Belém, Estado do Pará.

Em fevereiro de 1994, concluiu o curso de Bacharel em Meteorologia, pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Em março de 1994, iniciou o Curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado em Meteorologia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

No dia 04 de outubro de 1996, defendeu tese, requisito indispensável para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
EXTRATO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Impacto do desmatamento no clima da Amazônia	3
2.2. Balanço de radiação em áreas de pastagem e de floresta	5
2.3. Fluxos de calor sensível e calor latente	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Descrição das áreas experimentais	9
3.2. Dados	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Microclima de floresta e de áreas desmatadas, ocupadas com pastagem	19
4.1.1. Precipitação pluvial	19
4.1.2. Temperatura do ar	20
4.1.3. Déficit de pressão de vapor d'água	23

	Página
4.1.4. Velocidade do vento	25
4.1.5. Albedo	25
4.1.6. Radiação solar global	30
4.1.7. Saldo de radiação	32
4.2. Balanço de energia acima da floresta e da área de pastagem	38
4.2.1. Fluxos de calor sensível e de calor latente	38
4.2.2. Razão de Bowen (β)	38
4.2.3. Fluxo de calor no solo	42
4.2.4. Variação sazonal dos componentes do balanço de energia ..	44
5. RESUMO E CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE QUADROS

		Página
1	Taxa anual de desmatamento bruto na Amazônia Legal (km ² /ano)	4
2	Valores médios observados de albedo (α), temperatura do ar (Ta) em diferentes localidades	6
3	Valores médios (diários e diurnos), máximos e mínimos do saldo de radiação (Rn) em diferentes localidades.....	7
4	Relação dos instrumentos em cada estação meteorológica automática	10
5	Dados diários analisados (x) na área de pastagem.....	13
6	Dados diários analisados (x) na área de floresta	14
7	Valores médios horários da temperatura do ar acima da floresta e sobre a pastagem nas estações seca e chuvosa..	23
8	Valores de albedo observados em áreas de pastagem e de floresta na região amazônica	30

	Página	
9	Regressões lineares entre o saldo de radiação (R_n) e a radiação solar global (R_g) e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) nas áreas de pastagem e de floresta, durante os meses da estação seca	35
10	Regressões lineares entre o saldo de radiação (R_n) e a radiação solar global (R_g) e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) nas áreas de pastagem e de floresta, durante os meses da estação chuvosa	35
11	Coefficientes de aquecimento (B), coeficientes de troca de onda longa (λ) e parâmetros da equação de regressão entre saldo de radiação (R_n) e balanço de radiação de ondas curtas (B_{oc})	37
12	Equações de regressão linear entre valores horários de saldo de radiação (R_n) e fluxo de calor no solo (S) e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) nas áreas de pastagem e de floresta, durante a estação seca e estação chuvosa	44

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Localização geográfica das áreas de estudo	11
2	Torre micrometeorológica localizada na área de pastagem na Fazenda Nossa Senhora Aparecida	11
3	Torre micrometeorológica na área de floresta localizada na Reserva Biológica do Rio Jaru	12
4	Precipitação mensal na área de pastagem no período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993	21
5	Precipitação mensal na área de floresta no período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993	21
6	Variação média horária da temperatura do ar nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993	22
7	Variação média horária da temperatura do ar nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993	22

8	Varição média horária do déficit de pressão de vapor d'água nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993	24
9	Varição média horária do déficit de pressão de vapor d'água nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993	24
10	Varição média horária da velocidade do vento nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993	26
11	Varição média horária da velocidade do vento nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993	26
12	Varição média horária do albedo nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993	27
13	Varição média diurna do albedo, nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993	27
14	Varição média do albedo entre 12:00 e 13:00 horas nas áreas de pastagem e de floresta, no período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993	29
15	Varição média horária da radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993	31
16	Varição média horária da radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a maio de 1993	31

17	Varição média horária do saldo de radiação e radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993	33
18	Varição média horária do saldo de radiação e radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993	33
19	Varição média horária dos balanços de ondas curtas e longas, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993, nas áreas de pastagem e de floresta	34
20	Varição média horária dos balanços de ondas curtas e longas, nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, nos períodos de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993	34
21	Componente diurno do fluxo de calor sensível nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de 1º de maio a 26 de julho de 1993	39
22	Componente diurno do fluxo de calor latente nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de 1º de maio a 26 de julho de 1993	39
23	Componente diurno do fluxo de calor sensível nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993	40
24	Componente diurno do fluxo de calor latente nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993	40
25	Varição média diurna de β entre 09:00 e 16:00 horas nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de 1º de maio a 26 de julho de 1993	41

		Página
26	Varição média diurna de β entre 09:00 e 16:00 horas nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993	41
27	Varição média horária do fluxo de calor no solo nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993	43
28	Varição média horária do fluxo de calor no solo nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993	43
29	Varição média horária dos componentes do balanço de energia nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1993	45
30	Varição média horária dos componentes do balanço de energia nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993	45

EXTRATO

RESCHKE, Gunter de Azevedo, M.S., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 1997. **Influência do desmatamento no balanço de radiação e nos fluxos de calor sensível e calor latente em Ji-Paraná, Rondônia.** Professor Orientador: José Maria Nogueira da Costa. Professores Conselheiros: José Eduardo Prates e Gilberto Chohaku Sedyama.

A caracterização do microclima de uma área de floresta e uma área desmatada, convertida em pastagem em Ji-Paraná, RO, foi realizada com base em dados horários de radiação solar global, radiação solar refletida, saldo de radiação, temperatura do ar, déficit de vapor d'água, velocidade do vento e precipitação coletados durante o projeto ABRACOS no período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993. Também foram avaliados as variações diurna e sazonal dos componentes do balanço de energia sobre a área de floresta e de pastagem. Observou-se grande variação entre o microclima de floresta e de pastagem, especialmente durante a estação seca. A área de pastagem tende a apresentar maiores amplitudes diárias da temperatura do ar, maiores déficits de pressão de vapor, maiores albedos e menores saldos de radiação do que a área de floresta. A partição da energia disponível expressa pela razão de Bowen variou na

estação seca de 0,26 na floresta a 0,30 na pastagem, enquanto na estação chuvosa a variação foi de 0,21 na floresta a 0,31 na pastagem. O fluxo de calor no solo foi praticamente insignificante na floresta representando um percentual inferior a 1% do saldo de radiação. Na área de pastagem o fluxo de calor no solo variou de 3,4% do saldo de radiação na estação chuvosa a 7,6% do saldo de radiação na estação seca. Com base em resultados ao meio-dia verificou-se que na estação chuvosa $LE = 0,67R_n$ em ambas as áreas experimentais, ao passo que na estação seca obteve-se $LE = 0,65R_n$ para a pastagem e $LE = 0,68R_n$ para a floresta. A maior variação observada na relação H/R_n entre a pastagem e a floresta ocorreu na estação seca. Nessa estação a fração do saldo de radiação utilizada na transferência de calor sensível foi de 0,29 na pastagem e 0,19 na floresta, enquanto que na estação chuvosa obteve-se 0,26 na área de pastagem e 0,20 na área de floresta. A energia armazenada no dossel, expressa como o resíduo da equação do balanço de energia chegou a representar 13% do saldo de radiação na floresta ao meio-dia, em ambas as estações, sendo praticamente insignificante na área de pastagem.

ABSTRACT

RESCHKE, Gunter de Azevedo, M.S., Universidade Federal de Viçosa, January, 1997. **Influence of deforestation on radiation balance and sensible and latent heat fluxes in Ji-Paraná, State of Rondônia, Brazil.** Adviser: José Maria Nogueira da Costa. Committee Members: José Eduardo Prates and Gilberto Chohaku Sedyama.

The characterization of the microclimate of a forest area and a deforested area converted to pasture in Ji-Paraná, State of Rondônia, Brazil, was made based on hourly data of global solar radiation, reflected solar radiation, net radiation, albedo, air temperature, vapor pressure deficit, wind speed, and rainfall collected during the ABRACOS Project, from February of 1992 to December of 1993. Diurnal and seasonal variation of energy balance components over both forest and pastureland were also evaluated. Great variation between pastureland and forest microclimates was observed, specially during the dry season. Pasture area showed greater daily air temperature amplitudes, greater vapor pressure deficit, greater albedo and smaller net radiation than the forest area. Available energy partitioning by Bowen ratio changed during the dry season from 0,26 over the forest area to 0,30 over the pasture area, while during the rainy season the variation was 0,21 over forest to 0,31 over pastureland. The soil heat flux was

almost insignificant in the forest area with a value smaller than 1% of the net radiation. In the pasture area the soil heat flux changed from 3,4% of the net radiation during the rainy season to 7,6% of the net radiation during the dry season. Based on results obtained at midday, during the rainy season for both experimental areas, $LE = 0,67R_n$, whereas during the dry season it was observed that $LE = 0,65R_n$ for the pasture and $LE = 0,68R_n$ for the forest. The greatest variation in the ratio H/R_n between pasture and forest occurred during the dry season. In this season, the fraction of net radiation used in sensible heat exchange was 0,29 in pastureland and 0,19 in the forest area, whereas during the rainy season it was obtained 0,26 in the pasture and 0,20 in the forest area. The energy stored inside the canopy, expressed as the residue of the energy balance equation, reached 13% of the net radiation in the forest at midday during both seasons, being almost insignificant in the pastureland.

1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica brasileira desperta grande interesse da comunidade científica internacional, preocupada com as mais elevadas taxas de desmatamento do mundo, segundo estimativas recentes baseadas em técnicas de sensoriamento remoto publicadas por SKOLE e TUCKER (1993). Além da grande divergência quanto a área e taxas de desmatamento na Amazônia, pouco se conhece sobre a influência do desmatamento no clima e nos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos.

Os modelos de circulação geral da atmosfera (GCMs) têm sido utilizados na obtenção de estimativas do impacto do desmatamento sobre as alterações nos climas, local, regional e global. Resultados desses modelos obtidos por DICKINSON e HENDERSON-SELLERS (1988) e NOBRE et al. (1989) indicam que o desmatamento da floresta amazônica causará um aumento de 1 a 3°C na temperatura do ar, uma redução de 20 a 40% na evapotranspiração e uma redução de 20 a 30% na precipitação. Um dos aspectos que precisam ser aprimorados nesses modelos está relacionado com a caracterização das interações entre a floresta e a atmosfera. MONTEITH (1989) enfatiza a necessidade de que esses modelos sejam ajustados aos dados observados à superfície.

Para suprir a carência de observações sobre as interações entre a floresta amazônica e a atmosfera, e para monitorar as possíveis variações climáticas

devido ao desmatamento, está em andamento o Estudo Anglo-Brasileiro de Observação do Clima Amazônico, ABRACOS (Anglo-Brazilian Climate Observation Study). Os dados coletados nesse projeto serão utilizados na calibração e validação de modelos GCMs em áreas de floresta e áreas desmatadas, em particular no Centro de Previsão do Clima no Serviço Meteorológico do Reino Unido (SMRU) e no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) no Brasil.

Utilizando dados do projeto ABRACOS em Ji-Paraná, RO, este trabalho tem como objetivos:

Caracterizar o microclima em áreas de pastagem e de floresta em Ji-Paraná, Rondônia.

Analisar as variações diurnas e sazonais dos componentes do balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem em Ji-Paraná, Rondônia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Impacto do desmatamento no clima da Amazônia

Segundo SALATI (1991), a taxa explosiva de desmatamento em Rondônia é consequência dos programas de colonização, que inicialmente tinham certos propósitos e dimensões, mas que na realidade transformaram-se numa devastação indiscriminada. Há muita divergência na literatura quanto à quantificação do desmatamento na floresta amazônica. DORE e NOGUEIRA (1994) afirmam que, de um total de 224.000 km² de floresta nativa no Estado de Rondônia, 14,8% foi desmatado até agosto de 1990. Segundo SHUKLA et al. (1990), a alta taxa de desmatamento na Amazônia brasileira, em torno de 25.000 a 50.000 km² por ano, pode acarretar profundas mudanças no clima regional. FEARNSIDE et al. (1990) estimaram que a taxa média de desmatamento na Amazônia em 11 anos (1978 a 1989) foi de 21.494 km² por ano ($\pm 8\%$ do total no período considerado).

O Quadro 1 apresenta a evolução das taxas anuais de desmatamento bruto na Amazônia Legal durante o período de 1978 a 1991, com base em imagens de satélite (LANDSAT) obtidas PELO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE (1992). Observa-se nesse quadro que a taxa média anual de desmatamento bruto no Estado de Rondônia, no período considerado, ficou sempre acima da média anual da Amazônia Legal.

Quadro 1 - Taxa anual de desmatamento bruto na Amazônia Legal (km²/ano)

Estado	Ano							
	78/79		87-88/89		89/90		90/91	
	km ² /ano	%/ano	km ² /ano	%/ano	km ² /ano	%/ano	km ² /ano	%/ano
Acre	620	0,42	540	0,39	550	0,39	380	0,28
Amapá	60	0,06	130	0,12	250	0,23	410	0,37
Amazonas	1.510	0,10	1.180	0,08	520	0,04	980	0,07
Maranhão	2.450	1,79	1.420	1,30	1.100	1,03	670	0,63
Mato Grosso	5.140	1,01	5.960	1,31	4.020	0,90	2.840	0,64
Pará	6.990	0,62	5.750	0,55	4.890	0,47	3.780	0,37
Rondônia	2.340	1,11	1.430	0,78	1.670	0,91	1.110	0,62
Roraima	290	0,18	630	0,39	150	0,10	420	0,27
Tocantins	1.650	2,97	730	2,00	580	1,61	440	1,20
Amazônia Legal	21.130	0,54	17.860	0,48	13.810	0,37	11.130	0,30

Fonte: INPE (1992).

O impacto do desmatamento sobre o clima da Amazônia tem sido, nos últimos dez anos, uma das mais ativas áreas de pesquisa para modeladores do clima. NOBRE et al. (1991), utilizando um modelo de simulação numérica para verificar os efeitos do desmatamento da Amazônia nos climas, regional e global, constataram um acréscimo significativo na temperatura média do ar à superfície, em torno de 2,5° C, uma redução na evapotranspiração de 30 %, um decréscimo na precipitação de 25% e uma redução de 20% no escoamento superficial.

Esses resultados são nitidamente superestimados quando se comparam com a análise microclimática realizada por RIBEIRO (1994) em Marabá. Segundo esse autor, a temperatura do ar no período diurno na área de pastagem foi superior ao da área de floresta, em cerca de 0,6° C. No período noturno, houve maior diferença entre as duas áreas experimentais, embora essa diferença não tenha ultrapassado 1,0° C. No que se refere à evapotranspiração, o mesmo autor também constatou uma redução da evapotranspiração na área de pastagem, porém não superior a 10%.

