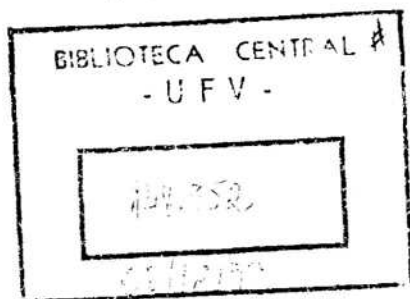


DELTON WAGNER TEIXEIRA

QUANTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS COMPONENTES DO BALANÇO DE
ENERGIA NAS ÁREAS DE FLORESTA E DE PASTAGEM DA
REGIÃO AMAZÔNICA

DOAÇÃO



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
NOVEMBRO

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

T

T266q
1999

Teixeira, Delton Wagner, 1968-

Quantificação e análise dos componentes do balanço de energia nas áreas de floresta e de pastagem da Região Amazônica / Delton Wagner Teixeira. – Viçosa : UFV, 1999.

67p. : il.

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

1. Climatologia agrícola - Amazônia. 2. Amazônia - Superfície - Balanço de energia. 3. Pastagem - Amazônia - Balanço de energia. 4. Amazônia - Superfície - Fluxo de calor latente - Bowen, razão de. 5. Pastagem - Amazônia - Fluxo de calor latente - Bowen, razão de. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 551.66


CDD 20.ed. 551.66

DELTON WAGNER TEIXEIRA

QUANTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS COMPONENTES DO BALANÇO DE
ENERGIA NAS ÁREAS DE FLORESTA E DE PASTAGEM DA
REGIÃO AMAZÔNICA

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


APROVADA: 25 de março de 1999.



Prof. Luiz Cláudio Costa
(Conselheiro)



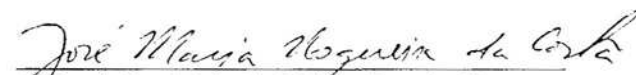
Prof. Neylor Alves Calazans Rego



Prof. Gilberto C. Sedyama



Prof. Marcos Heil Costa



Prof. José Maria Nogueira da Costa
(Orientador)

À minha esposa Carla.
e à nossa filha Liscarla.

“Não se pode ensinar alguma
coisa a um homem,
apenas ajudá-lo a encontrar
dentro de si mesmo”.
Galileu Galilei

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar o Curso.

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

Ao professor José Maria Nogucira da Costa, pela orientação, pelo apoio e, principalmente, pela compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Aristides Ribeiro e Luiz Cláudio Costa, pelas sugestões.

Aos meus pais e aos meus irmãos, pelo estímulo, pelo apoio e pelo carinho.

À minha querida esposa Carla, pelo estímulo, pela compreensão, pelo amor, pela paciência e pelo carinho.

Aos meus amigos Marcelo Pereira da Cunha e Eudson Magalhães, pelo apoio e pelo estímulo.

BIOGRAFIA

DELTON WAGNER TEIXEIRA, filho de José Maurício Teixeira e Izabel de Abreu Teixeira, nasceu em 24 de setembro de 1968, em Barbacena, Minas Gerais.

Em dezembro de 1988, concluiu o Curso de Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Barbacena, em Barbacena, Minas Gerais.

Em abril de 1990, ingressou no Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluindo-o em agosto de 1994.

Em março de 1995, iniciou o Curso de Mestrado em Meteorologia Agrícola da UFV, submetendo-se à defesa de tese em março de 1999.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Desmatamento e uso do solo na Amazônia	3
2.2. Resultados preliminares de estudos de balanço de radiação e balanço de energia na Amazônia	4
2.3. Razão de Bowen (β)	6
2.4. Métodos micrometeorológicos para determinação dos fluxos de calor sensível e calor latente	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Descrição das áreas experimentais	10
3.2. Instrumentação meteorológica e medições	12
4. RESULTADOS	16
4.1. Variações diurnas e noturnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Marabá, PA	16

	Página
4.1.1. Variações diurnas dos componentes do balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem, em Marabá, PA	16
4.1.2. Variações noturnas dos componentes do balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem, em Marabá, PA	22
4.2. Variações diurnas e noturnas dos componentes do balanço de energia em áreas experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná, RO	25
4.2.1. Experimento de 1992	25
4.2.1.1. Variações diurnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná	25
4.2.1.2. Variações noturnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná	31
4.2.2. Experimento de 1993	34
4.2.2.1. Variações diurnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná	34
4.2.2.2. Variações noturnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná	37
4.2.3. Experimento de 1994	42
4.2.3.1. Variações diurnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná	42
4.2.3.2. Variações noturnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná	52
4.3. Variação da razão de Bowen (β) na floresta e na pastagem	55
5. RESUMO E CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

EXTRATO

TEIXEIRA, Delton Wagner, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 1999. **Quantificação e análise dos componentes do balanço de energia nas áreas de floresta e de pastagem da região amazônica.** Orientador: José Maria Nogueira da Costa. Conselheiros: Luiz Cláudio Costa e Aristides Ribeiro.

No presente trabalho, utilizou-se de dados do projeto ABRACOS (“Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study”) coletados nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, nos períodos de 08/08 a 05/10 de 1992, 04/04 a 26/07 de 1993 e 13/08 a 24/08 de 1994, em Ji-Paraná-RO, e no período de 07/10 a 26/10 de 1993, em Marabá-PA. Os fluxos de calor latente e calor sensível foram medidos por um sistema de covariância de vórtices turbulentos, sistema EddySol, desenvolvido na “University of Edinburgh”, Escócia. As outras variáveis meteorológicas utilizadas, incluindo-se o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo, foram medidas em estações meteorológicas automáticas, instaladas nos sítios experimentais. O objetivo deste trabalho foi analisar as variações diurnas e noturnas dos componentes do balanço de energia e as variações na partição de energia em dois sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná, RO, e Marabá, PA. As principais conclusões foram: as comparações

simultâneas dos componentes do balanço de energia entre floresta e pastagem evidenciaram diferenças estatisticamente significantes em todas as campanhas; a maior contribuição do fluxo de calor latente no balanço de energia em relação aos outros componentes, durante o período diurno, foi caracterizada pela relação LE/R_n , que apresentou valor médio de 0,68 para a floresta e de 0,62 para a pastagem, sendo LE o fluxo de calor latente e R_n o saldo de radiação; as regressões lineares das médias horárias do fluxo de calor latente e do saldo de radiação, durante o período diurno, apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,85 e coeficiente angular, que variou de 0,54 na pastagem a 0,67 na floresta; e a razão de Bowen, durante o período diurno, variou de 0,18 a 0,59, na pastagem, com um valor médio de 0,40, ao passo que na floresta β variou de 0,12 a 0,25, com um valor médio de 0,20.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Delton Wagner, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 1999. **Quantification and analysis of energy balance components in forest and pasture sites of the amazon region.** Adviser: José Maria Nogueira da Costa. Committee Members: Luiz Cláudio Costa and Aristides Ribeiro.

The present work was based on data of the project ABRACOS (Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study), collected at the experimental sites of forest and pasture, in Ji-Paraná-RO, during the periods of 08/08 to 05/10 of 1992; 04/04 to 26/07 of 1993 and 13/08 to 24/08 of 1994, and in Marabá-PA, during the period of 07/10 to 26/10/93. The latent and sensible heat fluxes were measured using the eddy correlation technique, EddySol system, developed in the University of Edinburgh, Scotland. The other meteorological variables used, including net radiation and soil heat flux, were measured in an automatic weather station, installed at each experimental site. The objectives of this work were to analyze the diurnal and nocturnal variations of the components of the energy balance, and the variations in the partition of energy in the two experimental sites of forest and of pasture, in Ji-Paraná-RO and Marabá-PA. The main conclusions of this work were: a) the simultaneous comparisons of the components of the energy balance between forest and pasture showed significant statistical

differences in all campaigns; b) the largest contribution of the latent heat flux in the energy balance, in relation to the other components, during the diurnal period, was based on the relationship LE/R_n , that presented mean values of 0,68 and 0,62, for the forest and the pasture sites, respectively; c) the linear regressions between hourly averages of latent heat fluxes and net radiation, during the diurnal period, presented coefficients of determination greater than 0,85, with slope, ranging from 0,54 in the pasture to 0,67 in the forest;d) the Bowen ratio (β), during the diurnal period, ranged from 0,18 to 0,59, in the pasture, with a mean value of 0,40, while in the forest, β , ranged from 0,12 to 0,25, with a mean value of 0,20.

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica, com uma área de 5,8 milhões de quilômetros quadrados, contém aproximadamente metade das florestas tropicais e caracteriza-se pela sua elevada biodiversidade. Segundo estimativas de SKOLE e TUCKER (1993), a área total de desmatamento da Amazônia, em 1988, era de 230.000 km², com uma taxa anual média de conversão de 15.000 km² durante o período de 1978 a 1998. De acordo com NEPSTAD et al. (1994), essas mudanças na vegetação e no uso da terra, na Amazônia, têm grande influência nos ciclos biogeoquímicos locais.

A conversão de florestas nativas em áreas de pastagem e de agricultura afeta os componentes do balanço de energia. Por essa razão, a quantificação dos fluxos turbulentos de massa e de energia entre essas superfícies (nativas e desflorestadas) e a atmosfera é fundamental para se compreenderem os possíveis impactos nos processos climáticos, hidrológicos e biológicos. Tais informações também são úteis para calibração de modelos climáticos e para programas de uso sustentável do solo na Amazônia.

Os dados utilizados neste trabalho foram resultantes do projeto ABRACOS (“Anglo – Brazilian Amazonian Climate Observation Study”), com o principal objetivo de melhorar as previsões dos modelos climáticos, considerando-se a influência do desflorestamento da Amazônia no clima.

1.1. Objetivos

– Quantificar e analisar as variações diurnas e noturnas dos componentes do balanço de energia em dois sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná, RO, e Marabá, PA.

– Quantificar e analisar as variações da razão de Bowen (β) entre áreas de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná e Marabá.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Desmatamento e uso do solo na Amazônia

Até os anos 70, a Amazônia era tipicamente ocupada por agricultores que desmatavam uma área para plantio de subsistência; quando ocorria a degradação do solo, eles abandonavam essa área. Normalmente, esse processo de degradação levava cerca de três a quatro anos (SALATI, 1987). Assim, uma floresta secundária era formada, tendendo a regenerar a mata original. Uma das questões científicas de grande interesse no momento é quantificar a taxa em que áreas abandonadas dão origem a florestas secundárias.

A partir da década de 70, segundo SALATI (1987), a colonização foi intensificada, com grandes áreas de floresta sendo substituídas por culturas ou pastagens. Nesses locais, as modificações não foram apenas no ciclo de nutrientes do solo, mas também na destruição de muitas espécies vegetais e germoplasmas necessários à regeneração natural. Um dos aspectos que ainda não é bem compreendido se refere à dinâmica de nutrientes na Amazônia.