Segundo MOLION (1987), os fluxos de energia entre a floresta e a atmosfera devem ser compreendidos em detalhe para serem modelados matematicamente, a fim de que se possam fazer estimativas do impacto dos desmatamentos sobre os climas local, regional e global. DICKINSON (1989) enfatiza que as conseqüências do desmatamento nos climas local, regional e global exigem uma avaliação da quantificação da micrometeorologia da floresta e da vegetação que a substitui. Portanto, as medições micrometeorológicas na floresta amazônica poderão contribuir para uma maior confiabilidade nas estimativas de variação climática obtidas pelos GCMs.

2.2. Balanço de radiação em áreas de pastagem e de floresta

O balanço de radiação acima de coberturas vegetais tem sido estudado por vários pesquisadores com objetivos diversos, como quantificar a energia utilizada na fotossíntese, na evapotranspiração ou na variação da temperatura da vegetação. Segundo VILLA NOVA et al. (1976), cerca de 73% do saldo de radiação sobre a floresta amazônica são gastos na evaporação e na transpiração das árvores e 27% são utilizados em outros processos, sendo cerca de 1% utilizado na fotossíntese e 26% no aquecimento do ar e do solo. Segundo o mesmo autor essas proporções variam com a ocorrência de restrição hídrica, elevando a fração destinada ao aquecimento do ar e do solo.

RIBEIRO (1994), com base em dados obtidos em áreas de pastagem e de floresta em Marabá, PA, constatou um valor médio do albedo ao meio-dia de 18,0% na pastagem e de 14,0% na floresta, durante a estação seca. Na estação chuvosa, o mesmo autor obteve um valor médio do albedo, ao meio-dia, de 17,4% na pastagem e de 13,4% na floresta. BASTABLE et al. (1993), utilizando dados obtidos em áreas de pastagem e de floresta, próximas a Manaus, AM, no período de 12 de outubro a 10 de dezembro de 1990, encontraram valores médios de albedo, em torno do meio-dia, de 15,7% na área de pastagem e de 12,8% na área de floresta.

SHUKLA et al. (1990), utilizando um modelo de circulação global para verificar o efeito do desmatamento da Amazônia nos climas local, regional e global, encontraram um valor médio diurno para o albedo de 12,5% na área de floresta e de 21,6% na área de pastagem, para um período de 12 meses de observações. SHUTTLEWORTH et al. (1984), durante um experimento micrometeorológico na região amazônica, obtiveram um valor médio para o albedo de 0,12, utilizando 96 horas de observações no mês de setembro de 1983.

Os Quadros 2 e 3 apresentam um resumo de resultados obtidos em áreas de pastagem e de floresta na Amazônia, em termos de temperatura do ar, albedo e saldo de radiação.

Quadro 2 - Valores médios observados de albedo (α) e temperatura do ar (T_a) em diferentes localidades

Período	α	T_a (máx-min)	Local	Superfície	Referência
Estação seca ¹	meio-dia 18,0%	30,6 e 22,2°C	Marabá	Pastagem	Ribeiro (1994)
Estação seca ¹	meio-dia 14,0%	30,0 e 22,7°C	Marabá	Floresta	Ribeiro (1994)
Est. chuvosa ²	meio-dia 17,4%	29,1 e 21,8°C	Marabá	Pastagem	Ribeiro (1994)
Est. Chuvosa ²	meio-dia 13,4%	28,3 e 22,5°C	Marabá	Floresta	Ribeiro (1994)
12 out. a 10 dez de (1990)	meio-dia 15,7%		Manaus	Pastagem	Bastable et al. (1993)
12 out. a 10 dez. de (1990)	meio-dia 12,8%		Manaus	Floresta	Bastable et al. (1993)
12 out. a 10 dez. de (1990)	méd. diurna 16,3%	31,4 e 21,8°C	Manaus	Pastagem	Bastable et al. (1993)
12 out. a 10 dez de (1990)	méd. diurna 13,1%	29,6 e 23,9°C	Manaus	Floresta	Bastable et al. (1993)
Estação seca ³	méd. diurna 0,13 %		Manaus	Floresta	André et al. (1988)
Est. chuvosa ⁴	0,12 %		Manaus	Floresta	André et al. (1988)

¹ Estação seca nas áreas de pastagem e de floresta, no período de 01 a 20 de agosto e 09 a 30 de novembro de 1991.

² Estação chuvosa nas áreas de pastagem e de floresta, no período de dezembro de 1991 a 16 de fevereiro de 1992.

³ Estação seca na área de pastagem e de floresta, no período de 23 de julho a 22 de agosto de 1984.

⁴ Estação chuvosa na área de pastagem e de floresta, no período de 10 de março a 26 de abril de 1985.

Quadro 3 - Valores médios (diários e diurnos), máximos e mínimos do saldo de radiação (Rn) em diferentes localidades

Período	Diário (Wm ⁻²)	Diurno (Wm ⁻²)	Rn (máx. e mín.)	Local	Superfície	Referência
6 dias			500,0; -40,0	Manaus	floresta	Molion (1987)
12 meses	1172,0			Amazônia Brasileira	floresta	Shukla et al. (1990)
12 meses	1146,0			Amazônia Brasileira	pastagem	Shukla et al. (1990)
Est. seca ¹	1130,0	3328,6		Marabá	floresta	Ribeiro (1994)
Est. seca ¹	1120,1	2299,3		Marabá	pastagem	Ribeiro (1994)
Est. chuvosa ²	1108,6	2246,2		Marabá	floresta	Ribeiro (1994)
Est. chuvosa ²	1101,5	2231,0		Marabá	pastagem	Ribeiro (1994)
Est. seca ³			600,0	Manaus	floresta	André et al. (1988)
Est. chuvosa ⁴			700,0	Manaus	floresta	André et al. (1988)

¹ Estação seca nas áreas de pastagem e de floresta, no período de 01 a 20 de agosto e 09 a 30 de novembro de 1991.

² Estação chuvosa nas áreas de pastagem e de floresta, no período de dezembro de 1991 a 16 de fevereiro de 1992.

³ Estação seca na área de floresta, no período de 23 de julho a 22 de agosto de 1984.

⁴ Estação chuvosa na área de floresta, no período de 10 de março a 26 de abril de 1985.

2.3. Fluxos de calor sensível e calor latente

Embora alguns estudos já tenham sido realizados sobre o microclima da floresta amazônica, somente recentemente tem sido feitas medições sobre as trocas de calor sensível e calor latente acima da floresta amazônica. Segundo SÁ et al. (1988) o percentual médio diário entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação acima da floresta amazônica variou de 59 a 100% enquanto a proporção entre o fluxo de calor sensível e o saldo de radiação apresentou uma variação média diária entre 5 e 28%. De acordo com esses autores, os valores médios horários de β calculados a partir de 7:00 h até 16:00 h, variaram de 0,05 a 0,85.

Resultados obtidos por LEE e BLACK (1993) revelaram que a soma dos fluxos de calor sensível e calor latente, acima do dossel de uma floresta

conífera no Canadá, representaram, em média, 83% do fluxo de energia disponível. O valor médio da razão de Bowen encontrado acima da floresta nesse estudo foi de 2,1.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição das áreas experimentais

A área experimental de pastagem foi implantada na Fazenda Nossa Senhora Aparecida (10°45'S, 62°22'W e 220 m de altitude), desmatada em 1977, situada no Município de Ouro Preto do Oeste, distante cerca de 60 km de Ji-Paraná, RO. O solo na Fazenda Nossa Senhora Aparecida é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo. Em abril de 1993, o solo sem vegetação dessa fazenda representava 12% da área total. Num cercado de aproximadamente 10 × 10 m da área de pastagem, foi montada uma torre de alumínio com 6 m de altura, na qual foram instalados os instrumentos citados no Quadro 4.

A área experimental de floresta (10°05'S, 61°55'W e 120 m de altitude), localizada na Reserva Biológica do Rio Jaru (REBIOJARU), pertencente ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA), está situada à margem direita do Rio Machado, distante cerca de 70 km da cidade de Ji-Paraná, RO. A altura média da copa das árvores nessa reserva é de aproximadamente 33 m. Instalou-se nesse local, em outubro de 1991, uma torre micrometeorológica com 52 m de altura, onde foram instalados os instrumentos citados no Quadro 4. Segundo ROBERTS et al. (1996), as espécies de árvores de

Quadro 4 - Relação dos instrumentos em cada estação meteorológica automática

Instrumento	Medição	Unidade	Modelo
Piranômetro	Radiação solar global	W.m ⁻²	Solarímetro CM-5 (Kipp & Zonen, Delft, Holanda)
Piranômetro invertido	Radiação solar refletida	W.m ⁻²	Solarímetro CM-5 (Kipp & Zonen, Delft, Holanda)
Saldo radiômetro	Saldo de radiação	W.m ⁻²	REBS (Seattle, USA)
Termômetro de resist. de platina de um psicrômetro aspirado	Temperatura do bulbo molhado	°C	IH (Institute of Hydrology)
Anemômetro	Velocidade do vento	m.s ⁻¹	DWR-201 (Didcot Instr. Ltd., Abingdon, UK)
Pluviômetro	Precipitação	mm	Caçamba (Didcot Instr. Ltd., Abingdon, UK)
Placas de fluxo de calor no solo	Fluxo de calor no solo	W.m ⁻²	Modelo 610 (Thorntwaite Emler, New Jersey-USA)

maior altura circundando a torre eram *Cedrella odorata*, *Inga* sp., *Dioclea* cf. *bicolor* Bth., *Strychnos amazonicus* Krukoff, *Protium polybotrium* e *Leonia glyxicarpa* Ruiz.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw (tropical, quente e úmido), tendo uma precipitação média anual de 2.354 mm, concentrada principalmente no período de outubro a abril, com um período de estiagem bem caracterizado de maio a agosto, uma temperatura média do ar anual de 25,2°C e uma umidade relativa média anual de 85%. As Figuras 1, 2 e 3 ilustram a localização geográfica das áreas de estudo, a torre micrometeorológica na área de pastagem e a torre micrometeorológica na área de floresta, respectivamente.



Figura 1- Localização geográfica das áreas de estudo.



Figura 2 - Torre micrometeorológica localizada na área de pastagem na Fazenda Nossa Senhora Aparecida.



Figura 3 - Torre micrometeorológica na área de floresta localizada na Reserva Biológica do Rio Jaru.

3.2. Dados

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados durante a execução do projeto ABRACOS e fornecidos pelo Institute of Hydrology da Inglaterra e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Foram utilizados dados horários de radiação solar global, radiação solar refletida, saldo de radiação, albedo, temperatura de bulbo molhado, temperatura do ar, velocidade do vento, chuva e fluxo de calor no solo obtidos simultaneamente na área de pastagem e de floresta durante o período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993. Foram analisados 573 dias de dados horários na área de pastagem e 660 dias de dados horários na área de floresta. Os Quadros 5 e 6 apresentam os períodos de dados diários analisados em ambas as áreas experimentais.

Os dados coletados foram processados no CPTEC/INPE em Cachoeira Paulista, SP. Antes de serem iniciadas as análises procedeu-se a uma avaliação adicional do controle de qualidade dos dados, a qual consistiu no exame dos valores extremos, valores médios e desvio padrão de cada variável.

Quadro 6 - Dados diários analisados (x) na área de floresta.

Ano	Meses	Dias																														
		10										20										30										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
1992	fevereiro																															
	março	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	abril	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	maio	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	junho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	julho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	agosto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	setembro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	outubro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	novembro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	dezembro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1993	janeiro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	fevereiro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	março	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	abril	x	x									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	maio	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	junho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	julho	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	agosto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	setembro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	outubro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	novembro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	dezembro	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Os dados foram registrados em médias horárias e, no caso da precipitação, foram expressos em totais horários, registrados por um sistema de aquisição de dados da Campbell Scientific CR Logger.

O erro nas medições de radiação solar global e radiação solar refletida foi estimado em $\pm 1\%$, enquanto o erro nas medições do saldo radiômetro foi de $\pm 3\%$. Os termômetros de bulbo seco e bulbo molhado foram calibrados de acordo com um padrão, apresentando uma exatidão de $0,1^\circ\text{C}$. A velocidade do vento foi medida por um anemômetro modelo DWR-201, sensível a ventos a partir de $0,3 \text{ ms}^{-1}$.

As placas de fluxo de calor no solo foram instaladas a 5 mm de profundidade, em ambas as áreas experimentais. Foram instaladas nove placas de fluxo de calor no solo na área de pastagem e apenas duas na área de floresta, dando maior importância ao fluxo de calor no solo no balanço de energia na pastagem. Os fluxos de calor no solo analisados representam valores médios horários das placas em cada área experimental. A precipitação foi medida em pluviômetros modelo “caçamba” com resolução de 0,2 mm.

Os fluxos de calor sensível e calor latente entre as áreas experimentais e a atmosfera foram determinados em campanhas intensivas de coletas de dados, realizadas nos períodos de 04/04 a 26/07/1993. Foi utilizada a técnica micrometeorológica de correlação turbulenta para medição direta dos fluxos de calor sensível e calor latente. O método de correlação turbulenta consiste de medições instantâneas da componente vertical do vento simultaneamente com a quantidade conservativa de interesse.

Considerando que o ar em um plano horizontal tem temperatura T , massa específica ρ , velocidade vertical w , calor específico à pressão constante c_p , umidade específica q e calor de vaporização L , os fluxos turbulentos de calor sensível e calor latente foram calculados pelas Equações 1 e 2, respectivamente.

$$\text{Fluxo de calor sensível} \quad H = \rho c_p \overline{w' T'} \quad \text{eq. 1}$$

$$\text{Fluxo de calor latente} \quad LE = \rho L \overline{w' q'} \quad \text{eq. 2}$$

em que

(—) indica uma média temporal e (') representa o termo de flutuação.

Os fluxos medidos nas áreas de pastagem e de floresta foram periodicamente comparados com os fluxos determinados com outros procedimentos independentes, como o método da razão de Bowen e outros dispositivos de correlação turbulenta.

O sistema de covariância turbulenta utilizado foi desenvolvido no “Institute of Ecology and Resource Management”, Edinburgh University, UK. Esse sistema consistiu de um analisador de gás a infravermelho de resposta rápida, modelo LI 6262, Li-cor, Lincoln Nebraska, para medir os teores de vapor d’água e de CO₂; um anemômetro sônico para medir a componente vertical do vento, modelo Solent A1002R, Gill Instruments, Lymington, UK; uma unidade de bombeamento de 5 m de comprimento e 5,5 mm de diâmetro para extrair o ar de tubulações, modelo Dekabon 1300, Deane e CO, Glasgow, UK; um notebook com “software” para o cálculo dos fluxos em tempo quase-real, expressos em médias a cada período de 30 minutos.