Vários pesquisadores, dentre eles MOLION (1987), enfatizou a necessidade de se quantificarem as interações entre a floresta amazônica e a atmosfera, especialmente em relação às trocas de calor latente e calor sensível,

com o objetivo de estudar as possíveis mudanças climáticas resultantes do desmatamento.

A alta taxa de desmatamento na Amazônia, de acordo com SALATI (1991), é consequência direta dos programas de colonização, os quais, apesar da geração de trabalho, do aumento na produção agrícola e de outros propósitos, na realidade tomaram outros rumos, levando à devastação indiscriminada. De um total de 224.000 km² de floresta nativa no Estado de Rondônia, 14,8% foi desmatado até agosto de 1990, segundo DORE e NOGUEIRA (1994).

2.2. Resultados preliminares de estudos de balanço de radiação e balanço de energia na Amazônia

O balanço de radiação em coberturas vegetais tem sido objeto de estudos, nos últimos anos, com diferentes objetivos, como quantificar a energia usada na fotossíntese, na transpiração e na variação de temperatura da vegetação e do ar. Segundo CULF et al. (1996), o saldo de radiação é, em média, 11% menor nas áreas de pastagem do que nas áreas de floresta. De acordo com esses autores, essa diferença pode ser atribuída principalmente à diferença do albedo e ao balanço de radiação de ondas longas. Em Ji-Paraná, diferenças sistemáticas na radiação solar incidente entre os sítios de floresta e de pastagem foram observadas durante a estação seca (CULF et al., 1996). Tais diferenças podem estar relacionadas com o aumento da nebulosidade na área de pastagem durante esse período do ano. RIBEIRO (1994) obteve um valor médio do albedo, em torno do meio-dia, de 18% na pastagem e 14% na floresta, durante a estação seca. Na estação chuvosa, esse mesmo autor constatou um albedo de 17,4% na pastagem e 13,4% na floresta.

Segundo SALATI (1987), cerca de 60% da precipitação na região amazônica retorna à atmosfera através da evapotranspiração. A substituição de florestas por sistemas agrícolas, de acordo com o referido autor, alteraria os balanços de água e energia, o equilíbrio atual entre o saldo de radiação à superfície e os fluxos de calor sensível e calor latente. Entretanto, RODDA

(1987) questionou essas conclusões feitas por SALATI (1987), devido à inadequada base de dados hidrológicos disponíveis para a bacia amazônica, e enfatizou a necessidade de ampliação e modernização da rede hidrológica.

Medições dos fluxos de massa e de energia em ecossistemas florestais apresentam várias dificuldades não apenas metodológicas, mas também de natureza logística e de manutenção dos sensores. O desenvolvimento recente de sensores micrometeorológicos e de sistemas de aquisição de dados computadorizados tem contribuído para ampliar a coleta de dados nesses ecossistemas.

As primeiras medições micrometeorológicas realizadas na floresta amazônica foram na Reserva Ducke, em Manaus, AM. Nesse estudo, segundo MOLION (1987), em dias secos, cerca de 75% da energia radiante absorvida é utilizada na evapotranspiração, e aproximadamente 25% dela é utilizada no aquecimento do ar. Vários estudos têm evidenciado redução nas taxas de evapotranspiração em áreas com pastagem (RIBEIRO,1994). Esse decréscimo é parcialmente compensado por aumento no fluxo de calor sensível, segundo NOBRE (1983). Os resultados obtidos nesse estudo micrometeorológico inicial, segundo REIFSNYDER (1987), não são suficientes para caracterizar a micrometeorologia da floresta amazônica, destacando-se a necessidade de ampliar o programa de medições para outras áreas da floresta, a fim de obter melhor caracterização das interações entre a floresta e a atmosfera.

Conforme relataram SÁ et al. (1988), o saldo de radiação em diferentes superfícies depende de duas características da superfície: o albedo e a temperatura. A temperatura da superfície, por sua vez, depende da estrutura do dossel, da umidade do solo e da taxa de transpiração. Estimativas do saldo de radiação em superfícies naturais, incluindo solo, pastagem e floresta, são importantes para determinação da energia que está disponível para os processos de transferência de calor sensível e calor latente entre essa superfície e a atmosfera (SÁ et al.,1988).

Resultados obtidos por esses autores na Reserva Ducke, em Manaus, indicaram que o fluxo de calor latente foi sempre superior ao fluxo de calor

sensível em todos os dias. Essa diferença foi atribuída à alta taxa de evaporação do dossel. A partição média diária de saldo de radiação em fluxo de calor latente variou de 59 a 100%, ao passo que a partição em fluxo de calor sensível variou de 5 a 28%. SÁ et al. (1988) constataram que o fluxo de calor latente não é o fluxo dominante antes do nascer do sol, após o pôr-do-sol e à noite. Nesses períodos, a transpiração é menor, e a maior parte do saldo de radiação se destina ao fluxo de calor sensível. Entretanto, a soma do fluxo de calor no solo com o fluxo de calor armazenado no dossel é inferior a 10% do saldo de radiação total diário.

Para RESCHKE (1997), o fluxo de calor no solo na área de floresta, em Ji-Paraná, RO, apresentou porcentual inferior a 1% do saldo de radiação, ao passo que na pastagem esse porcentual ficou em torno de 3 e 8% do saldo de radiação, na estação chuvosa e na estação seca, respectivamente. A fração do saldo de radiação usado na transferência de calor sensível variou de 0,29 na pastagem a 0,19 na floresta, para estação seca. No período chuvoso, essa relação variou de 0,26 na pastagem a 0,20 na floresta.

2.3. Razão de Bowen (β)

Grandes variações na razão de Bowen (β) foram obtidas por SÁ et al. (1988) na Reserva Ducke durante o amanhecer e o anoitecer, especialmente em torno do nascer do sol. No entanto, durante o período diurno, a variabilidade foi muito pequena, ficando quase estável entre 8 e 16 h. Segundo SÁ et al. (1988), os valores diurnos de β variaram de -3,50 a 0,85. A média horária de β , entre 7 e 16 h, variou de 0,05 a 0,85. Segundo RESCHKE (1997), a razão de Bowen em Ji-Paraná variou, na estação seca, de 0,26 na floresta a 0,30 na pastagem, ao passo que na estação chuvosa essa variação foi de 0,21 na floresta e 0,31 na pastagem.

2.4. Métodos micrometeorológicos para determinação dos fluxos de calor sensível e calor latente

Vários métodos têm sido utilizados na determinação dos fluxos de calor sensível e de calor latente, entre diversos tipos de vegetação e a atmosfera. Dentre esses métodos, destacam-se o método aerodinâmico, o método do balanço de energia (razão de Bowen) e o método de correlação de vórtices turbulentos.

O método aerodinâmico tem sido utilizado no cálculo de fluxos de massa e de energia com relativo sucesso, acima de culturas agrícolas (BALDOCHI et al., 1981; BROWN e ROSEMBERG, 1971; MONTEITH e SZEICS, 1996). As equações que formam a base desse método no cálculo dos fluxos de *momentum* (τ), calor sensível (H) e calor latente (LE) são as seguintes:

$$\tau = \rho K_m \frac{\partial u}{\partial z} \quad (1)$$

$$H = \rho K_h \frac{\partial T}{\partial z} \quad (2)$$

$$LE = \rho \frac{\varepsilon}{p} \lambda K_v \frac{\partial e}{\partial z} \quad (3)$$

em que K_m , K_h e K_v são coeficientes de troca turbulenta para *momentum*, calor sensível e calor latente, respectivamente; $\partial u/\partial z$, $\partial T/\partial z$ e $\partial e/\partial z$ são os gradientes verticais médios da velocidade horizontal do vento, temperatura do ar e pressão de vapor, respectivamente; ρ é a densidade do ar; c_p é o calor específico do ar a pressão constante; λ é o calor latente de vaporização; ε é a razão entre as massas moleculares do vapor d'água e do ar seco; e P é a pressão atmosférica.

De acordo com KANEMASU et al. (1979), a principal vantagem do método aerodinâmico é a instrumentação relativamente simples, sendo as principais desvantagens: necessidade de bordadura adequada, necessidade do conhecimento de parâmetros da superfície e exigência de alto grau de exatidão nas medições; geralmente, o método não funciona satisfatoriamente em

condições de vento fraco. ADAMS et al. (1998) afirmaram que este método não é confiável em condições atmosféricas muito estáveis, além de ser altamente dependente do parâmetro de rugosidade da superfície e de difícil determinação. Segundo MORRIS (1989), esse método não é adequado para determinação dos fluxos de massa e de energia abaixo da copa das árvores de floresta. KANEMASU et al. (1979) não recomendaram o uso desse método em florestas, especialmente acima da copa das árvores, devido às grandes flutuações nas difusividades e na velocidade vertical do vento, sendo os gradientes de temperatura e umidade relativamente pequenos.

O método do balanço de energia (razão de Bowen) utiliza as equações de fluxo do método aerodinâmico e baseia-se no balanço de energia à superfície, expresso pela Equação 4:

$$R_n + H + LE + S + G = 0 \quad (4)$$

em que R_n é o saldo de radiação, LE é o fluxo de calor latente, H é o fluxo de calor sensível, S é o termo de armazenamento de energia no dossel e G é o fluxo de calor no solo.

Esse método vem sendo utilizado por muitos pesquisadores para determinar os fluxos de calor sensível e calor latente em diferentes ecossistemas (BERINGER e TAPPER, 1998; HATFIELD e PRUEGER, 1998; GUO e SCHUEPP, 1994; MCNEIL e SHUTTLEWORTH, 1975; VERMA e ROSEMBERG, 1975). A razão de Bowen (β) definida como a relação entre o fluxo de calor sensível e o de calor latente é expressa pela Equação 5:

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (5)$$

em que ΔT e Δe são as diferenças em temperatura e pressão de vapor no mesmo intervalo de altura. Segundo VERMA (1990), a equação para o fluxo de calor latente, usando-se este método, pode ser expressa por

$$LE = \frac{-(Rn + S + G)}{1 + \beta} = \frac{-(Rn + S + G)}{\left(1 + \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e}\right)} \quad (6)$$

O método de correlação de vórtices turbulentos foi inicialmente proposto por SWINBANK (1951). Com o desenvolvimento de novos sensores e de sistemas de aquisição de dados, tem-se tornado cada vez mais rotineiro o seu uso em pesquisas micrometeorológicas. Segundo KANEMASU et al. (1979), as medições dos fluxos de massa e de energia feitas por este método são mais fáceis de serem interpretadas do que por outros métodos. Outras vantagens deste método apresentadas por esses pesquisadores é que os fluxos verticais de calor sensível podem ser determinados sem a necessidade do conhecimento da velocidade horizontal do vento, da rugosidade da superfície e até mesmo da altura acima da superfície.