A variação diurna e sazonal da partição da energia disponível sobre a floresta e a pastagem foi expressa pela razão de Bowen (β), por meio da Equação 3:

$$\beta = \frac{H}{LE} \quad \text{eq. 3}$$

A análise dos componentes do balanço de radiação acima da copa das árvores e sobre a pastagem baseou-se na Equação 4:

$$R_n = (1 - \alpha)R_g + Bol \quad \text{eq. 4}$$

em que

R_n é o saldo de radiação (Wm^{-2});

Rg é a radiação solar global (Wm^{-2});

α é o albedo da superfície; e

Bol é o balanço de radiação de ondas longas (Wm^{-2}).

O coeficiente de aquecimento (B) e o coeficiente de troca de onda longa (λ), propostos por MONTEITH e SZEICZ (1961) para caracterizar as propriedades térmicas da superfície e do ar, foram determinados pela equação de regressão entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas, conforme a Equação 5.

$$R_n = a_1 \text{ Boc} + b_1 \quad \text{eq. 5}$$

em que

$$B = \frac{1 - a_1}{a_1}$$

$$\lambda = a_1 - 1$$

Os coeficientes “B” e “ λ ” têm sido utilizados por vários pesquisadores (ANDRÉ et al., 1988; RIBEIRO, 1994) em estudos de balanço de radiação sobre florestas para descrever as propriedades térmicas da superfície. O coeficiente B indica a fração do saldo de radiação que é convertido em radiação de ondas longas, enquanto o coeficiente “ λ ” expressa a variação no balanço de radiação de ondas longas por unidade de radiação solar absorvida.

O balanço de radiação de ondas longas foi estimado como o resíduo da equação geral do balanço de radiação. O albedo foi calculado pela relação entre os valores médios horários da radiação solar refletida e da radiação solar global.

A influência do desmatamento na redistribuição do saldo de energia disponível foi analisada com base na equação do balanço de energia, expressa pela Equação 6:

$$R_n = H + LE + S + A + f \quad \text{eq. 6}$$

em que

H é o fluxo de calor sensível (Wm^{-2});

LE é o fluxo de calor latente (Wm^{-2});

S é o fluxo de calor no solo (Wm^{-2});

A é a energia armazenada na biomassa acima da superfície (Wm^{-2}); e

f é a energia utilizada na fotossíntese (Wm^{-2}).

Os termos “A” e “f” geralmente têm sido desprezados nos estudos de balanço de energia de vegetação, embora sejam raras as estimativas disponíveis desses termos em florestas.

Os períodos selecionados para as análises das variações diurnas das variáveis microclimáticas na estação chuvosa foram fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993, enquanto a estação seca consistiu dos meses de maio a agosto de 1992 e 1993.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Microclima de floresta e de áreas desmatadas, ocupadas com pastagem

As diferenças microclimáticas entre áreas de floresta e áreas desmatadas expressam as características distintas de vegetação nessas áreas. A vegetação de floresta apresenta uma estrutura do dossel bastante peculiar, o que a diferencia de qualquer outro tipo de vegetação. A análise do microclima em áreas de floresta e de pastagem poderá contribuir para ampliar o conhecimento sobre as consequências das alterações na cobertura vegetal da floresta amazônica no microclima local. Será apresentada a seguir a caracterização do microclima das áreas de floresta e de pastagem com base nas variações médias horárias e sazonais da temperatura do ar, déficit de pressão de vapor, velocidade do vento, albedo, radiação solar global, saldo de radiação, balanço de ondas curtas, balanço de ondas longas e totais diários de precipitação.

4.1.1. Precipitação pluvial

Os totais de precipitação mensal na área de pastagem e na área de floresta, durante o período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993, estão

ilustrados nas Figuras 4 e 5, respectivamente. A variação sazonal da precipitação em ambas as áreas experimentais é bem caracterizada, com a estação chuvosa compreendendo os meses de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993 e a menos chuvosa, ou estação seca, compreendendo os meses de maio a agosto de 1992 e 1993. O número de dias chuvosos em cada mês durante o período experimental variou na pastagem de 1 dia (junho/93) a 23 dias (dezembro/93), ao passo que na floresta a variação foi de 1 dia (junho, julho/92 e julho/93) a 25 dias em dezembro de 1993.

A variação sazonal da precipitação observada serviu de base para a análise comparativa das variáveis microclimáticas na estação seca e na estação chuvosa.

4.1.2. Temperatura do ar

As diferenças entre a temperatura do ar acima da copa das árvores da floresta e acima da pastagem estão ilustradas nas Figuras 6 e 7. As maiores diferenças foram observadas durante a estação seca, especialmente no período noturno. O Quadro 7 apresenta um resumo dos valores médios horários da temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura diurna, temperatura noturna e temperatura diária do ar acima da floresta e sobre a pastagem nas estações seca e chuvosa.

Comparando-se as amplitudes médias diárias de temperatura do ar, observou-se que na estação seca a amplitude na pastagem foi 1,5°C maior que a observada na floresta, ao passo que na estação chuvosa foi apenas 0,5°C maior do que a amplitude observada na floresta. BASTABLE et al. (1993), com base em dados coletados durante um período de 60 dias, em local próximo a Manaus, constataram na estação seca um aumento de 6,2°C na amplitude diária da temperatura do ar na pastagem em relação à floresta, enquanto na estação chuvosa o aumento foi de apenas 1,8°C. RIBEIRO (1994), analisando dados de pastagem e de floresta em Marabá, também constatou uma maior amplitude térmica diária na área de pastagem, sendo 1,1°C maior do que o valor observado na floresta na estação seca, reduzindo para 0,7°C acima da amplitude observada na floresta na estação chuvosa.

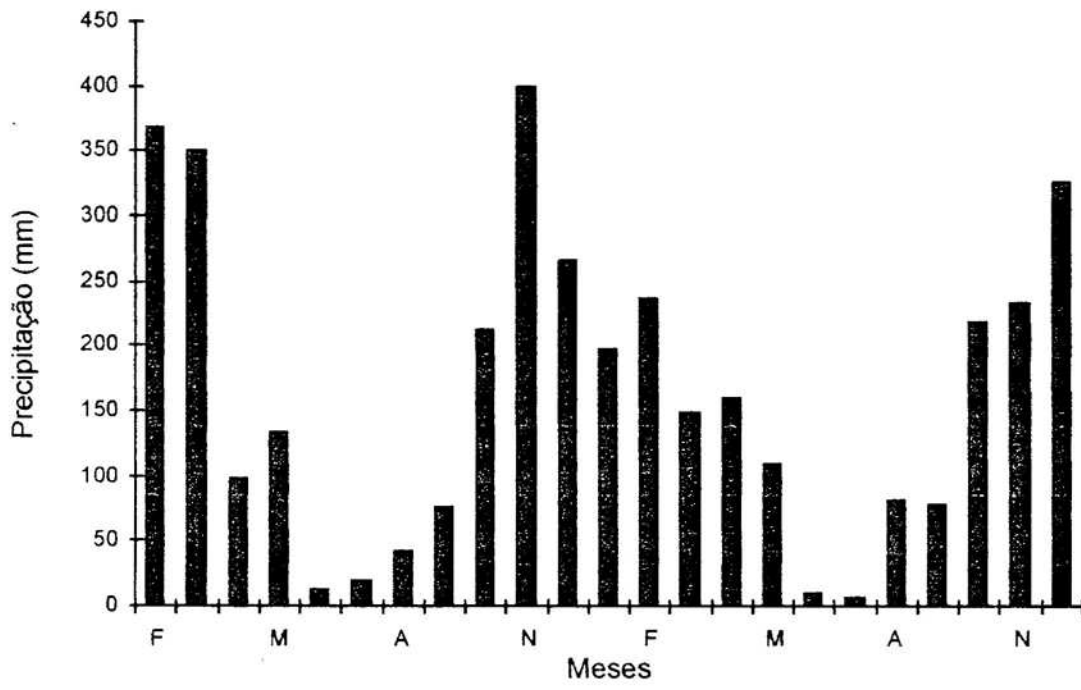


Figura 4 - Precipitação mensal na área de pastagem no período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993.

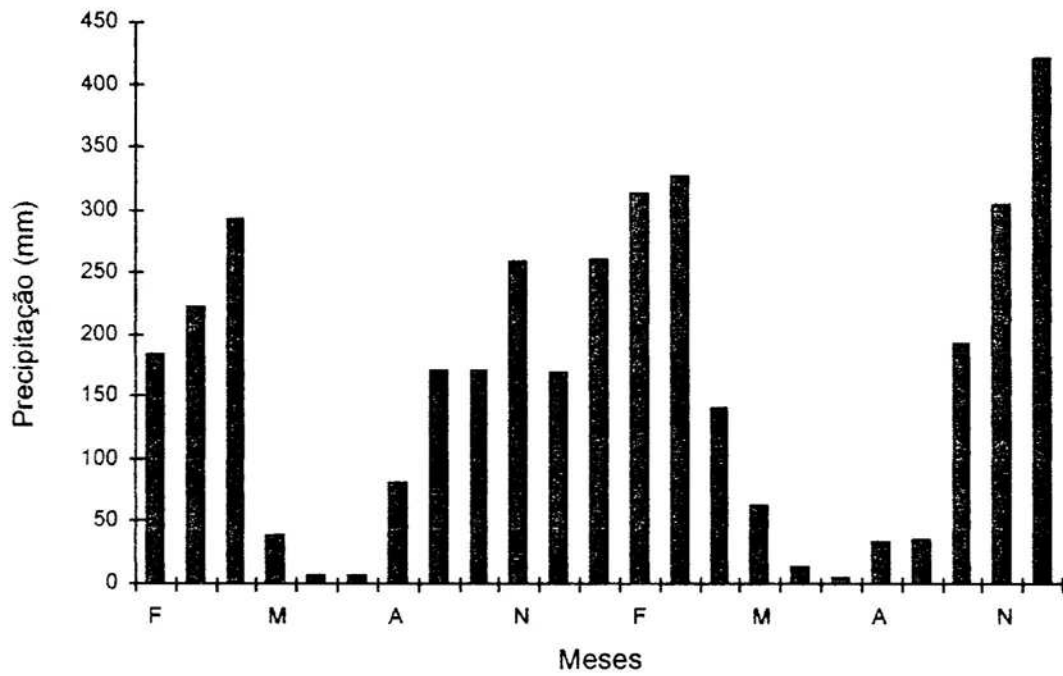


Figura 5 - Precipitação mensal na área de floresta no período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993.

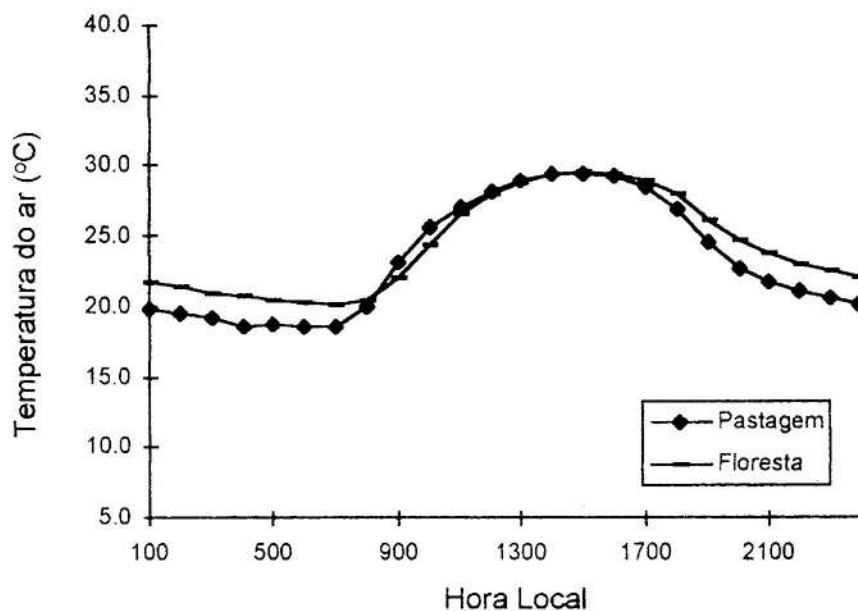


Figura 6 - Variação média horária da temperatura do ar nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993.

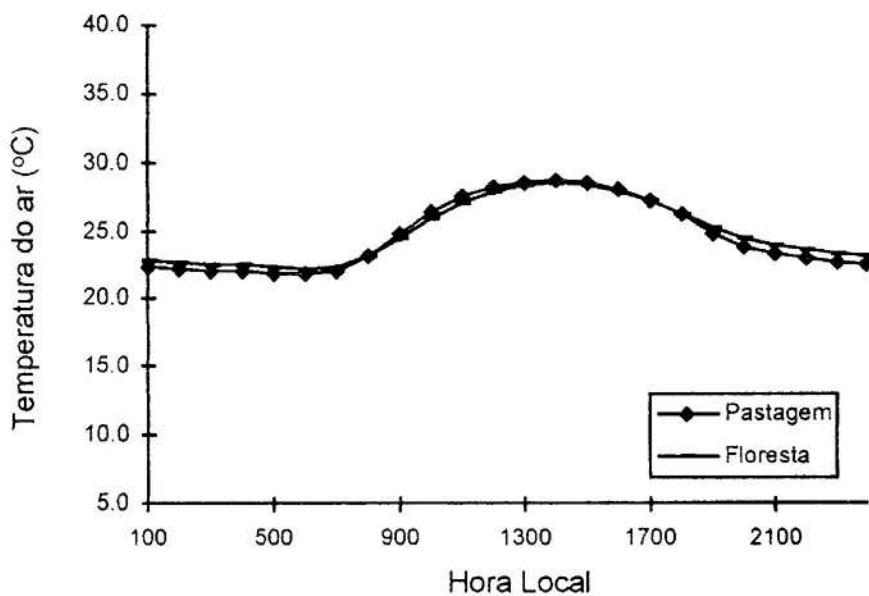


Figura 7 - Variação média horária da temperatura do ar nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993.

Quadro 7 - Valores médios horários da temperatura do ar acima da floresta e sobre a pastagem nas estações seca e chuvosa

Temperatura (°C)	Pastagem Est. seca	Floresta Est. seca	Pastagem Est. chuvosa	Floresta Est. chuvosa
Mínima	18,5 ± 1,13	20,1 ± 1,42	21,8 ± 0,34	22,2 ± 0,31
Máxima	29,5 ± 0,72	29,6 ± 0,75	28,6 ± 0,90	28,5 ± 1,02
Diurna	26,3 ± 3,75	26,3 ± 3,60	26,6 ± 2,23	26,4 ± 2,11
Noturna	20,4 ± 0,76	22,3 ± 0,69	22,7 ± 0,47	23,2 ± 0,38
Diária	23,3 ± 4,15	24,3 ± 3,47	24,6 ± 2,60	24,8 ± 2,28

Segundo WRIGHT et al. (1992), as maiores amplitudes térmicas observadas na área de pastagem na estação seca estão relacionadas com a redução da evapotranspiração nesse período e o conseqüente aumento no fluxo de calor sensível, enquanto que a maior disponibilidade de água na estação chuvosa permite que a vegetação na área de pastagem transpire na taxa potencial, resultando em temperaturas mais próximas às observadas na área de floresta.