De acordo com VERMA (1990), o fluxo vertical de uma quantidade transportada em um ponto, por este método, é obtido pela covariância entre as flutuações na concentração dessa quantidade e as flutuações na velocidade vertical do vento. Assim, os fluxos de calor sensível e calor latente sobre uma superfície horizontalmente homogênea, em condições de estado permanente, são dados por

$$H = -\rho c_p \overline{w'T'} \quad (7)$$

$$LE = -\lambda \overline{w'\rho'_v} \quad (8)$$

em que w é a velocidade vertical, λ é o calor latente de vaporização, ρ_v é a densidade do vapor d'água, as $(\overline{\quad})$ indicam médias temporais e as $(')$, os desvios a partir da média. A convenção implícita nessas equações é que fluxos positivos são direcionados para a superfície e vice-versa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição das áreas experimentais

Os dados utilizados no presente trabalho foram coletados nas áreas experimentais de floresta e de pastagem em Marabá, PA, e Ji-Paraná, RO, conforme as coordenadas geográficas apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Localização dos sítios experimentais

Sítio	Localidade	Vegetação	Latitude	Longitude	Altitude
Fazenda N. S. Aparecida	Ji-Paraná, RO	Pastagem	10° 45' S	62° 22' W	220 m
Fazenda Boa Sorte	Marabá, PA	Pastagem	5° 10' S	48° 45' W	170 m
Reserva Jaru	Ji-Paraná, RO	Floresta	10° 5' S	61° 55' W	120 m
Reserva Vale R. Doce	Marabá, PA	Floresta	5° 45' S	49° 10' W	120 m

A coleta de dados nos sítios de floresta e de pastagem em Ji-Paraná foi coordenada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), em colaboração com a Universidade Federal de Rondônia e o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A Universidade Federal do Pará foi responsável pela coleta dos dados nos sítios de floresta e de pastagem em Marabá.

Segundo HODNETT et al. (1996), o solo da Fazenda Boa Sorte foi classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Tb álico A moderado, com textura média a argilosa, ao passo que o solo da floresta da Reserva Vale do Rio Doce o foi como Cambissolo Tb álico amarelado de textura média. Os solos das áreas de pastagem e de floresta em Ji-Paraná foram classificados pelos mesmos pesquisadores como Podzólico Vermelho-Amarelo A moderado, de textura média. Um resumo das características físicas do solo nessas áreas experimentais é apresentado no Quadro 2, conforme resultados obtidos por HODNETT et al. (1996).

Quadro 2 – Composição do solo

Local	Ji-Paraná		Marabá	
	Floresta	Pastagem	Floresta	Pastagem
Vegetação				
Camada 0 - 0,05 m				
Argila (%)	4	9	18	20
Areia (%)	88	85	45	74
Densidade global	1,38	1,50	1,24	1,40
Porosidade (%)	47	42	52	46
Camada 0,5 - 1,0 m				
Argila (%)	24	33	12	40
Areia (%)	67	58	13	53
Densidade global	1,38	1,30	1,33	1,42
Porosidade (%)	47	50	49	45

Segundo HODNETT et al. (1996), foi constatada grande variação sazonal da água armazenada no solo entre as áreas experimentais, especialmente entre os sítios de floresta e de pastagem, sendo sempre maiores nos de floresta. Os referidos pesquisadores atribuíram essa diferença às propriedades físicas do solo, à cobertura vegetal, à duração da estação seca e à resposta do lençol freático.

Conforme salientaram SÁ et al. (1996), as árvores predominantes no sítio de floresta, em Marabá, eram da espécie *Sagotia brachysepala*, de aproximadamente 20 m de altura; e *Bertholletia excelsa*, variando de 40 a 50 m de altura. Segundo esses pesquisadores, a gramínea predominante na área de pastagem era a da espécie *Panicum maximum*.

De acordo com McWILLIAM et al. (1996), a gramínea *Brachiaria brizanta* foi a espécie predominante na área de pastagem em Ji-Paraná. No sítio de floresta, os referidos autores identificaram espécies em torno da torre com altura que variava de 1 m (*Maximiliana macipa*) a 36 m (*Cedrella odorata*), embora a altura média da copa das árvores tenha sido em torno de 33 m.

3.2. Instrumentação meteorológica e medições

Em cada sítio experimental foi instalada uma estação meteorológica automática, fabricada pela Didcot “Instrument Company” (Abington, UK), para as medições de irradiância solar global, irradiância solar refletida, saldo de radiação, temperaturas de bulbo seco e de bulbo molhado, precipitação pluvial, direção e velocidade do vento e fluxo de calor no solo. As estações meteorológicas automáticas foram instaladas no topo de uma torre de 52 m, nos sítios de floresta, e no topo de uma torre de alumínio de 5 m, nos sítios de pastagem.

As estações meteorológicas eram constituídas de dois piranômetros (modelo Kipp and Zonen, Delft, the Netherlands); um saldo radiômetro (modelo REBS, Seattle, USA); termômetros de resistência de platina de bulbo seco e de bulbo úmido, fabricados pela Didcot “Instrument Company” (Abington, UK); abrigo para o psicrômetro aspirado, fabricado pelo “Institute of Hidrology” (UK);

um anemômetro; um catavento e um pluviógrafo com resolução de 0,2 mm, fabricados pela Didcot; e duas placas de fluxo de calor no solo, fabricadas pela Thornthwaite (Elmer, New Jersey, USA). Os dados eram armazenados em um sistema de aquisição de dados CR 10 datalogger (“Campbell Scientific, Shepshed”, UK), que foram coletados a 0,1 hz, sendo obtidos valores médios horários de cada variável.

Os fluxos de vapor d’água e de calor sensível foram medidos por um sistema de covariância de vórtices turbulentos, utilizando-se o sistema Eddysol da “University of Edimburgh”, desenvolvido por Moncrieff et al. (1995). Este sistema consiste de um analisador de gás infravermelho (IRGA) (modelo Li 6262, Li-cor, Lincoln, Nebraska, USA); um anemômetro sônico, para medir as três componentes da velocidade do vento (modelo A1002R, Solent, Lymington, UK); e um sistema de bombeamento do ar. Segundo Grace et al. (1996), amostras de ar acima da copa das árvores eram succionadas por uma tubulação de 6 mm de diâmetro, a um fluxo de 4 dm³/min, para o IRGA. A calibração do IRGA era feita semanalmente, usando-se cilindros de calibração preparados em laboratório. O sistema é controlado por um software Eddysol, que calcula as médias dos fluxos a cada 30 min e armazena os dados e resultados processados em um *notebook*.

O presente trabalho utilizou dados coletados nos sítios de floresta e de pastagem nos períodos de 08/08 a 05/10 de 1992, 04/04 a 26/07 de 1993 e 13/08 a 24/08 de 1994, em Ji-Paraná; e no período de 07/10 a 26/10 de 1993, em Marabá.

Velocidade de fricção (u_*)

A velocidade de fricção representa uma velocidade característica do fluxo, podendo ser interpretada como índice de efetividade das trocas turbulentas acima da superfície. A velocidade de fricção foi calculada a partir da seguinte equação:

$$u_*^2 = \overline{u'w'} \quad (9)$$

Parâmetro de estabilidade de Monin-Obukhov (z/L)

O parâmetro de estabilidade de Monin-Obukhov foi determinado pela Equação 10:

$$\frac{z}{L} = \frac{kzgH}{\rho c_p T u_*^3} \quad (10)$$

em que

z = altura acima da superfície;

g = aceleração da gravidade;

k = constante de von-Kárman;

H = fluxo de calor sensível;

ρ = densidade do ar;

c_p = calor específico a pressão constante;

T = temperatura média absoluta do ar (K); e

u_* = velocidade de fricção.

Razão de Bowen (β)

A partição do saldo de radiação em fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente foi expressa pela razão de Bowen, conforme a Equação 11.

$$\beta = \frac{H}{LE} \quad (11)$$

Energia armazenada no dossel (S)

O fluxo de calor armazenado no dossel foi estimado como o resíduo da equação do balanço de energia, desprezando-se o termo relacionado com a fotossíntese, conforme a Equação 12:

$$S = R_n - H - LE - G \quad (12)$$

em que

R_n = saldo de radiação (W/m^2);

H = fluxo de calor sensível (W/m^2);

LE = fluxo de calor latente (W/m^2); e

G = fluxo de calor no solo (W/m^2).

4. RESULTADOS

4.1. Variações diurnas e noturnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Marabá, PA

Os resultados apresentados neste estudo comparativo referem-se às médias horárias dos componentes do balanço de energia, durante os períodos diurno (8 a 17 h) e noturno (20 a 5 h), na Reserva Florestal Vale do Rio Doce e na área de pastagem da Fazenda Boa Sorte, localizadas em Marabá, PA. As condições de estabilidade atmosférica, indicadas pelo parâmetro de Monin-Obukhov, evidenciaram predomínio de condições instáveis durante o período diurno de toda a campanha e condições estáveis durante o período noturno.

4.1.1. Variações diurnas dos componentes do balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem, em Marabá, PA

As análises realizadas sobre as variações dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Vale do Rio Doce e na Fazenda Boa Sorte foram baseadas num total de 10 dias de medições horárias do saldo de radiação (R_n), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G), realizadas durante uma campanha intensiva de coleta de dados no período de

8 a 25 de outubro de 1993. O fluxo de calor armazenado no dossel da floresta (S) foi determinado como resíduo da equação do balanço de energia. Durante esse período, houve falha no equipamento nos dias 11 a 17, 20 e 22 a 24.

As Figuras 1 e 2 ilustram as variações médias diurnas dos componentes do balanço de energia nas áreas de floresta e de pastagem, respectivamente. As médias horárias, em torno do meio-dia, do saldo de radiação, de fluxo de calor latente, do fluxo de calor sensível e da energia armazenada no dossel estimada foram, respectivamente, de $491 \pm 37 \text{ W/m}^2$, $361 \pm 35 \text{ W/m}^2$, $86 \pm 10 \text{ W/m}^2$ e $44 \pm 9 \text{ W/m}^2$ na área de floresta, ao passo que os correspondentes valores médios horários do saldo de radiação, fluxo de calor latente e fluxo de calor sensível na pastagem foram de $463 \pm 70 \text{ W/m}^2$, $297 \pm 38 \text{ W/m}^2$ e $143 \pm 31 \text{ W/m}^2$, respectivamente. O fluxo de calor no solo, em torno do meio-dia, na área de floresta foi praticamente desprezível, atingindo na área de pastagem um valor médio de $23 \pm 7 \text{ W/m}^2$.