As diferenças na temperatura média diária do ar entre a pastagem e a floresta foram cerca de 13 vezes menores do que o valor obtido por NOBRE et al. (1991) por meio de simulações numéricas.

4.1.3. Déficit de pressão de vapor d'água

Os valores médios horários do déficit de pressão de vapor d'água para as duas áreas experimentais nas estações seca e chuvosa estão apresentados nas Figuras 8 e 9, respectivamente. As diferenças no déficit de pressão de vapor entre a pastagem e a floresta são mais evidentes durante o período diurno. Os menores valores de déficit de pressão de vapor sobre a floresta, principalmente durante o período diurno, indicam teores de umidade superiores aos observados na área de pastagem. Os maiores déficits de pressão de vapor ocorreram na estação seca, variando de 18,65 hPa na floresta a 20,59 hPa na pastagem, enquanto que na estação chuvosa essa variação foi de 12,17 hPa na floresta a 13,73 hPa na pastagem.

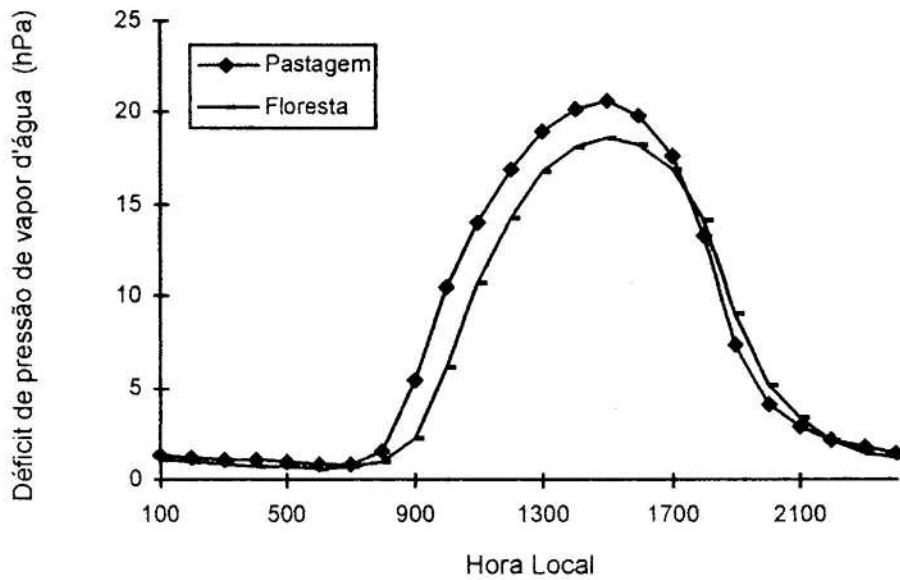


Figura 8 - Variação média horária do déficit de pressão de vapor d'água nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993.

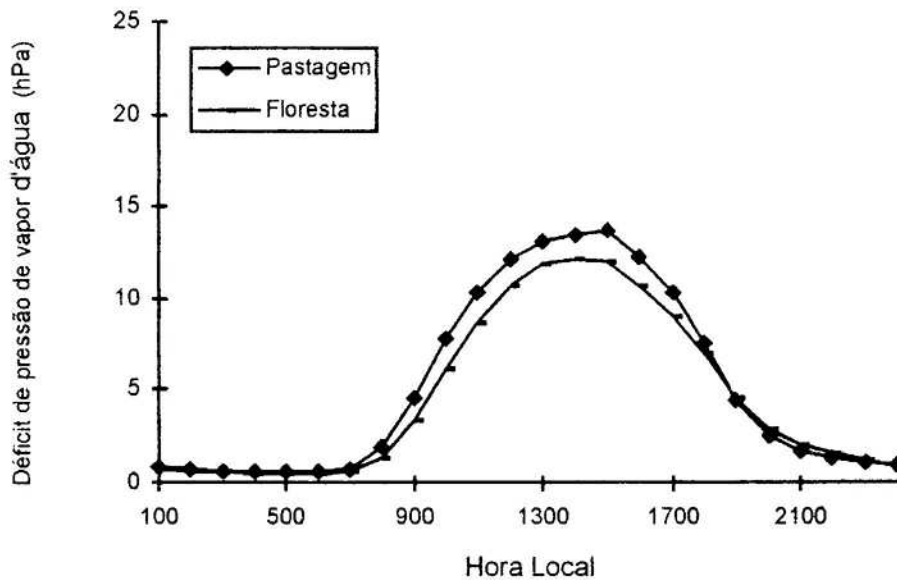


Figura 9 - Variação média horária do déficit de pressão de vapor d'água nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993.

4.1.4. Velocidade do vento

As variações das médias horárias da velocidade do vento nas áreas de pastagem e de floresta, nas estações seca e chuvosa, estão ilustradas nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

A velocidade do vento foi maior na área de pastagem durante o período diurno, e na área de floresta durante o período noturno. Os valores máximos de velocidade do vento ocorreram nas horas de temperatura mais elevada, ao passo que as menores velocidades do vento foram observadas nas horas de temperatura mais baixa.

Na estação seca, os valores médios da velocidade do vento durante o período diurno na área de floresta e de pastagem variaram de $1,6 \text{ ms}^{-1}$ a $1,9 \text{ ms}^{-1}$, respectivamente. No período noturno, os valores médios de velocidade do vento foram ligeiramente superiores na área de floresta, em torno de $1,1 \text{ ms}^{-1}$, enquanto a média na pastagem foi de $0,8 \text{ ms}^{-1}$.

Na estação chuvosa, a velocidade média do vento no período diurno variou de $1,5 \text{ ms}^{-1}$ na floresta a $2,0 \text{ ms}^{-1}$ na pastagem, enquanto que no período noturno a velocidade média do vento variou de $0,9 \text{ ms}^{-1}$ na área de pastagem a $1,0 \text{ ms}^{-1}$ na área de floresta. Esses resultados diferem dos valores observados por BASTABLE et al. (1993) em áreas de pastagem e de floresta próximas a Manaus, AM, onde as variações diurnas da velocidade do vento foram aproximadamente equivalentes entre as duas áreas.

4.1.5. Albedo

Os valores médios horários de albedo nas áreas de pastagem e de floresta foram calculados pela razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar incidente. A variação diurna do albedo médio horário nas duas áreas experimentais durante a estação seca e a estação chuvosa está apresentada nas Figuras 12 e 13, respectivamente. A dependência do albedo com relação ao

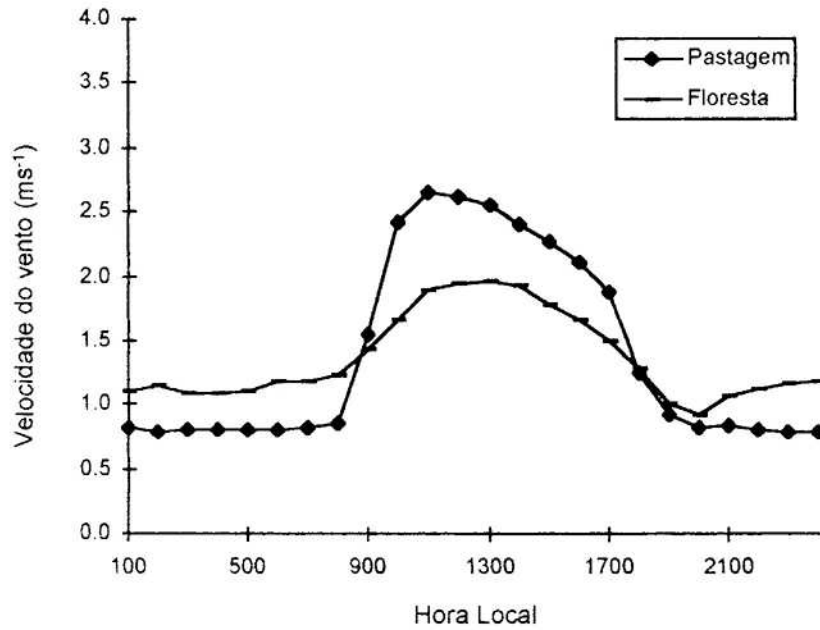


Figura 10 - Variação média horária da velocidade do vento nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993.

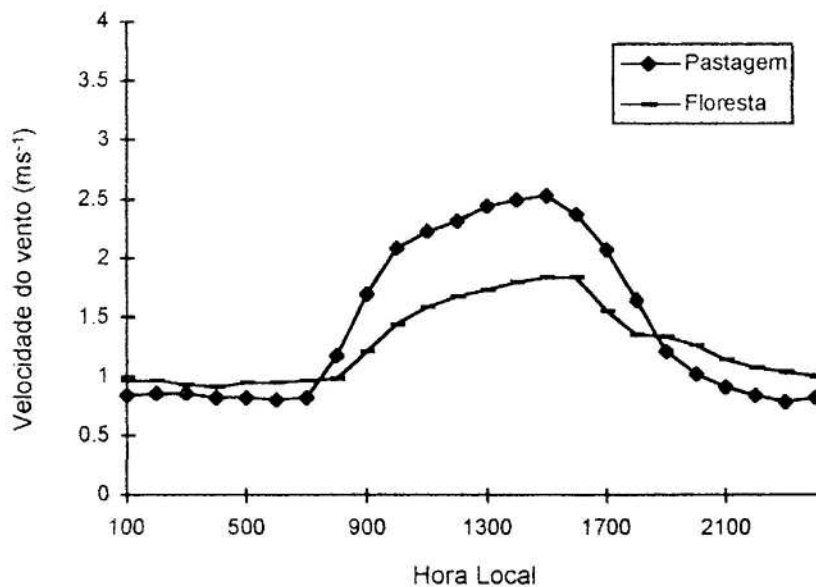


Figura 11 - Variação média horária da velocidade do vento nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993.

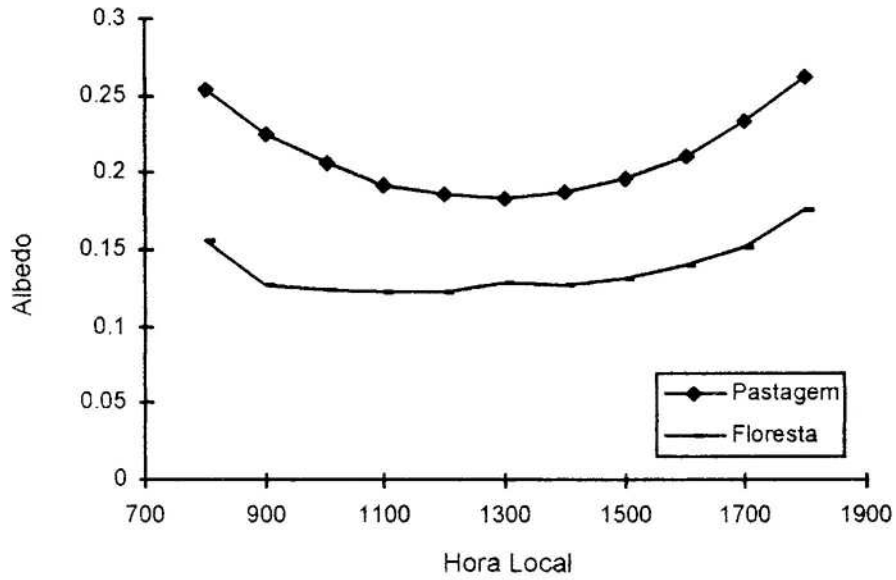


Figura 12 - Variação média horária do albedo nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993.

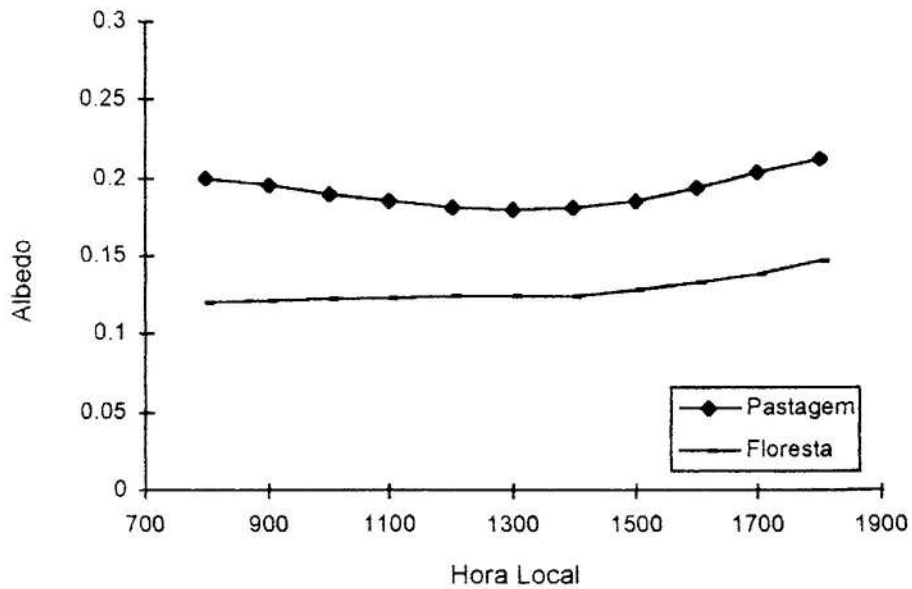


Figura 13 - Variação média diurna do albedo, nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993.

ângulo de elevação solar é bem estabelecida e pode ser observada nessas Figuras, principalmente durante a estação seca. A variação diurna do albedo na estação seca é aproximadamente simétrica, principalmente na área de pastagem. Na estação seca, o albedo da pastagem variou de $0,25 \pm 0,026$ às 08:00 horas da manhã, quando os ângulos de elevação solar são baixos, a $0,19 \pm 0,186$ em torno do meio-dia, quando os ângulos de elevação solar são altos. O albedo da floresta, nessa estação, apresentou uma variação diurna menor que a da pastagem, decrescendo de $0,16 \pm 0,016$ no início da manhã a $0,13 \pm 0,005$ em torno do meio-dia.