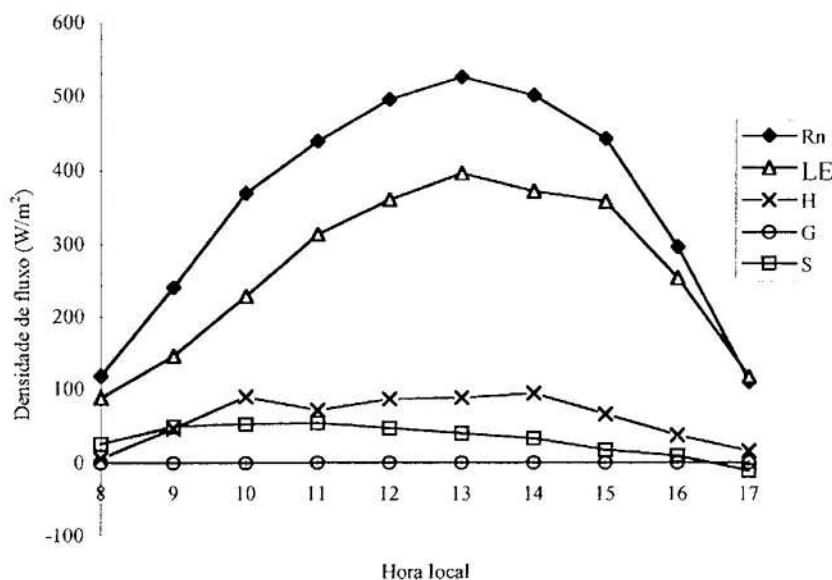


Figura 1 – Variação média diurna dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Vale do Rio Doce, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

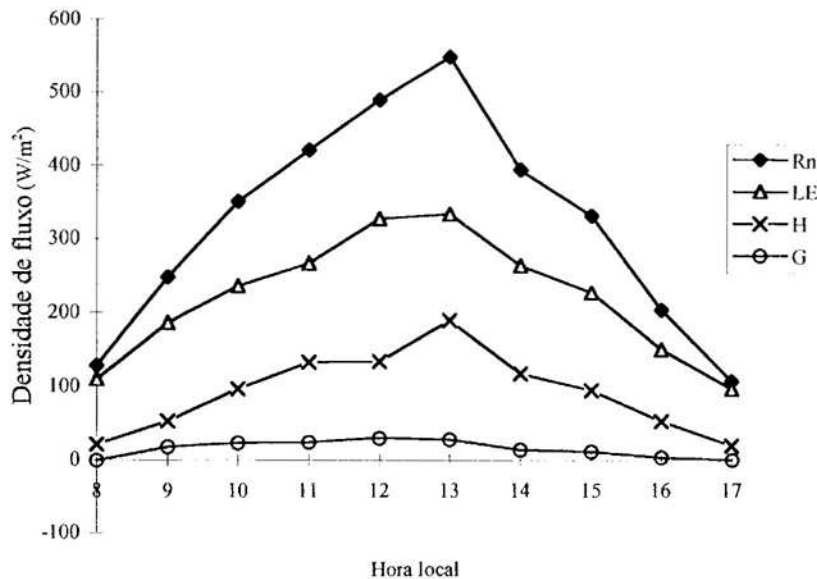


Figura 2 – Variação média diurna dos componentes do balanço de energia na área de pastagem da Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

As frações do saldo de radiação, em torno do meio-dia, na floresta, em relação aos fluxos de calor latente, calor sensível, calor no solo e calor armazenado no dossel, foram, em média, de 0,735; 0,174; 0,001; e 0,090; respectivamente. Na pastagem, essas frações do saldo de radiação em relação aos mesmos fluxos foram de 0,630; 0,322; e 0,049, respectivamente. As frações do saldo de radiação em relação ao fluxo de calor no solo e ao fluxo de calor sensível foram cerca de 49 e 1,8 vezes maiores em torno do meio-dia, na pastagem do que na floresta.

Nas Figuras 3 e 4, apresentam-se as variações médias diurnas da temperatura do ar e velocidade de fricção, nos dois sítios experimentais de floresta e de pastagem, correspondente ao mesmo período de medições dos componentes do balanço de energia. A temperatura do ar no sítio de pastagem durante o período diurno foi ligeiramente superior à temperatura do ar no sítio de floresta. A variação da temperatura do ar na área de pastagem foi de 23,8 a 30,6°C, com um valor médio de 28,5°C, enquanto a variação na área de floresta foi de 23,3 a 30,1°C, com uma média de 27,7°C. As trocas turbulentas na floresta

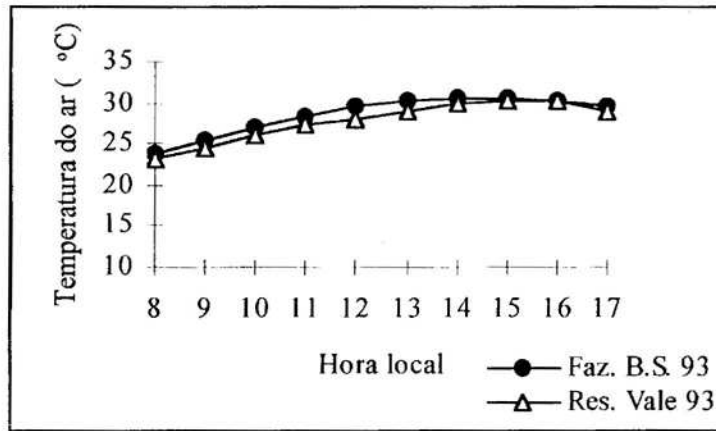


Figura 3 – Variação média diurna da temperatura do ar na Reserva Florestal Vale do Rio Doce e na Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

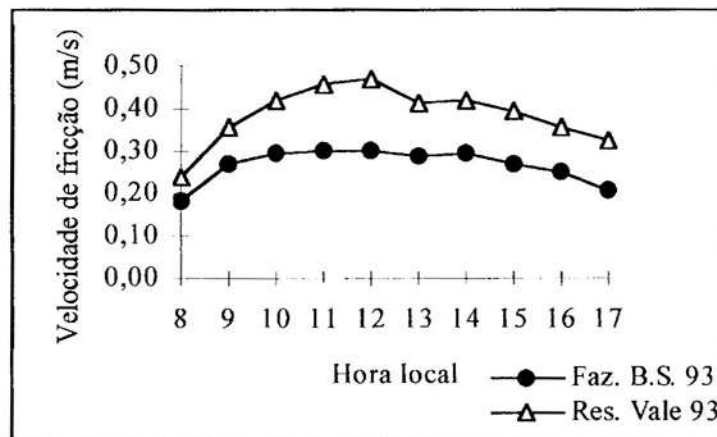


Figura 4 – Variação média diurna da velocidade de fricção na Reserva Florestal Vale do Rio Doce e na Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

durante o período diurno foram bem mais efetivas do que na pastagem, conforme é indicado pela variação da velocidade de fricção. A variação da velocidade de fricção na floresta foi de 0,23 a 0,47 m/s, com uma média de 0,4 m/s, ao passo que na pastagem a variação foi de 0,18 a 0,30 m/s, com um valor médio de 0,3 m/s.

Comparações entre valores médios horários do saldo de radiação, fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível e fluxo de calor no solo, entre as áreas de floresta e de pastagem, são apresentadas nas Figuras 5 a 8; os resultados indicam que o saldo de radiação e o fluxo de calor latente foram maiores na floresta, em relação à pastagem, em cerca de 10 e 21%, respectivamente. As magnitudes do saldo de radiação e do fluxo de calor latente na floresta foram, em média, de 28 W/m^2 e 64 W/m^2 , respectivamente, maiores do que na pastagem. Todavia, os fluxos de calor sensível e calor no solo (na pastagem) foram, em média, de 57 W/m^2 e 23 W/m^2 , respectivamente, maiores do que na floresta. O fluxo de calor sensível na área de pastagem foi cerca de 50% maior do que sobre a floresta. A comparação de cada componente do balanço de energia entre a floresta Vale do Rio Doce e a pastagem da Fazenda Boa Sorte evidenciou diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,01$).

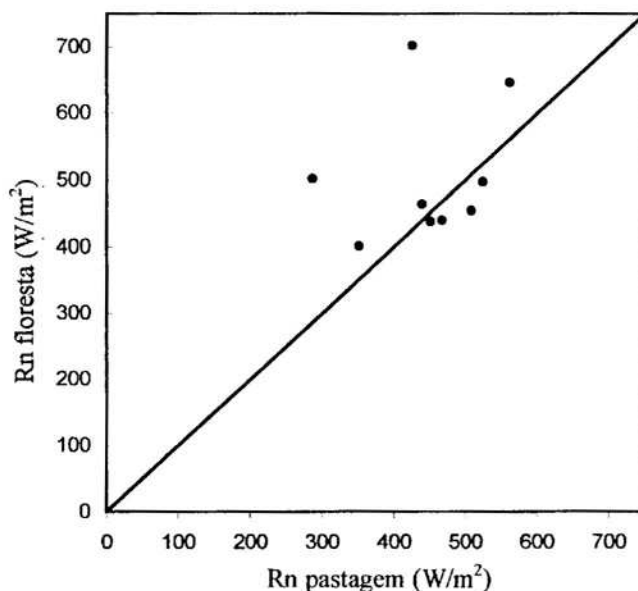


Figura 5 – Comparação do saldo de radiação, em torno do meio-dia, na floresta da Reserva Vale do Rio Doce e na pastagem da Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro/93.

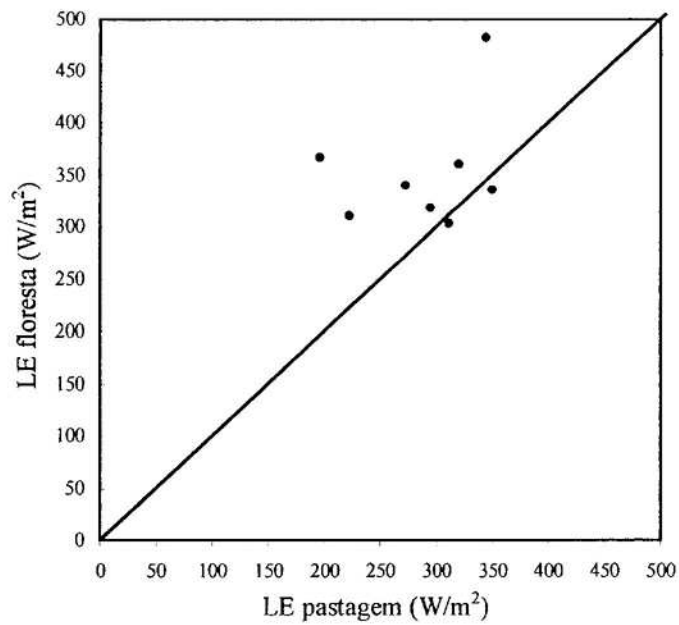


Figura 6 – Comparação do fluxo de calor latente, em torno do meio-dia, entre o sítio de floresta da Reserva Vale do Rio Doce e o sítio de pastagem da Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