Na estação chuvosa houve uma redução na variação diurna do albedo na pastagem em relação à estação seca, enquanto que o albedo da floresta apresentou uma variação diurna assimétrica com valores pela manhã menores que à tarde. Essa característica assimétrica da variação diurna do albedo na floresta já foi constatada por MOORE (1976) e McCAUGHEY (1985) durante os meses de verão. Segundo McCAUGHEY (1985), essas variações podem ser atribuídas a variações na configuração do dossel da floresta à medida que o sol se desloca em seu movimento aparente. Os menores valores de albedo observados na estação chuvosa na pastagem e na floresta expressam em parte o efeito da nebulosidade na variação diurna do albedo.

Analisando a variação mensal do albedo na pastagem e na floresta, com base nos valores em torno do meio-dia, já não foi tão evidente a variação sazonal observada em comparação com a variação diurna. Uma comparação dos valores médios mensais do albedo em torno do meio-dia (12:00 e 13:00 horas) entre as duas áreas experimentais para todo o período de medições, correspondente a 521 dias na área de pastagem e 608 dias na área de floresta, está ilustrada na Figura 14. Durante a estação seca, nos períodos de maio a agosto de 1992 e 1993, o albedo médio na pastagem foi de $0,184 \pm 0,007$ e de $0,125 \pm 0,006$ na floresta. Na estação chuvosa, correspondente aos períodos de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993, o albedo médio na área de pastagem foi de $0,181 \pm 0,009$ e de $0,124 \pm 0,008$ na área de floresta.

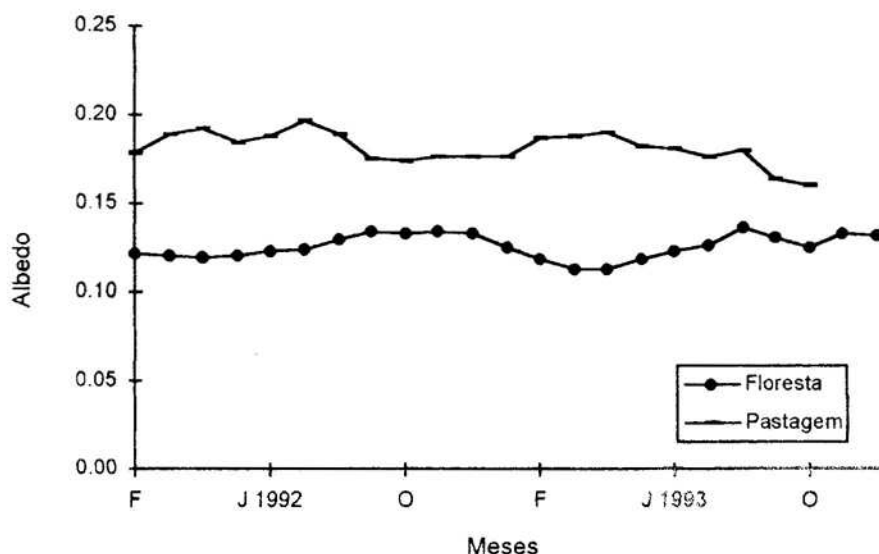


Figura 14 - Variação média do albedo entre 12:00 e 13:00 horas nas áreas de pastagem e de floresta, no período de fevereiro de 1992 a dezembro de 1993.

A diferença entre o albedo médio diário da pastagem e de floresta foi de, aproximadamente, 0,075 na estação seca, sendo reduzida para 0,063 na estação chuvosa. Segundo HENDERSON-SELLERS (1991), os modelos de circulação geral (GCMs) mostram que o aumento de cerca de 0,05 no albedo acarreta uma redução na precipitação entre 5 e 20 %. Portanto, a utilização de valores médios anuais de albedo, sem se levar em conta as suas variações sazonais, poderá afetar as estimativas de chuva dos GCMs.

O Quadro 8 apresenta uma comparação dos valores de albedo obtidos em áreas de pastagem e de floresta na região amazônica. Conforme se pode notar no Quadro 8, a maior parte dos valores médios horários de albedo obtidos na floresta amazônica está compreendida entre 0,12 e 0,14, enquanto que o albedo da área desmatada e substituída por pastagens tem apresentado valores médios diários entre 0,18 e 0,21. Esse aumento do albedo é consequência direta do desmatamento, tendo também sido constatado em outras localidades onde a floresta foi substituída por outro tipo de vegetação. A variação do albedo na área desmatada dependerá do tipo de vegetação a ser cultivado.

Quadro 8 - Valores de albedo observados em áreas de pastagem e de floresta na região amazônica

Local	Vegetação	Est. Seca	Est. chuvosa	Período	Referência
Manaus	floresta	–	0,12	96 horas (set/83)	Shuttleworth et al. (1984)
Manaus	floresta	0,13	0,13	12 dias	Vishwanadham et al. (1986)
Manaus	floresta	0,13	0,12	23/7-22/8/84 10/3-26/4/85	André et al. (1988)
Manaus	floresta	–	0,13	60 dias	Bastable et al. (1993)
Manaus	pastagem	–	0,16	60 dias	Bastable et al. (1993)
Marabá	floresta	0,157	0,132	97 dias; 78 dias	Ribeiro, 1994
Marabá	pastagem	0,183	0,182	45 dias; 152 dias	Ribeiro, 1994
Ji-Paraná	floresta	0,137	0,128	238 dias; 370 dias	Reschke, 1996
Ji-Paraná	pastagem	0,212	0,191	229 dias; 292 dias	Reschke, 1996

Simulações de desmatamento da floresta amazônica por modelos de circulação geral, como os de DICKINSON e HENDERSON-SELLERS (1988) e NOBRE et al. (1991), utilizaram os valores de 0,19 e 0,21, respectivamente, para o albedo das áreas desmatadas na Amazônia, sendo que para a floresta utilizaram o mesmo valor, 0,12, sem levar em consideração a variação sazonal do albedo em ambas as áreas experimentais, conforme foi constatado nesta pesquisa.

4.1.6. Radiação solar global

A variação média horária da radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, durante a estação seca e a estação chuvosa, está apresentada nas Figuras 15 e 16, respectivamente.

Houve uma boa concordância entre os valores de radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, principalmente na estação chuvosa. As diferenças entre os valores médios da radiação solar global em torno do meio-dia (12:00 e 13:00 horas) entre as áreas de pastagem e de floresta variaram de 33,0 Wm⁻² na estação seca a 16,0 Wm⁻² na estação chuvosa.

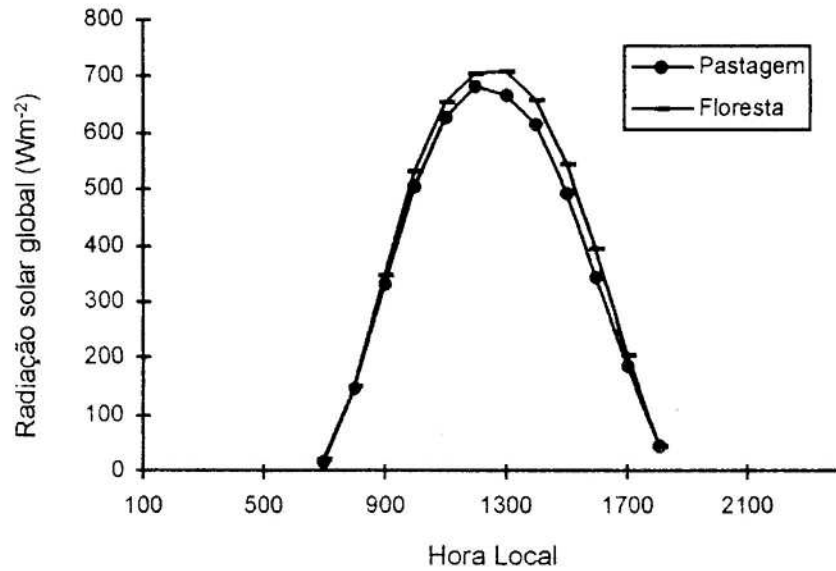


Figura 15 - Variação média horária da radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993.

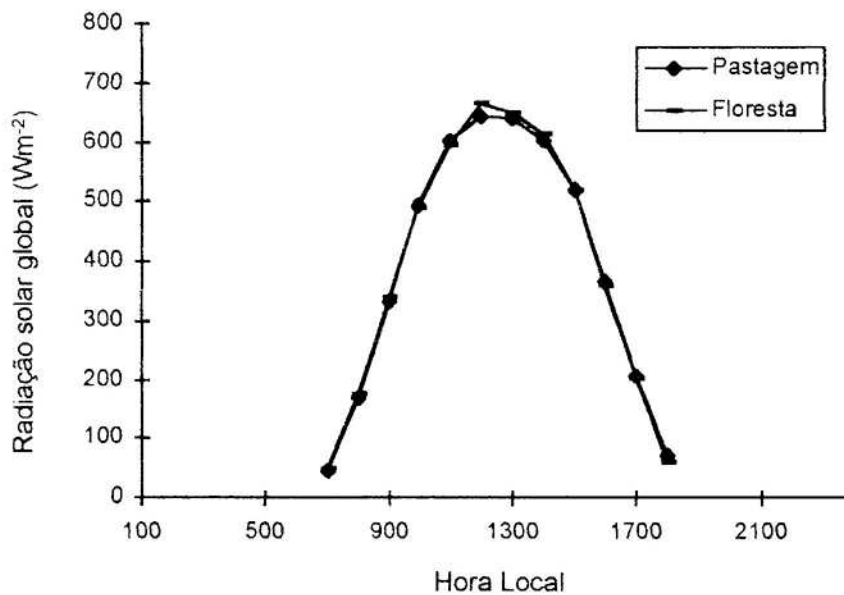


Figura 16 - Variação média horária da radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993.

4.1.7. Saldo de radiação

As características das variações médias horárias do saldo de radiação e de radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, durante a estação seca e a estação chuvosa, estão ilustradas nas Figuras 17 e 18, respectivamente. A diferença de albedo entre a pastagem e a floresta explica em grande parte os maiores saldos de radiação ocorridos acima da floresta durante o período diurno nas duas estações. Na estação seca, o saldo de radiação médio em torno do meio-dia, hora em que ocorre o valor máximo, foi 22,6 % maior do que na pastagem, ao passo que na estação chuvosa o saldo de radiação na floresta foi maior em apenas 10,7 %.

O saldo médio de radiação ao meio-dia na estação seca foi de 64 % da radiação solar global para a pastagem e de 76 % para a floresta. Na estação chuvosa, a proporção entre o saldo de radiação e a radiação solar global ao meio-dia variou de 70 % na pastagem a 75 % na floresta. Os maiores albedos da pastagem em relação à floresta acarretam uma redução na radiação solar global absorvida na área desmatada e, conseqüentemente, um menor saldo de radiação sobre essa superfície. Segundo GASH e SHUTTLEWORTH (1991), o desmatamento de florestas tropicais acarretará sempre um decréscimo na energia absorvida em cerca de 2 a 13 % da radiação solar global.

Os balanços de ondas curtas e de ondas longas na pastagem e na floresta, durante as estações seca e chuvosa, estão ilustrados nas Figuras 19 e 20, respectivamente. O balanço de ondas longas na área de pastagem e de floresta foi determinado como resíduo da equação do balanço de radiação. O balanço de radiação de ondas longas foi bem semelhante entre as duas áreas experimentais, enquanto que o balanço de ondas curtas foi ligeiramente superior na floresta, principalmente durante a estação seca, devido aos maiores albedos observados na área de pastagem.

As equações de regressão obtidas entre valores horários de saldo de radiação e radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta durante as estações seca e chuvosa, conforme a Equação 7, estão resumidas nos Quadros 9 e 10. Os coeficientes “a” e “b”, nessas regressões, expressam a influência do albedo e das propriedades radiativas da superfície considerada, segundo PINKER et al. (1980).

$$R_n = a + bR_g \quad \text{eq. 7}$$

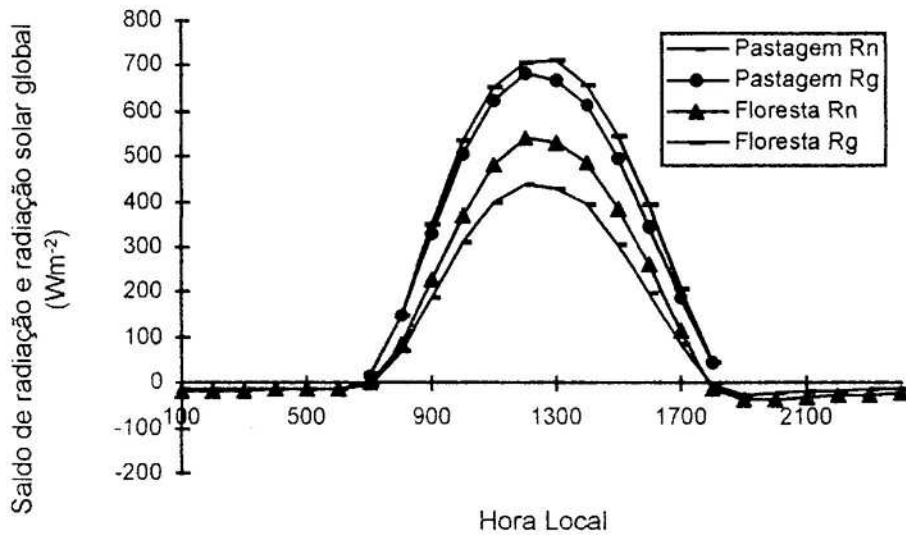


Figura 17 - Variação média horária do saldo de radiação e radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993.

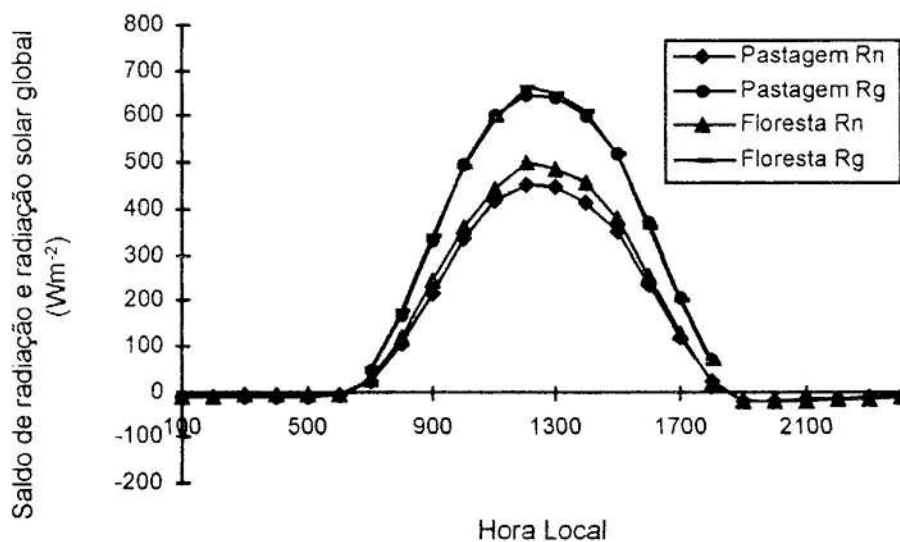


Figura 18 - Variação média horária do saldo de radiação e radiação solar global nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993.