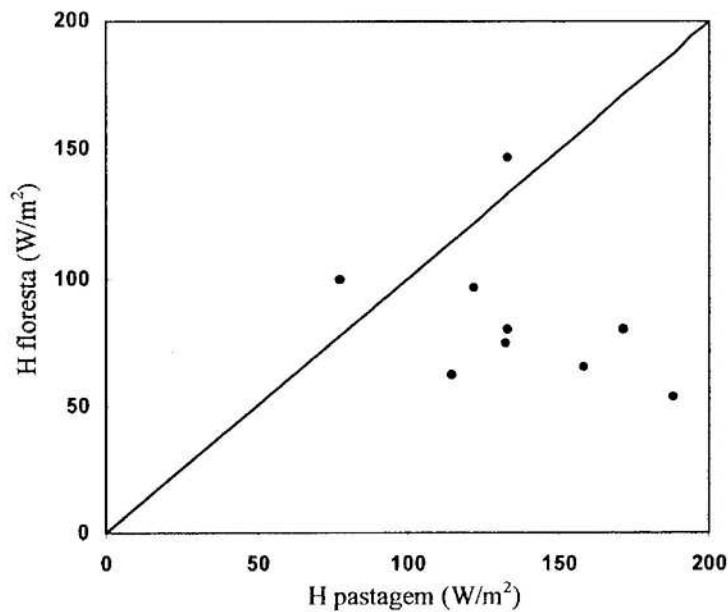


Figura 7 – Comparação do fluxo de calor sensível, em torno do meio-dia, entre o sítio de floresta da Reserva Vale do Rio Doce e o sítio de pastagem da Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

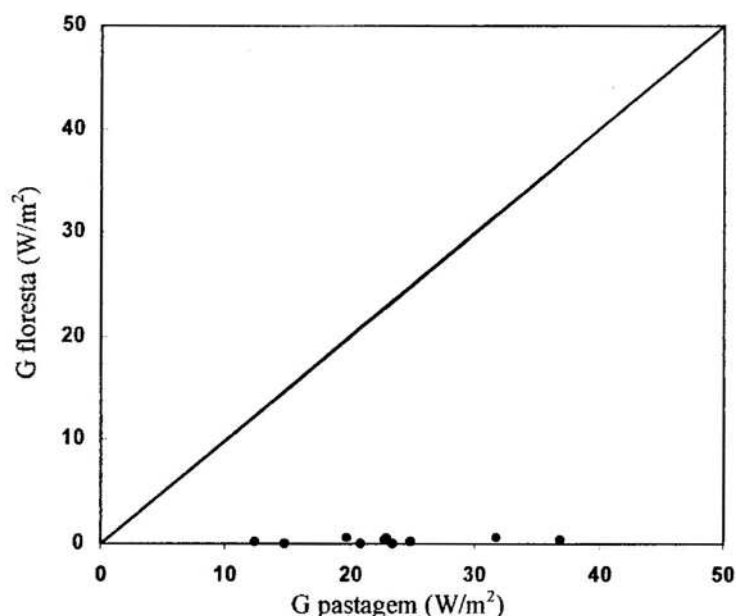


Figura 8 – Comparação do fluxo de calor no solo, em torno do meio-dia, entre o sítio de floresta da Reserva Vale do Rio Doce e o sítio de pastagem da Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

4.1.2. Variações noturnas dos componentes do balanço de energia em áreas de floresta e de pastagem, em Marabá, PA

As variações noturnas dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Vale do Rio Doce e na Fazenda Boa Sorte foram baseadas no mesmo conjunto de dados utilizados no item anterior, coletados no período de 8 a 25 de outubro de 1993. As variações médias noturnas dos componentes do balanço de energia nas áreas de floresta e de pastagem estão apresentadas nas Figuras 9 e 10. O contraste entre as variações diurnas e noturnas dos fluxos é evidente nas diferenças de magnitudes e na direção desses fluxos. As médias horárias durante o período noturno do saldo de radiação, do fluxo de calor latente, do fluxo de calor sensível, do fluxo de calor no solo e do calor armazenado no dossel da floresta foram de $-17 \pm 3 \text{ W/m}^2$, $3 \pm 5 \text{ W/m}^2$, $-3 \pm 2 \text{ W/m}^2$, $-1 \pm 0,2 \text{ W/m}^2$ e $-17 \pm 6 \text{ W/m}^2$. Na pastagem, os valores médios, durante o período noturno, do

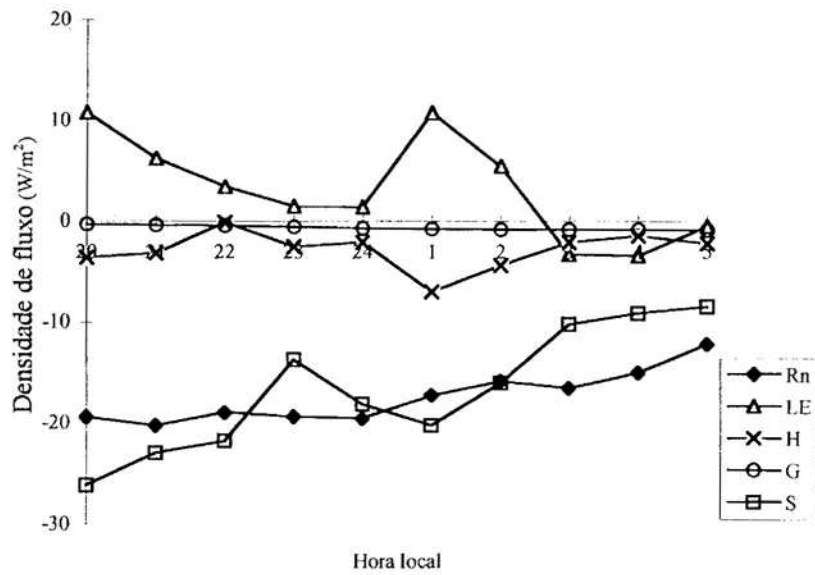


Figura 9 – Variação média noturna dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Vale do Rio Doce, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

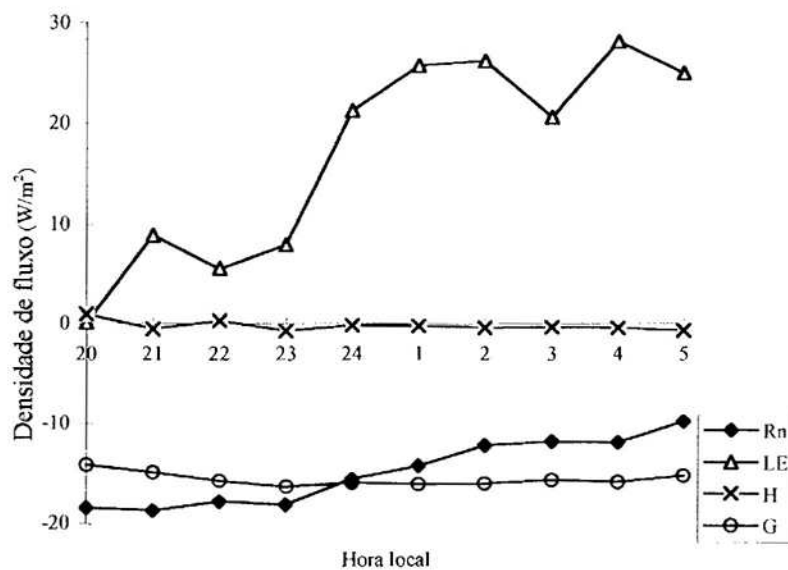


Figura 10 – Variação média noturna dos componentes do balanço de energia na Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

saldo de radiação, do fluxo de calor latente e do fluxo de calor sensível e do fluxo de calor no solo foram de $-15 \pm 3 \text{ W/m}^2$, $17 \pm 10 \text{ W/m}^2$, $-0,2 \pm 0,5 \text{ W/m}^2$ e $-16 \pm 1 \text{ W/m}^2$, respectivamente.

Nas Figuras 11 e 12, apresentam-se as variações médias noturnas da temperatura do ar e da velocidade de fricção, referente ao mesmo período de medições dos componentes do balanço de energia nas duas áreas experimentais de floresta e de pastagem. A temperatura do ar, durante o período noturno, apresentou tendência decrescente em ambas as áreas experimentais, porém, contrariamente ao que foi observado na variação diurna, houve ligeira preponderância dos valores observados sobre a floresta em relação à pastagem. A variação da temperatura do ar na floresta foi de 22,0 a 26,6°C, com uma média de 24,4°C, ao passo que na pastagem a variação da temperatura do ar foi de 22,3 a 25,5°C, com uma média de 23,5°C. A velocidade de fricção na pastagem sofreu drástica redução em relação à variação diurna. Na floresta, a velocidade de fricção variou de 0,20 a 0,32 m/s, com uma média de 0,30 m/s; na pastagem, houve pequena variação, tendo sido obtido um valor médio de 0,1 m/s.

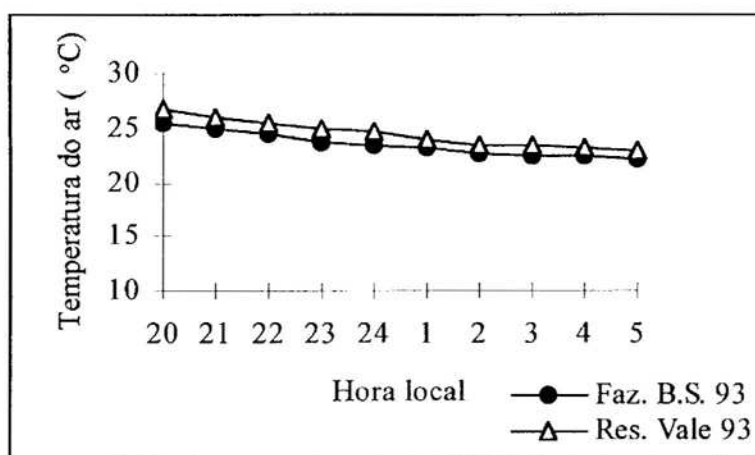


Figura 11 – Variação média noturna da temperatura do ar na Reserva Florestal Vale do Rio Doce e na Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

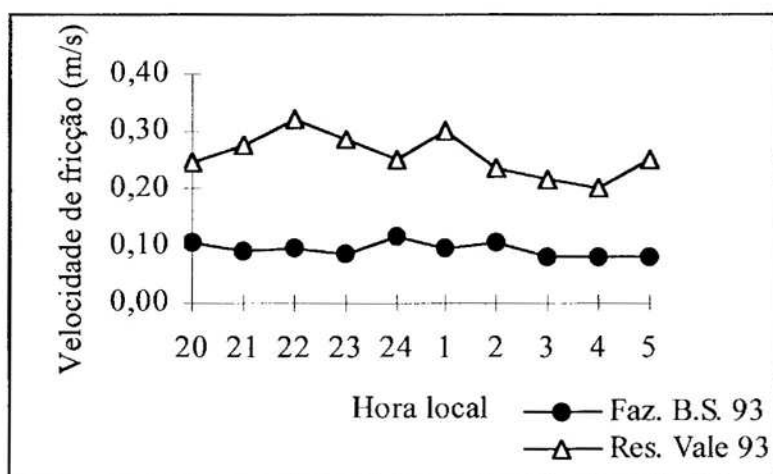


Figura 12 – Variação média noturna da velocidade de fricção na Reserva Florestal Vale do Rio Doce e na Fazenda Boa Sorte, referente à campanha de 8 a 25 de outubro de 1993.