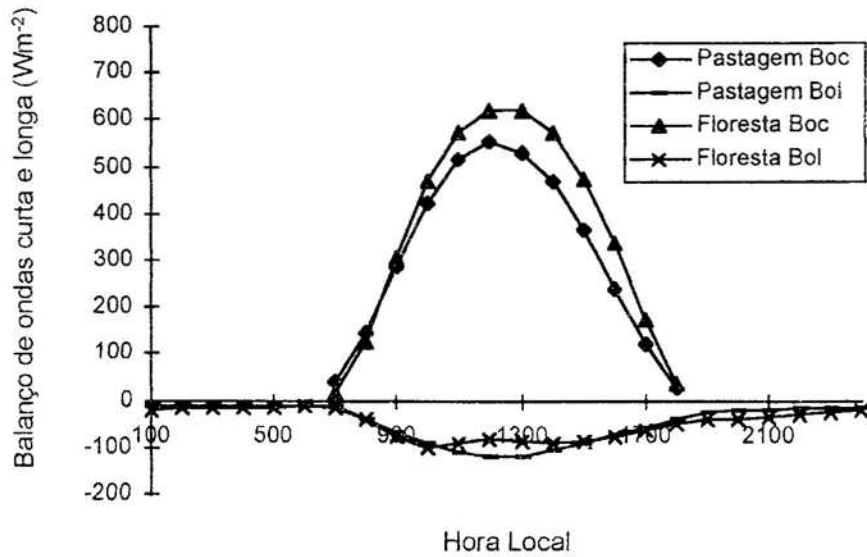


Figura 19 - Variação média horária dos balanços de ondas curtas e longas, durante a estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993, nas áreas de pastagem e de floresta.

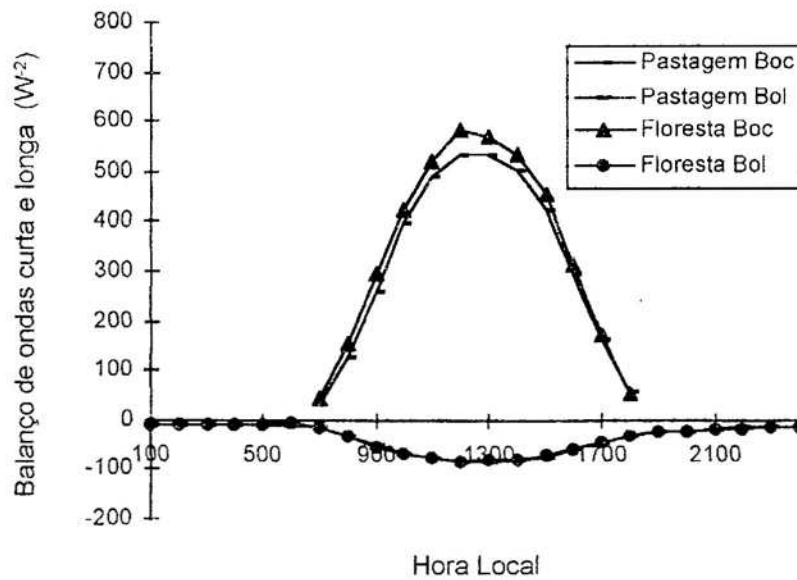


Figura 20 - Variação média horária dos balanços de ondas curtas e longas, nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, nos períodos de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993.

Quadro 9 - Regressões lineares entre o saldo de radiação (Rn) e a radiação solar global (Rg) e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) nas áreas de pastagem e de floresta, durante os meses da estação seca

Mês/Ano	Floresta	r^2	Pastagem	r^2
05/1992	$Rn = -22,76 + 0,79Rg$	0,993	$Rn = -31,11 + 0,69Rg$	0,996
05/1993	$Rn = -29,67 + 0,79Rg$	0,998	$Rn = -37,69 + 0,76Rg$	0,996
06/1992	$Rn = -41,01 + 0,81Rg$	0,988	$Rn = -33,51 + 0,70Rg$	0,995
06/1993	$Rn = -40,06 + 0,78Rg$	0,995	$Rn = -34,05 + 0,71Rg$	0,997
07/1992	$Rn = -59,61 + 0,84Rg$	0,993	$Rn = -41,26 + 0,66Rg$	0,996
07/1993	$Rn = -42,73 + 0,77Rg$	0,996	$Rn = -31,36 + 0,67Rg$	0,998
08/1992	$Rn = -46,86 + 0,81Rg$	0,996	$Rn = -31,91 + 0,65Rg$	0,998
08/1993	$Rn = -37,26 + 0,76Rg$	0,998	$Rn = -20,62 + 0,64Rg$	0,999
Estação seca todo o período	$Rn = -40,29 + 0,80Rg$	0,991	$Rn = -31,00 + 0,68Rg$	0,988

Quadro 10 - Regressões lineares entre o saldo de radiação (Rn) e a radiação solar global (Rg) e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) nas áreas de pastagem e de floresta, durante os meses da estação chuvosa

Mês/Ano	Floresta	r^2	Pastagem	r^2
02/1992	$Rn = -12,52 + 0,76Rg$	0,999	$Rn = -15,18 + 0,69Rg$	0,999
02/1993	$Rn = -17,84 + 0,79Rg$	0,999	$Rn = -19,92 + 0,74Rg$	0,998
03/1992	$Rn = -15,06 + 0,76Rg$	0,999	$Rn = -20,79 + 0,68Rg$	0,996
03/1993	$Rn = -22,58 + 0,79Rg$	0,998	$Rn = -25,95 + 0,74Rg$	0,998
04/1992	$Rn = -20,92 + 0,77Rg$	0,996	$Rn = -21,13 + 0,67Rg$	0,999
04/1993	$Rn = -29,96 + 0,80Rg$	0,998	$Rn = -29,88 + 0,76Rg$	0,997
10/1992	$Rn = -28,69 + 0,77Rg$	0,998	$Rn = -29,27 + 0,70Rg$	0,999
10/1993	$Rn = -30,45 + 0,78Rg$	0,999	$Rn = -24,11 + 0,75Rg$	0,997
11/1992	$Rn = -21,68 + 0,75Rg$	0,999	$Rn = -20,94 + 0,71Rg$	0,999
11/1993	$Rn = -26,35 + 0,80Rg$	0,999	$Rn = -24,81 + 0,79Rg$	0,996
12/1992	$Rn = -22,59 + 0,78Rg$	0,999	$Rn = -21,75 + 0,72Rg$	0,999
12/1993	$Rn = -20,08 + 0,79Rg$	0,998	$Rn = -31,10 + 0,77Rg$	0,987
01/1993	$Rn = -23,07 + 0,81Rg$	0,999	$Rn = -28,61 + 0,77Rg$	0,997
Est. chuvosa todo o período	$Rn = -21,25 + 0,78Rg$	0,997	$Rn = -24,14 + 0,73Rg$	0,989

Na estação seca, o coeficiente “a” variou de $-20,62 \text{ Wm}^{-2}$ a $-41,26 \text{ Wm}^{-2}$ na pastagem e de $-22,76 \text{ Wm}^{-2}$ a $-59,61 \text{ Wm}^{-2}$ na floresta. Ao se considerar todos os dados da estação seca em conjunto, o coeficiente “a” foi de $-31,0 \text{ Wm}^{-2}$ na pastagem e de $-40,29 \text{ Wm}^{-2}$ na floresta.

Nos meses da estação chuvosa o coeficiente “a” variou de $-15,18 \text{ Wm}^{-2}$ a $-31,1 \text{ Wm}^{-2}$ na pastagem e de $-12,52 \text{ Wm}^{-2}$ a $-30,45 \text{ Wm}^{-2}$ na floresta. Usando os valores horários correspondentes de R_n e R_g de toda a estação chuvosa, foi obtido um valor médio para o coeficiente “a” de $-24,14 \text{ Wm}^{-2}$ na pastagem e de $-21,25 \text{ Wm}^{-2}$ na floresta.

Os valores do coeficiente “a” para as duas áreas experimentais foram mais próximos entre si e apresentaram valores negativos menores na estação chuvosa em comparação com a estação seca. Esses resultados sugerem que os fluxos de radiação de onda longa durante o período diurno foram maiores na floresta do que na pastagem na estação seca, ocorrendo o inverso na estação chuvosa.

O coeficiente “b”, que representa a relação entre R_n/R_g , apresentou maiores valores na floresta, principalmente durante a estação seca. Na estação chuvosa, o coeficiente “b” variou de 0,67 a 0,79 na pastagem e de 0,75 a 0,81 na floresta, enquanto na estação seca a variação foi de 0,64 a 0,76 na pastagem e de 0,76 a 0,84 na floresta. Utilizando os dados horários dos meses observados em cada estação, verificou-se que cerca de 68 % e 80 % da radiação solar global foi utilizada no saldo de radiação na área de pastagem e de floresta, respectivamente, durante a estação seca, na estação chuvosa a variação foi de 73 % na pastagem e 78 % na floresta.

A variação dos coeficientes de regressão durante os meses das estações seca e chuvosa é consequência das condições de nebulosidade ocorrida durante os períodos de observação, entre outros fatores. Os maiores valores de “b” obtidos na área de floresta são consequência dos menores albedos observados nessa área, comparados com os albedos da área de pastagem, conforme já foi apresentado anteriormente. Os resultados das regressões entre saldo de radiação e

radiação solar global sugerem que o desmatamento acarreta uma redução na proporção da radiação solar global convertida em saldo de radiação, principalmente na estação seca.

Os coeficientes de aquecimento e de troca de onda longa e os parâmetros da regressão entre o saldo de radiação e balanço de ondas curtas nas duas áreas experimentais estão apresentados no Quadro 11. Praticamente não se observou variação sazonal nos coeficientes B e λ na área de floresta. Todavia, na área de pastagem o coeficiente B diminuiu em 50 % na estação chuvosa com relação ao valor observado na estação seca. Os menores valores de B na estação chuvosa estão possivelmente associados à maior nebulosidade e conseqüente redução da radiação solar global e diminuição da emissão de radiação de onda longa pela superfície. Esses resultados são condizentes com os obtidos por RIBEIRO (1994) em áreas de pastagem e de floresta em Marabá, PA.

Quadro 11 - Coeficientes de aquecimento (B), coeficientes de troca de onda longa (λ) e parâmetros da equação de regressão entre saldo de radiação (Rn) e balanço de radiação de ondas curtas (Boc)

Parâmetro	Pastagem		Floresta	
	Est. seca	Est. chuvosa	Est. seca	Est. chuvosa
B	0,30	0,15	0,11	0,12
λ	-0,23	-0,13	-0,10	-0,11
a_1	0,77	0,87	0,90	0,89
b_1	-7,68	-18,92	-36,8	-19,55
r^2	0,868	0,991	0,992	0,997

4.2. Balanço de energia acima da floresta e da área de pastagem

4.2.1. Fluxos de calor sensível e de calor latente

O comportamento diurno dos fluxos de calor sensível e de calor latente nas áreas de pastagem e de floresta durante a estação seca, no período de 1^o de maio a 26 de junho de 1993, está ilustrado nas Figuras 21 e 22, respectivamente. Na estação seca, os valores máximos de fluxo de calor sensível variaram em média de 130,0 Wm⁻² na pastagem (ao meio-dia) a 106,0 Wm⁻² na floresta (às 13:00 horas). Os máximos fluxos de calor latente ocorreram em média às 13:00 horas, variando de 295,0 Wm⁻² na pastagem a 354,0 Wm⁻² na floresta.

As Figuras 23 e 24 apresentam o comportamento diurno dos fluxos de calor sensível e de calor latente nas áreas de pastagem e de floresta durante a estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993. Os valores máximos de fluxo de calor sensível variaram em média de 104,0 Wm⁻² (ao meio-dia) na floresta a 122,0 Wm⁻² na pastagem, ao passo que os valores máximos de fluxo de calor latente variaram de 325,0 Wm⁻² na pastagem a 362,0 Wm⁻² na floresta.

4.2.2. Razão de Bowen (β)

Por meio dos fluxos de calor sensível e de calor latente foi obtida a razão de Bowen, β , determinada pela Equação 3. As variações da partição de energia disponível durante o período diurno (09:00 a 16:00 horas) em termos de β , nas estações seca e chuvosa, estão ilustradas nas Figuras 25 e 26, respectivamente. Essas figuras mostram que β foi menor que 1 em ambas as áreas experimentais, variando na estação seca de 0,26 na floresta a 0,30 na pastagem, enquanto na estação chuvosa a variação média de β foi de 0,21 na floresta a 0,31 na pastagem. Esses resultados são condizentes com os valores observados por SÁ et al. (1988) em Manaus, que obteve uma variação de 0,05 a 0,85 na floresta amazônica, considerando o período diurno entre 07:00 e 16:00 horas. Segundo o mesmo autor, essa situação, em que $\beta < 1$, embora não contribua diretamente para um rápido aquecimento sobre essas áreas experimentais, pode aumentar a umidade do ar.

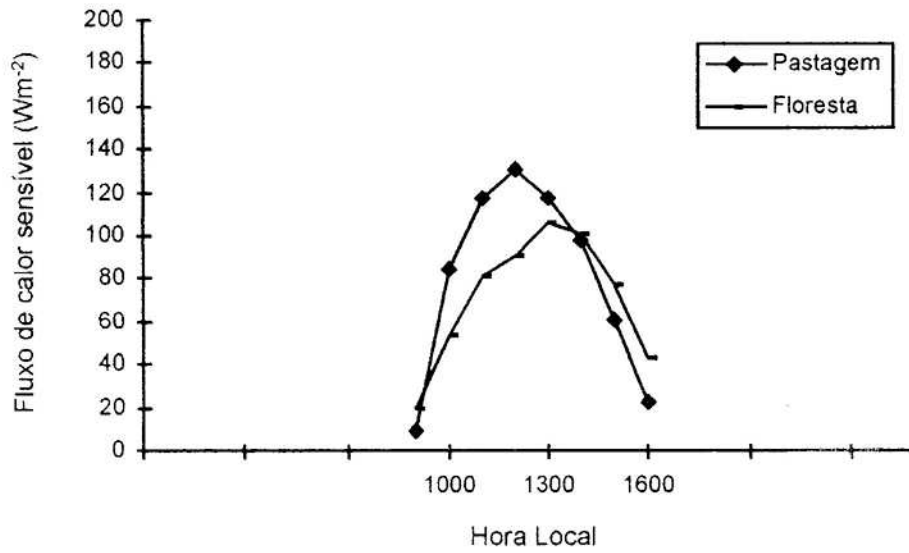


Figura 21 - Comportamento diurno do fluxo de calor sensível nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de 1º de maio a 26 julho de 1993.

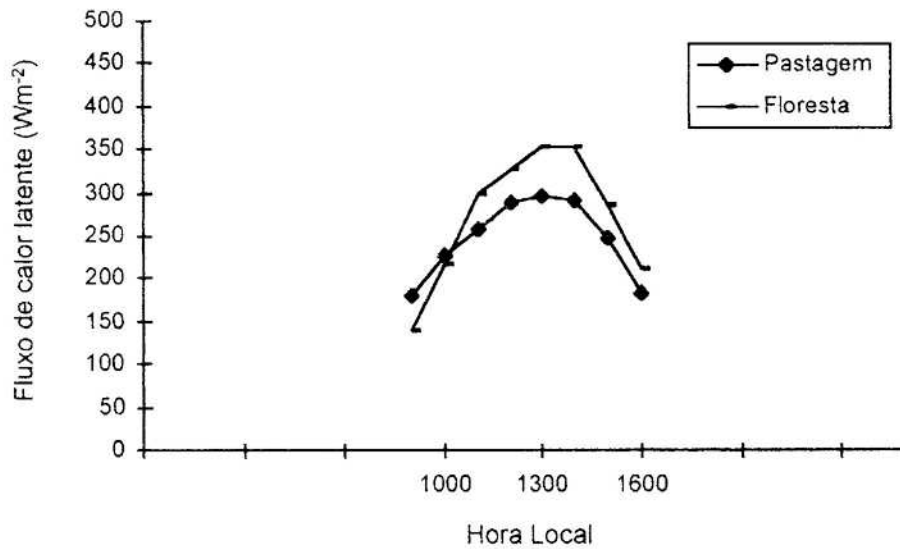


Figura 22 - Comportamento diurno do fluxo de calor latente nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de 1º de maio a 26 de julho de 1993.

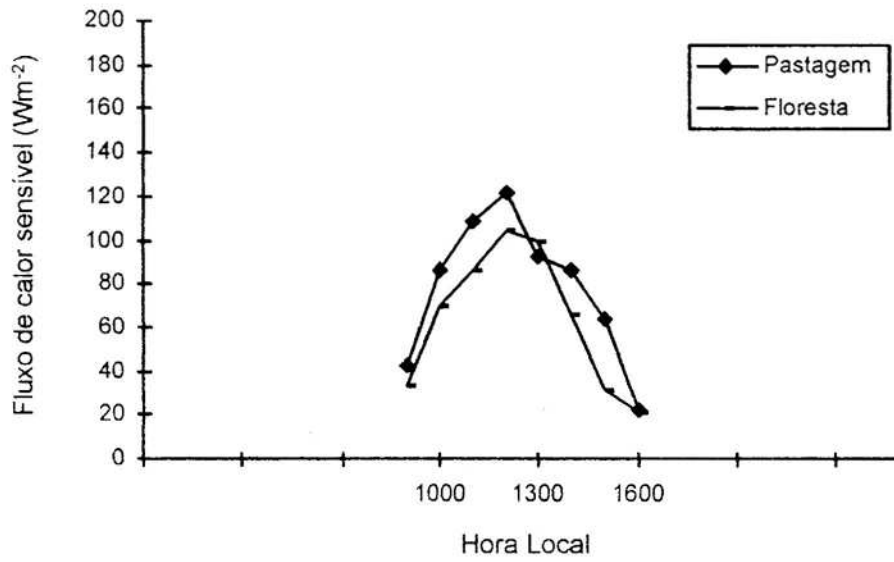


Figura 23 - Comportamento diurno do fluxo de calor sensível nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993.

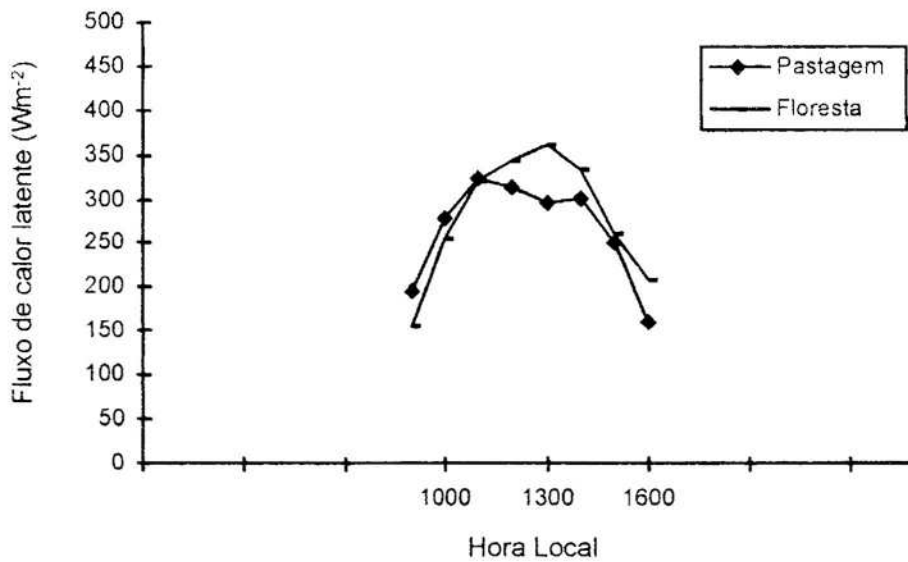


Figura 24 - Comportamento diurno do fluxo de calor latente nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993.

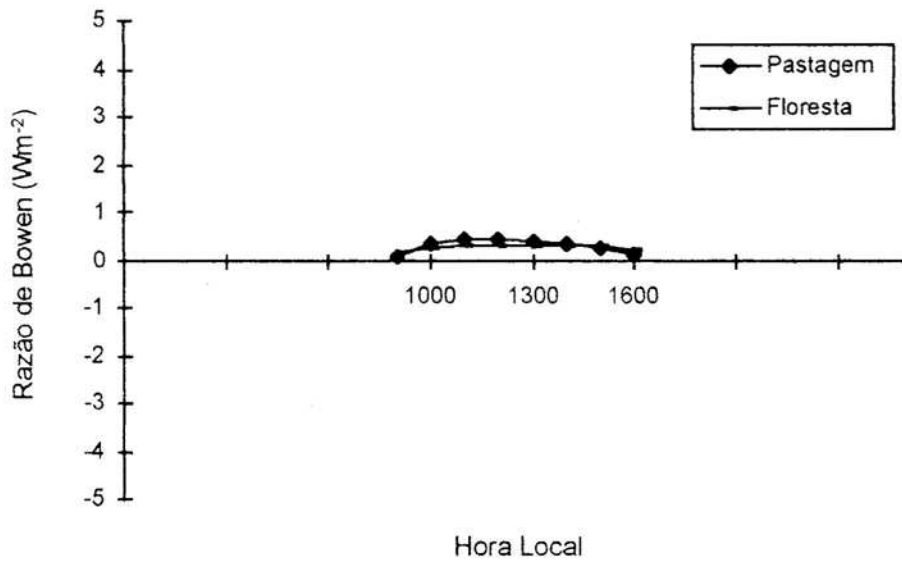


Figura 25 - Variação média diurna de β entre 09:00 e 16:00 horas nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de 1^o de maio a 26 de julho de 1993.

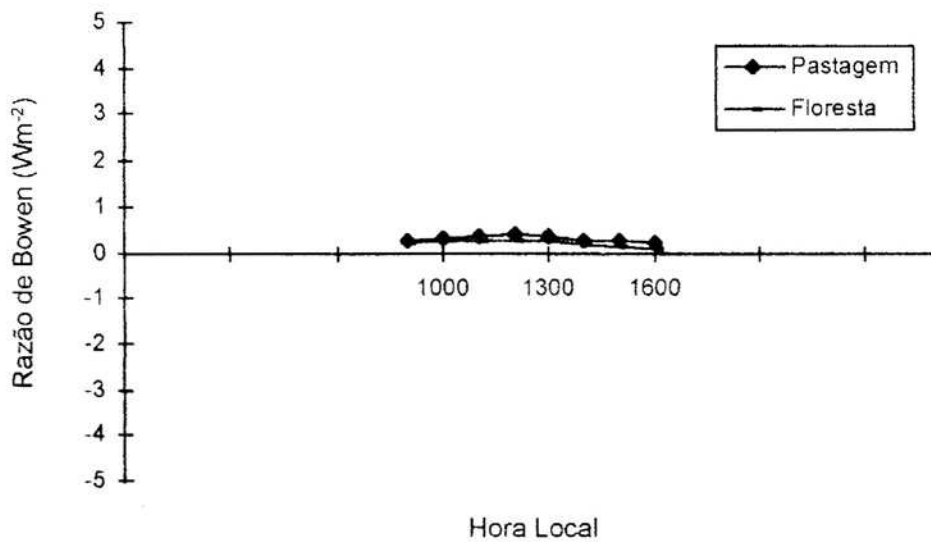


Figura 26 - Variação média diurna de β entre 09:00 e 16:00 horas nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993.

4.2.3. Fluxo de calor no solo

O ciclo diário de fluxo de calor no solo, como era esperado, apresentou uma grande variação entre a floresta e a pastagem. A Figura 27 mostra o ciclo diário médio do fluxo de calor no solo nas duas áreas experimentais durante a estação seca, correspondente ao período de maio a agosto de 1992 e 1993. Na área de pastagem, o fluxo de calor no solo foi negativo a partir das 18:00 horas até as 08:00 horas. Na pastagem, o valor máximo de fluxo de calor no solo ($23,0 \text{ Wm}^{-2}$) ocorreu ao meio-dia, coincidindo com a hora de máxima radiação solar global e máximo saldo de radiação. Na floresta, o fluxo de calor no solo foi negativo, em média, a partir das 19:00 horas até às 10:00 horas. O valor máximo de fluxo de calor no solo na floresta foi de apenas $1,8 \text{ Wm}^{-2}$, defasado de duas horas com relação ao ocorrido na pastagem. Esse comportamento ocorre devido ao fato de que as copas das árvores atenuam a passagem dos raios solares, retardando, assim, o aquecimento do solo na área de floresta. A amplitude média diária do fluxo de calor no solo, nessa estação, variou de $36,7 \text{ Wm}^{-2}$ na pastagem a $5,0 \text{ Wm}^{-2}$ na floresta.

A Figura 28 ilustra a variação média diária do fluxo de calor no solo nas áreas de pastagem e de floresta, durante a estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993. Nessa estação, observou-se uma significativa redução do fluxo de calor no solo na pastagem. O máximo fluxo de calor no solo na pastagem, ocorrido ao meio-dia, foi reduzido para $8,0 \text{ Wm}^{-2}$, enquanto na floresta o máximo, também defasado de duas horas, sofreu um pequeno aumento para $2,1 \text{ Wm}^{-2}$. A amplitude média diária do fluxo de calor no solo variou de $17,0 \text{ Wm}^{-2}$ na pastagem a $4,0 \text{ Wm}^{-2}$ na floresta.

Os resultados das regressões lineares entre os valores médios horários de saldo de radiação (R_n) e fluxo de calor no solo (S) apresentados no Quadro 12 sugerem que o fluxo de calor no solo na área de floresta praticamente não apresentou variação sazonal, representando um percentual menor que 1% do saldo de radiação, ao passo que na área de pastagem a participação do fluxo de calor no solo no saldo de radiação variou de 3,4 % na estação chuvosa a 7,6% na estação seca.

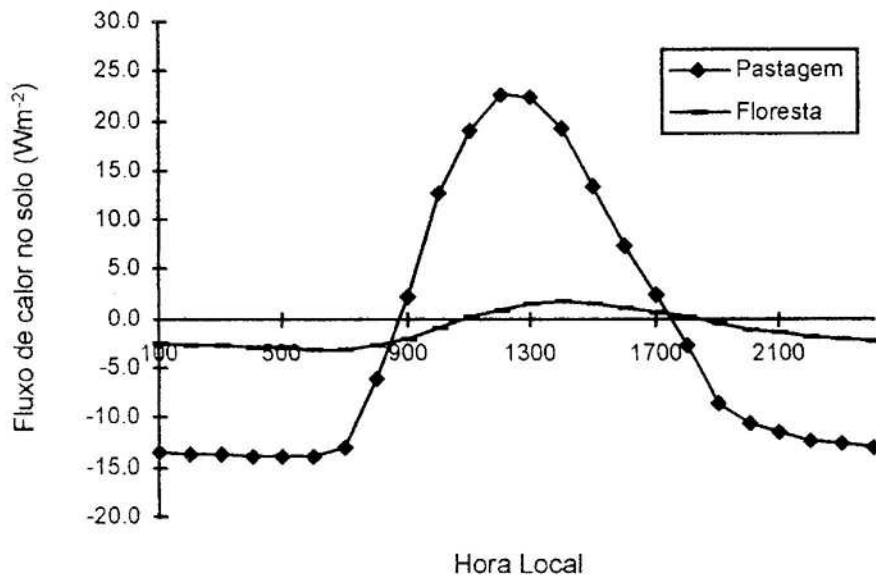


Figura 27 - Variação média horária do fluxo de calor no solo nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a agosto de 1992 e 1993.

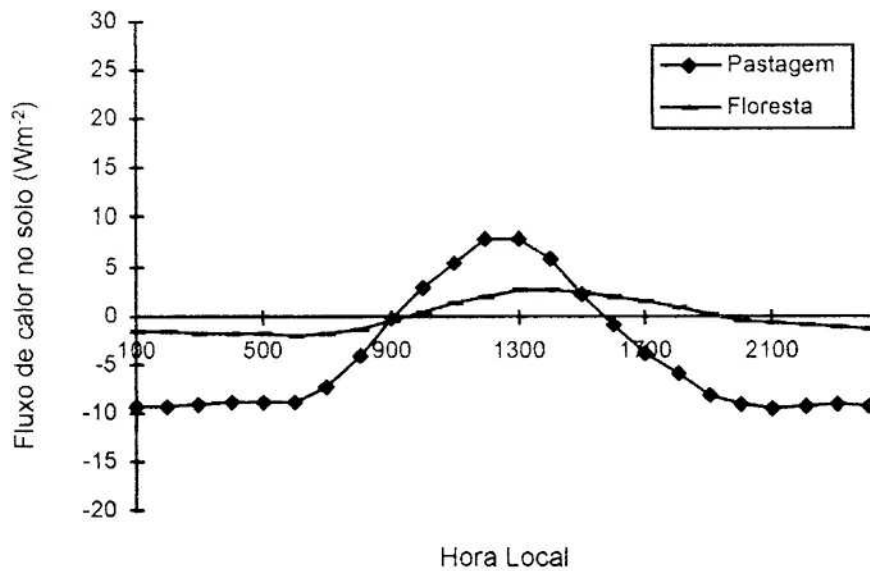


Figura 28 - Variação média horária do fluxo de calor no solo, nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de fevereiro a abril de 1992, outubro de 1992 a abril de 1993 e outubro a dezembro de 1993.