4.2. Variações diurnas e noturnas dos componentes do balanço de energia em áreas experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná, RO

As análises das variações diurnas e noturnas dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Jaru e na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, em Ji-Paraná, RO, foram baseadas em dados coletados nas campanhas intensivas de coleta de dados em 1992 (10 de agosto a 4 de outubro), em 1993 (4 de abril a 28 de julho) e em 1994 (14 a 23 de agosto). Em todas essas campanhas, as condições de estabilidade atmosférica, indicadas pelo parâmetro de Monin-Obukhov, evidenciaram predomínio de condições instáveis durante o período diurno de toda a campanha e de condições estáveis durante o período noturno.

4.2.1. Experimento de 1992

4.2.1.1. Variações diurnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná

As variações médias diurnas dos componentes do balanço de energia na floresta e na pastagem estão apresentadas nas Figuras 13 e 14, respectivamente.

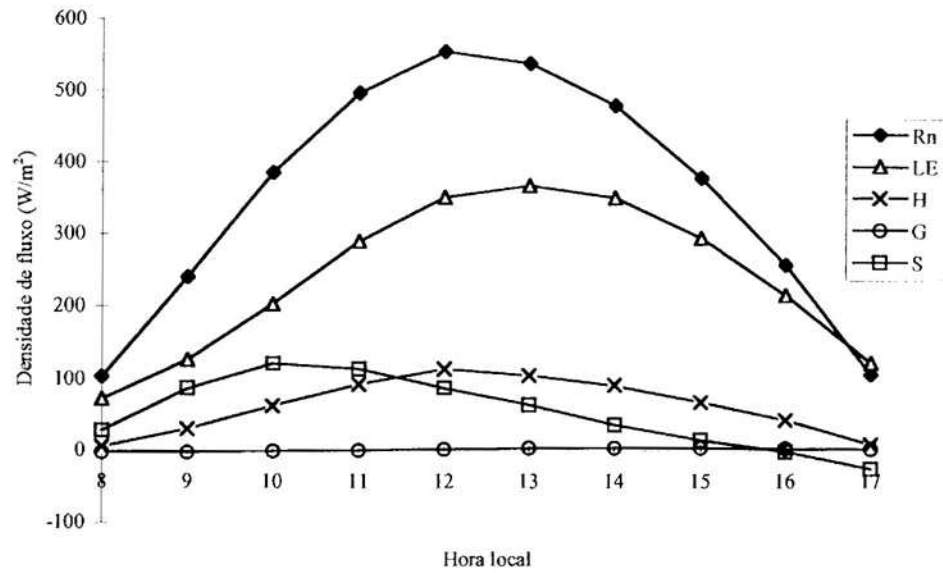


Figura 13 – Variação média diurna dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Jarú, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

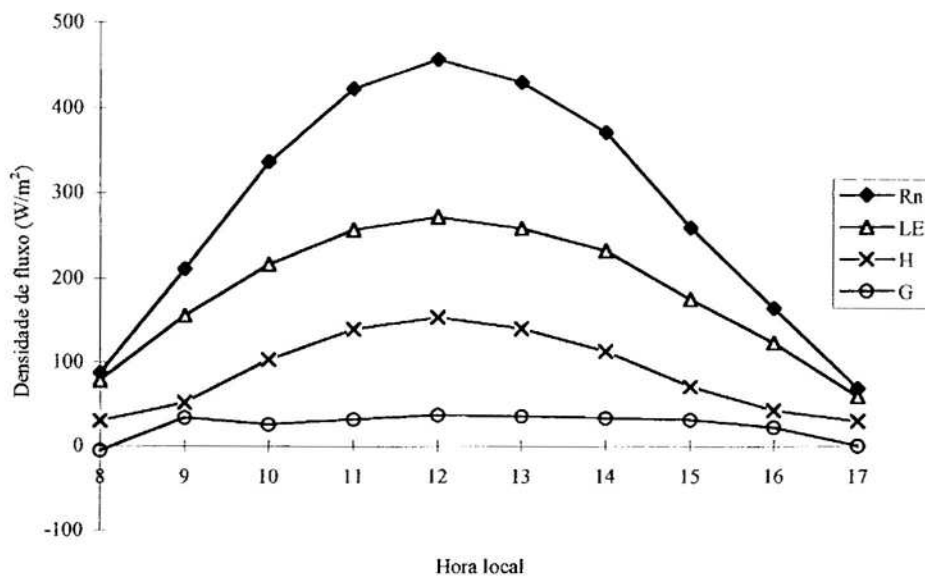


Figura 14 – Variação média diurna dos componentes do balanço de energia na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

Os valores médios do saldo de radiação, fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível, fluxo de calor no solo e energia armazenada no dossel da floresta foram de $516 \pm 35 \text{ W/m}^2$, $339 \pm 34 \text{ W/m}^2$, $101 \pm 11 \text{ W/m}^2$ e $3 \pm 2 \text{ W/m}^2$, ao passo que na área de pastagem os valores médios do saldo de radiação, fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível e fluxo de calor no solo foram de $420 \pm 35 \text{ W/m}^2$, $254 \pm 16 \text{ W/m}^2$, $135 \pm 17 \text{ W/m}^2$ e $34 \pm 3 \text{ W/m}^2$.

Comparando os componentes do balanço de energia entre as duas áreas experimentais, com base nos valores médios em torno do meio-dia, verificou-se que o saldo médio de radiação na pastagem correspondeu a 81% do saldo de radiação na floresta. Essa diferença é, em grande parte, explicada pela diferença de albedo entre a floresta e a pastagem. O fluxo de calor latente na pastagem correspondeu a cerca de 75% do ocorrido na floresta, o que é explicado pela maior disponibilidade de água no dossel da vegetação de floresta. Todavia, os fluxos de calor sensível e calor no solo predominaram na pastagem. Assim, os fluxos de calor sensível e calor no solo na floresta corresponderam a 74% e 8%, respectivamente, desses fluxos ocorridos na pastagem. A consequência imediata dessa diferença é um maior aquecimento do ar em áreas de pastagem, além da maior degradação do solo, devido aos maiores valores de fluxo de calor no solo.

A partição do saldo de radiação em seus componentes indica que as frações do saldo de radiação em torno do meio-dia, na floresta, em relação aos fluxos de calor latente, calor sensível, calor no solo e calor armazenado no dossel foram, em média, de 0,657; 0,195; 0,005; e 0,145, respectivamente. Na pastagem, essas frações do saldo de radiação em relação aos fluxos de calor latente, calor sensível e calor no solo foram de 0,630; 0,322; e 0,049, respectivamente. As frações do saldo de radiação em relação ao fluxo de calor no solo e ao fluxo de calor sensível foram cerca de 16 e 1,7 vezes maiores na pastagem do que na floresta, respectivamente.

As variações médias diurnas da temperatura do ar e da velocidade de fricção, nas áreas experimentais da floresta e da pastagem, neste experimento de 1992, estão apresentadas nas Figuras 15 e 16, respectivamente. A variação de temperatura do ar, durante o período diurno, foi muito semelhante entre a floresta

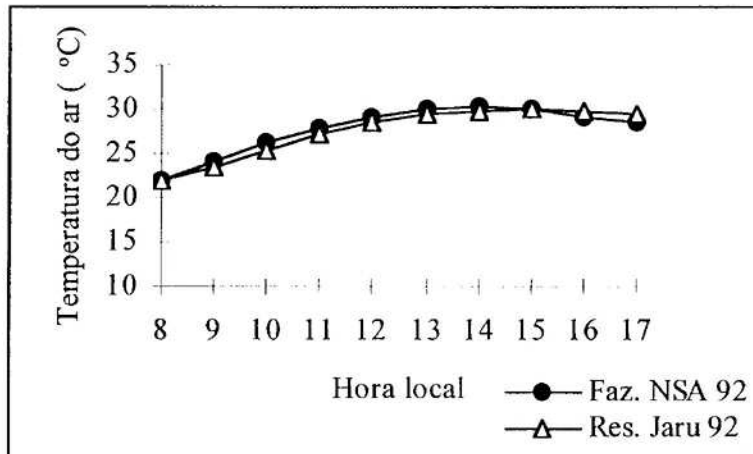


Figura 15 – Variação média diurna da temperatura do ar na Reserva Florestal Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

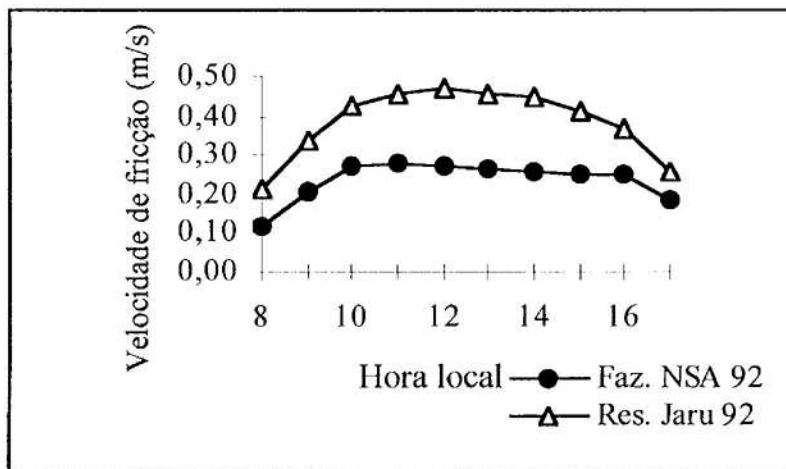


Figura 16 – Variação média diurna da velocidade de fricção na Reserva Florestal Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

e a pastagem. Na área de floresta, a temperatura do ar variou de 21,9 a 29,8°C, com uma média de 27,5°C, ao passo que na pastagem a variação foi de 21,7 a 30,2°C, com uma média de 27,7°C. A velocidade de fricção na floresta foi, em média, o dobro da observada sobre a pastagem. A velocidade de fricção variou na floresta de 0,21 a 0,47 m/s, com um valor médio no período diurno de 0,4 m/s, ao passo que na pastagem a variação da velocidade de fricção foi de 0,12 a 0,28 m/s, com um valor médio de 0,2 m/s.

Nas Figuras 17 a 20, apresentam-se as comparações entre os valores, em torno do meio-dia, dos componentes do balanço de energia nas duas áreas experimentais.

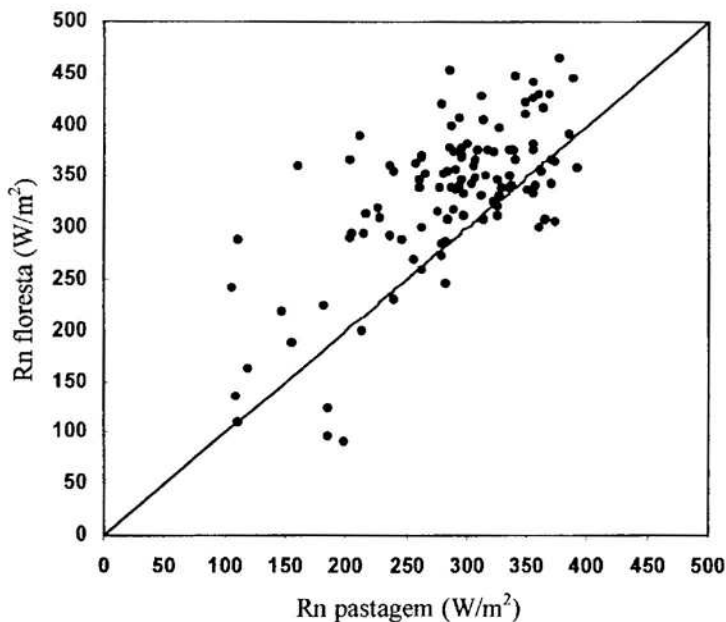


Figura 17 – Comparação do saldo de radiação, em torno do meio-dia, entre os sítios de floresta na Reserva Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

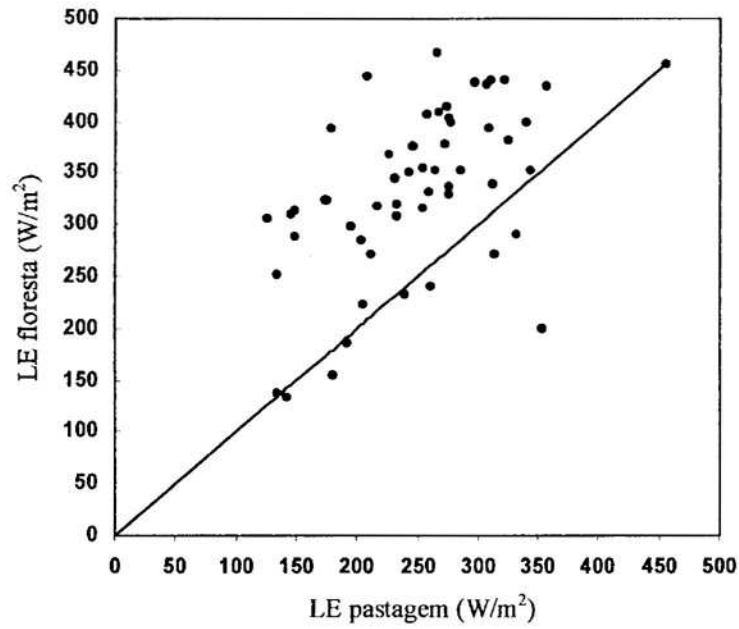


Figura 18 – Comparação do fluxo de calor latente, em torno do meio-dia, entre os sítios de floresta na Reserva Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

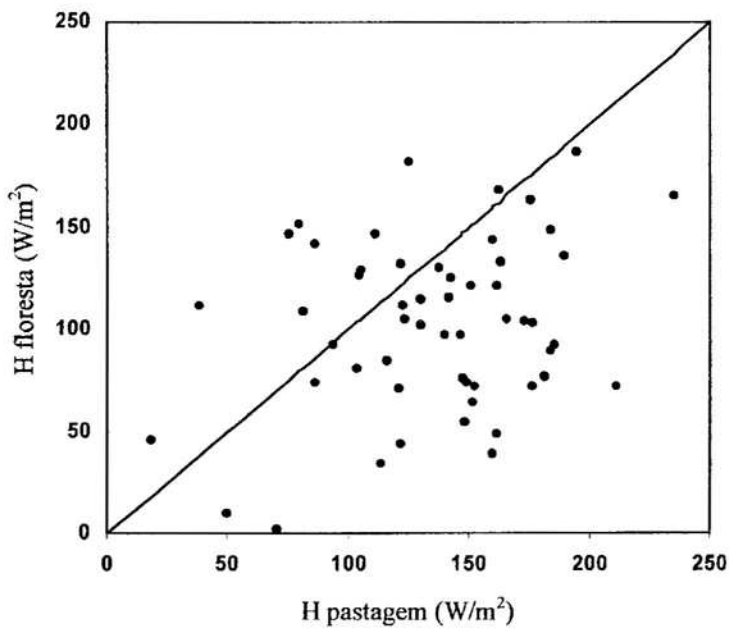


Figura 19 – Comparação do fluxo de calor sensível, em torno do meio-dia, entre os sítios de floresta na Reserva Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

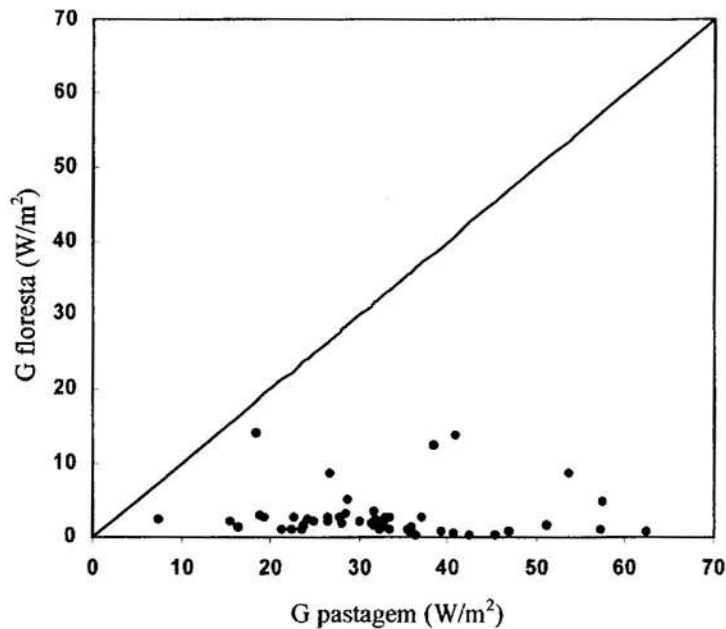


Figura 20 – Comparação do fluxo de calor no solo, em torno do meio-dia, entre os sítios de floresta na Reserva Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

Esses resultados indicam que neste experimento o saldo de radiação e o fluxo de calor latente, em torno do meio-dia, foram maiores na floresta em relação à pastagem em 96 W/m^2 e 85 W/m^2 , respectivamente. Isso significa que nesta campanha o saldo de radiação e o fluxo de calor latente foram, respectivamente, de 26 e 31% maiores na floresta em relação à pastagem. Todavia, os fluxos de calor sensível e calor no solo foram maiores na pastagem em cerca de 34 W/m^2 e 31 W/m^2 , respectivamente. O fluxo médio de calor sensível na pastagem foi cerca de 41% maior do que na floresta.

4.2.1.2. Variações noturnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná

Nas Figuras 21 e 22, apresentam-se as variações médias noturnas dos componentes do balanço de energia na área de floresta da Reserva Jaru e na área de pastagem da Fazenda N. S. Aparecida. As médias horárias do saldo de

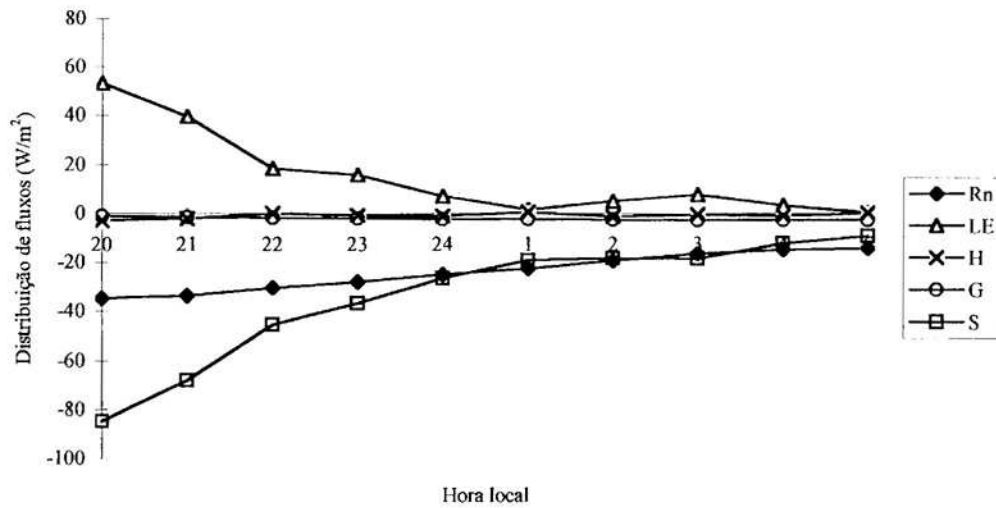


Figura 21 – Variação média noturna dos componentes do balanço de energia para a Reserva Florestal Jarú, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

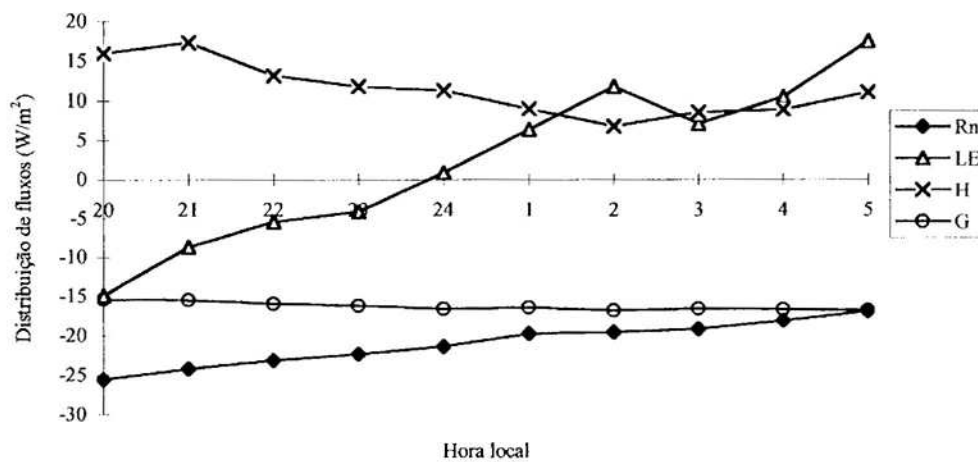


Figura 22 – Variação média noturna dos componentes do balanço de energia para a pastagem N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

radiação, do fluxo de calor latente, do fluxo de calor sensível e do fluxo de calor no solo no sítio da floresta, durante o período noturno, foram de $24 \pm 8 \text{ W/m}^2$, $15 \pm 18 \text{ W/m}^2$, $-1 \pm 1 \text{ W/m}^2$ e $-2 \pm 1 \text{ W/m}^2$. Na pastagem, as médias horárias para esses fluxos foram de $-21 \pm 3 \text{ W/m}^2$, $2 \pm 10 \text{ W/m}^2$, $11 \pm 3 \text{ W/m}^2$ e $-16 \pm 1 \text{ W/m}^2$.

As variações médias noturnas da temperatura do ar e da velocidade de fricção, referentes ao experimento de 1992, estão ilustradas nas Figuras 23 e 24, respectivamente. A temperatura do ar variou de 21,6 a 25,3°C, com uma média de 22,9°C na área de floresta, ao passo que na área de pastagem a variação de temperatura do ar foi de 20,5 a 24,0°C, com um valor médio de 21,8°C. A velocidade de fricção na área de floresta variou de 0,12 a 0,17 m/s, com uma média de 0,15 m/s; na área de pastagem, essa variação foi menor, com uma média de 0,1 m/s.