Quadro 12 - Equações de regressão linear entre os valores horários de saldo de radiação (Rn) e fluxo de calor no solo (S) e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) nas áreas de pastagem e de floresta, durante a estação seca e a estação chuvosa

Período	Pastagem	r^2	Floresta	r^2
Estação seca	$Rn = -10,46 + 0,076S$	0,86	$Rn = -1,89 + 0,006S$	0,47
Estação chuvosa	$Rn = -8,40 + 0,034S$	0,90	$Rn = -1,16 + 0,007S$	0,47

4.2.4. Variação sazonal dos componentes do balanço de energia

As variações sazonais dos componentes do balanço de energia nas áreas de pastagem e de floresta estão ilustradas nas Figuras 29 e 30. Observa-se que as variações diurnas de H, LE e S acompanham aproximadamente as variações de Rn. Comparando os valores médios desses componentes ao meio-dia nas áreas de pastagem e de floresta, nas duas estações, constata-se que a relação LE/Rn apresentou a mesma magnitude nas duas áreas experimentais na estação chuvosa com o valor de 0,67. Na estação seca essa relação variou de 0,65 na área de pastagem a 0,68 na área de floresta. A maior variação observada na relação H/Rn entre a pastagem e a floresta deu-se na estação seca. Nessa estação, a fração do saldo de radiação utilizada na transferência de calor sensível foi de 0,29 na pastagem e 0,19 na floresta, enquanto na estação chuvosa obteve-se 0,26 na área de pastagem e 0,20 na área de floresta.

Conforme já era esperado, as relações entre o fluxo de calor no solo e o saldo de radiação foram inferiores às obtidas com os fluxos de calor sensível e calor latente. Na pastagem essa relação foi de 0,04 na estação chuvosa e 0,06 na estação seca, ao passo que na floresta foi praticamente insignificante em ambas as estações, com valores próximos de zero.

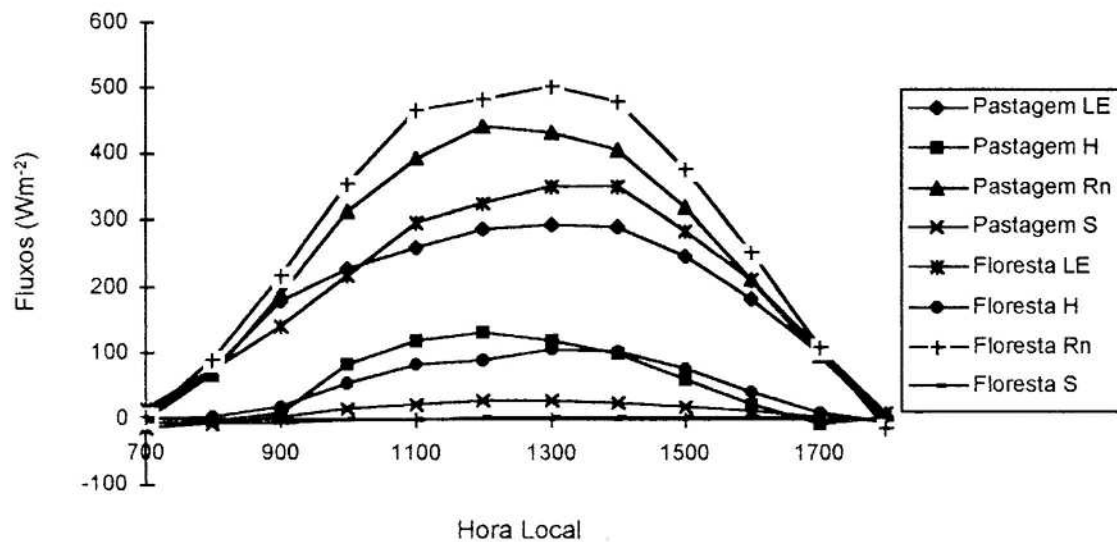


Figura 29 - Variação média horária dos componentes do balanço de energia nas áreas de pastagem e de floresta, na estação seca, no período de maio a julho de 1993.

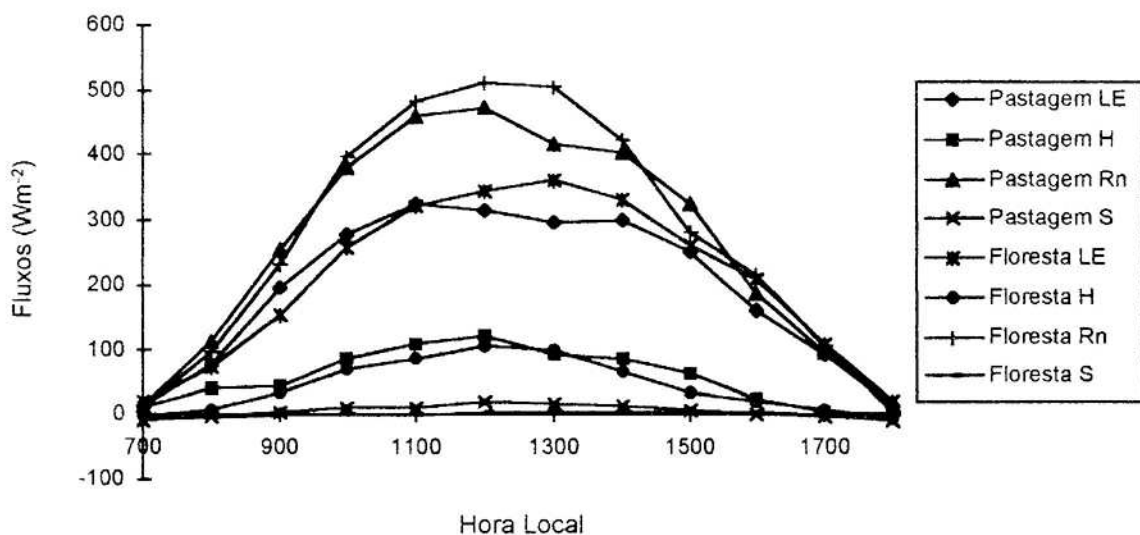


Figura 30 - Variação média horária dos componentes do balanço de energia nas áreas de pastagem e de floresta, na estação chuvosa, no período de 04 a 30 de abril de 1993.

Estimando o componente de energia armazenada no dossel (A) como o resíduo da equação do balanço de energia, desprezando o termo relacionado com a fotossíntese, conforme a Equação 8, e considerando os resultados obtidos ao meio-dia, verifica-se que esse componente pode representar uma contribuição significativa que não pode ser desprezada na área de floresta.

$$R_n = LE + H + S + A \quad \text{eq. 8}$$

A estimativa da energia armazenada no dossel variou de 13 % do saldo de radiação na floresta em ambas as estações, ao passo que na pastagem a variação foi de aproximadamente 0% na estação seca a 7% na estação chuvosa. Deve-se levar em consideração que nessas estimativas não foram consideradas os erros inerentes às medições dos outros componentes do balanço de energia. Entretanto, esses resultados indicam a necessidade de se quantificar a energia armazenada na biomassa da floresta de uma forma independente.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Medições simultâneas de radiação solar global, radiação solar refletida, saldo de radiação, temperatura do ar, temperatura de bulbo molhado, velocidade do vento e precipitação foram feitas acima de uma área de floresta e de pastagem em Ji-Paraná, RO, para caracterizar o microclima de floresta e de área desmatada convertida em pastagem. Utilizando dados coletados durante o projeto ABRACOS, essa caracterização microclimática baseou-se em dados horários correspondentes a um período de 23 meses. A influência do desmatamento nos componentes do balanço de energia foi avaliada com base em dados horários coletados em campanhas intensivas durante um período de quatro meses. Os fluxos de calor sensível e de calor latente entre as duas áreas experimentais e a atmosfera foram determinadas pela técnica de correlação turbulenta.

As principais conclusões desta pesquisa foram as seguintes:

1) A área de pastagem apresentou maiores amplitudes diárias da temperatura do ar em comparação com a área de floresta, principalmente na estação seca.

2) Os maiores déficits de pressão de vapor d'água foram observados na área de pastagem, principalmente durante a estação seca.

3) O albedo médio horário, em torno do meio-dia, variou durante a estação seca de $0,184 \pm 0,007$ na pastagem a $0,125 \pm 0,006$ na floresta. Durante a estação chuvosa a variação foi de $0,181 \pm 0,009$ na pastagem e de $0,124 \pm 0,008$ na floresta.

4) O saldo de radiação em torno do meio-dia, acima da floresta, foi 22,6% maior do que na pastagem, na estação seca e apenas 10,7 % maior do que na pastagem na estação chuvosa.

5) A razão de Bowen variou na estação seca de 0,26 na floresta a 0,30 na pastagem, ao passo que na estação chuvosa a variação foi de 0,21 na floresta a 0,31 na pastagem.

6) O fluxo de calor no solo na área de floresta apresentou um percentual inferior a 1% do saldo de radiação, enquanto na pastagem o fluxo de calor no solo foi aproximadamente de 3 e 8 % do saldo de radiação na estação chuvosa e na estação seca, respectivamente.

7) A fração do saldo de radiação utilizada na transferência de calor sensível variou de 0,29 na pastagem a 0,19 na floresta na estação seca. Durante a estação chuvosa essa relação variou de 0,26 na área de pastagem a 0,20 na área de floresta.

8) A relação LE/R_n foi idêntica em ambas as áreas experimentais durante a estação chuvosa, com o valor de 0,67, sendo que na estação seca a variação foi de 0,65 na área de pastagem e de 0,68 na área de floresta.

9) A estimativa da energia armazenada no dossel variou de 13% do saldo de radiação na floresta em ambas as estações, ao passo que na área de pastagem a variação foi de 0 % na estação seca e de 7 % na estação chuvosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, R.G.B., SILVA FILHO, V.P., MOLION, L.C.B., et al. Balanço de radiação sobre a floresta Amazônica (estações seca e úmida). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.3, p.269-274, 1988.
- BASTABLE, H.G., SHUTTLEWORTH, W.J., DALLAROSA, R.L.G., et al. Observations of climate, albedo and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. **Int. J. Climatology**, v.13, p.783-796, 1993.
- DICKINSON, R.E. Modeling the effects of Amazonian deforestation on regional surface climate: **A Review. Agric. For. Meteorol.**, v.47, p.339-347, 1989.
- DICKINSON, R.E., HENDERSON-SELLERS, A. Modelling tropical deforestation: A study of GCM land - surface parameterizations. **Quarterly Journal Royal of the Meteorological Society**, v.114: p.439-462, 1988.
- DORE, M.H.I., NOGUEIRA, J.M. The Amazon rain forest, sustainable development and the biodiversity convention: A political Economy Perspective. **Ambio**, v.23, n.8, p.491-496, 1994.
- FEARNSIDE, P. M., MEIRA FILHO, L. G., TARDIN, A.T. Deforestation rate in Brazilian Amazonian. INPE/INPA, 1990.
- GASH, J.H.C., SHUTTLEWORTH, W.J. Tropical deforestation: Albedo and the surface-energy balance. **Climatic Change**, v.19, p.123-133, 1991.
- HENDERSON-SELLERS, A. A commentary on: tropical deforestation: albedo and the surface energy balance. **Climatic Change**, v.19, p.135-137, 1991.

- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Deforestation in Brazilian Amazonian, 1992.
- LEE, X., BLACK, T.A. Atmospheric turbulence within and above a douglas-fir stand. Part II: eddy fluxes of sensible heat and water vapour. **Boundary-Layer Meteorology**, n.64, p.369-389, 1993.
- McCAUGHEY, J.H. A radiation and energy balance study of mature forest and clear-cut sites. **Boundary-Layer Meteorology**, v.32, p.1-24, 1985.
- MOLION, L.C.B. Micrometeorology of an Amazonian rain forest. In: The Geophysiology of Amazonia. Vegetation and Climate Interactions. **Edited by Robert E. Dickinson**, p.255-270, 1987.
- MONTEITH, J.L., SZEICZ, G. The radiation balance of bare soil and vegetation. **Quarterly Journal Royal of the Meteorological Society**, v.87, n.372, p.159-170, 1961.
- MONTEITH, J.L. Reflection and review. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.** 324, p.433-436, 1989.
- MOORE, C.J. A comparative study of radiation balance above forest and grassland. **Quarterly Journal Royal of the Meteorological Society**, v.102, p.889-899, 1976.
- NOBRE, C.A., SHUKLA, J., SELLERS, P. Impactos climáticos do desmatamento da Amazônia. **Climanálise**, v.3, n.9, p.44-55, 1989.
- NOBRE, C.A., SELLERS, P.J., SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**, v.4, p.957-988, 1991.
- RIBEIRO, J.B.M. **Análise comparativa das características microclimáticas entre áreas de floresta e de pastagem na Amazônia**. Viçosa, MG: UFV 1994, 67p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- ROBERTS, J.M., CABRAL, O.M.R., da COSTA, J.P., et al. An overview of the leaf area index and physiological measurements during ABRACOS. In J.M.C., Gash, C.A., Nobre, J.M. Roberts and R.C. Victoria (Eds). Amazon deforestation and climate, Chichester, UK: **John Wiley**, p.287-306, 1996.
- SÁ, DE ABREU. L.D., VISWANADHAM, Y., MANZI, A.O. Energy flux partitioning over the Amazon forest. **Tehor. Appl. Climatol.**, n.39, p.1-16, 1988.
- SALATI, E. **Base científica para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**: fatos e perspectivas. Manaus: INPA, v.1, 1991, 440p.

- SHUKLA, J., NOBRE, C.A., SELLERS, P. Amazon deforestation and climate change. **Science**, v.247, p.1322-1325, 1990.
- SHUTTLEWORTH, W.J., GASH, J.H.C., LLOYD, C.R., et al. Eddy correlation measurements of energy partition for amazonian forest. **Quarterly Journal of the Meteorological Society**, v.40, p.102-108, 1984.
- SKOLE, D.L., TUCKER, C.J. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v.260, p.1905-1910, 1993.
- VILLA NOVA, N.A., SALATI, E., MATSUI, E. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. **Acta Amazonica**, v.6, n.2, p.215-228, 1976.
- WRIGHT, I.R., GASH, J.H.C., ROCHA, H.R. DA ROCHA., et al. Dry season micrometeorology of central Amazonian ranchland. **Quarterly Journal Royal of the Meteorological Society**, v.118, p.1083-1099, 1992.