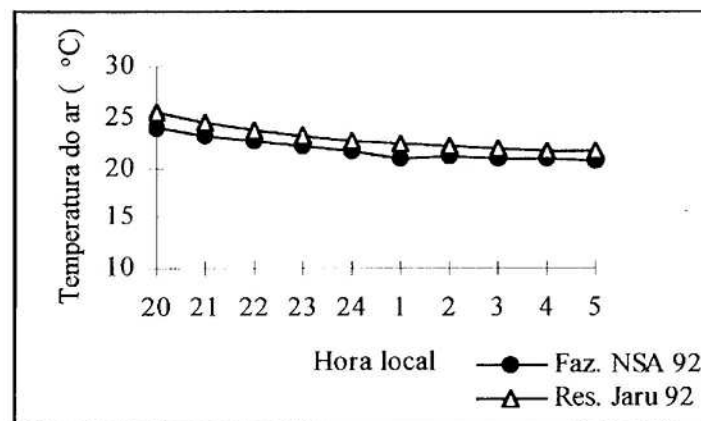


Figura 23 – Variação média noturna da temperatura do ar na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

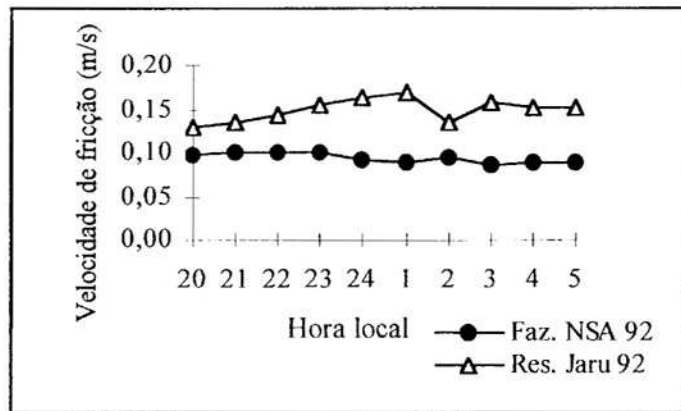


Figura 24 – Variação média noturna da velocidade de fricção na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 10 de agosto a 4 de outubro de 1992.

4.2.2. Experimento de 1993

4.2.2.1. Variações diurnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná

Nas Figuras 25 e 26, apresentam-se as variações médias diurnas dos componentes do balanço de energia nas áreas de floresta e de pastagem, respectivamente, em Ji-Paraná. As médias horárias, em torno do meio-dia, do saldo de radiação, fluxo de calor latente e fluxo de calor sensível na área de floresta foram de $485 \pm 17 \text{ W/m}^2$, $335 \pm 23 \text{ W/m}^2$ e $93 \pm 9 \text{ W/m}^2$, respectivamente, ao passo que na área de pastagem esses fluxos corresponderam, respectivamente, a $420 \pm 20 \text{ W/m}^2$, $288 \pm 9 \text{ W/m}^2$ e $112 \pm 14 \text{ W/m}^2$. O fluxo de calor no solo, na floresta, foi praticamente desprezível e, na pastagem, chegou a atingir um valor médio, em torno do meio-dia, de $24 \pm 5 \text{ W/m}^2$.

As frações do saldo de radiação em torno do meio-dia, na floresta, em relação aos fluxos de calor latente, calor sensível, calor no solo e calor armazenado no dossel da floresta, foram, em média, de 0,691; 0,191; 0,005; e 0,116, respectivamente. As correspondentes frações do saldo de radiação em

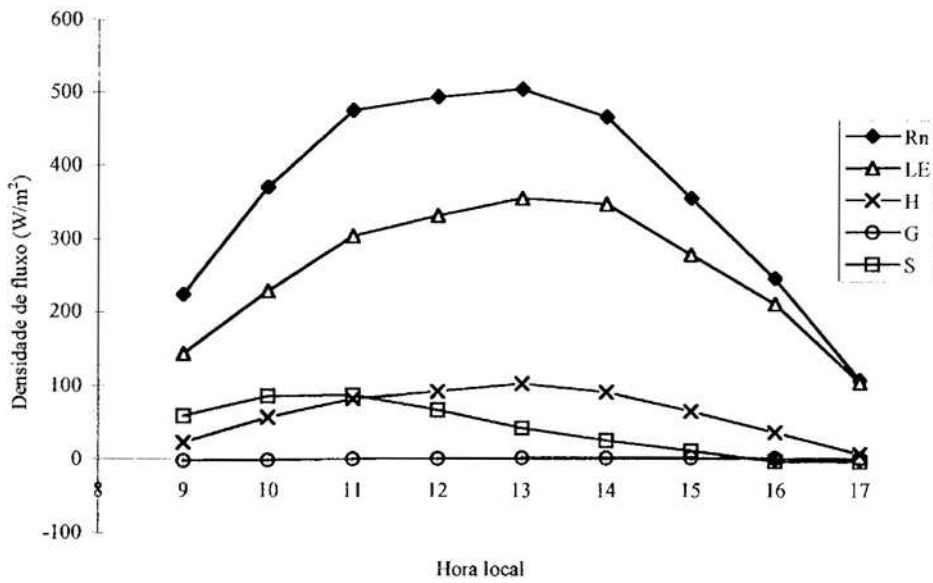


Figura 25 – Variação média diurna dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Jarú, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

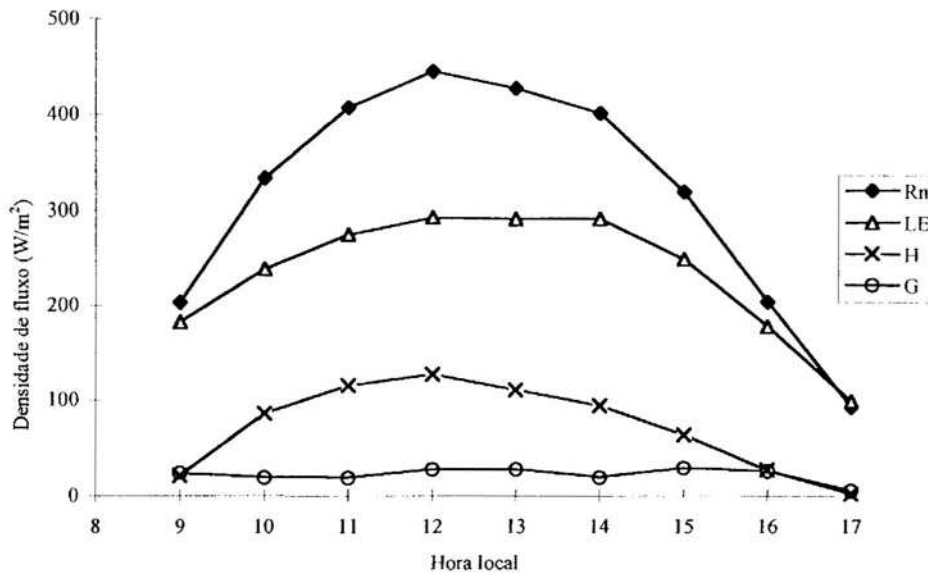


Figura 26 – Variação média diurna dos componentes do balanço de energia na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

relação aos fluxos de calor latente, calor sensível e calor no solo, na pastagem, foram de 0,685; 0,267; e 0,056, respectivamente.

Nas Figuras 27 e 28 são mostradas as variações médias diurnas da temperatura do ar e de velocidade de fricção, nas áreas de floresta e de pastagem, correspondentes ao mesmo período de medições dos componentes do balanço de energia. A temperatura do ar, na área de pastagem, variou de 23,5 a 29,0°C, com uma média de 27,5°C, ao passo que na área de floresta a variação da temperatura do ar foi de 22,5 a 28,6°C, com um valor médio de 27,1°C. A variação da velocidade de fricção na floresta foi de 0,25 a 0,48 m/s, com uma média de 0,4 m/s, e a correspondente variação na área de pastagem foi de 0,14 a 0,27 m/s, com uma média de 0,2 m/s.

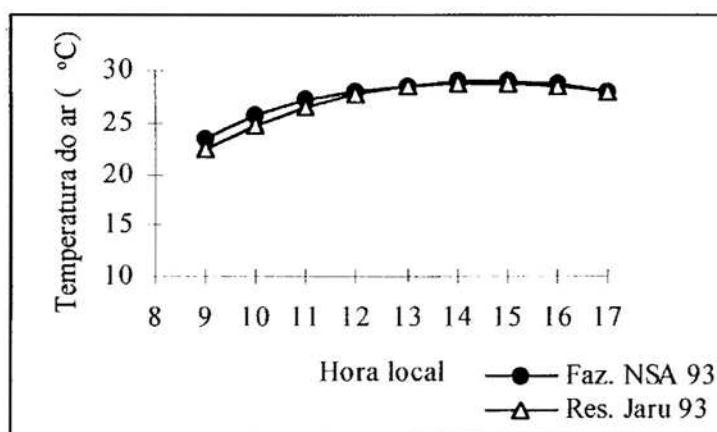


Figura 27 – Variação média diurna da temperatura do ar na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N.S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

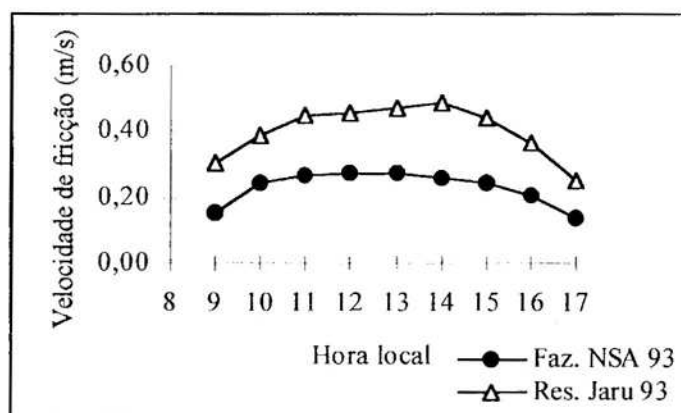


Figura 28 – Variação média diurna da velocidade de fricção na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

Nas Figuras 29 a 32, apresentam-se comparações, em torno do meio-dia, dos componentes do balanço de energia na área de floresta e na área de pastagem. Os resultados deste experimento indicam que o saldo de radiação e o fluxo de calor latente foram maiores na floresta, em relação à pastagem, em cerca de 27 e 22%, respectivamente. Isso correspondeu a um valor médio de 77 e 46 W/m^2 no saldo de radiação e fluxo de calor latente superiores aos valores encontrados na pastagem. No entanto, os fluxos de calor sensível e calor no solo foram, em média, 3 e 20 W/m^2 superiores aos valores registrados na floresta. A comparação de cada componente do balanço de energia entre a floresta da Reserva Jarú e a pastagem da Fazenda N. S. Aparecida apresentou diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,01$).

4.2.2.2. Variações noturnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná

Neste experimento foram utilizados dados horários correspondentes a 115 noites. Nas Figuras 33 e 34, apresentam-se as variações médias noturnas dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S.

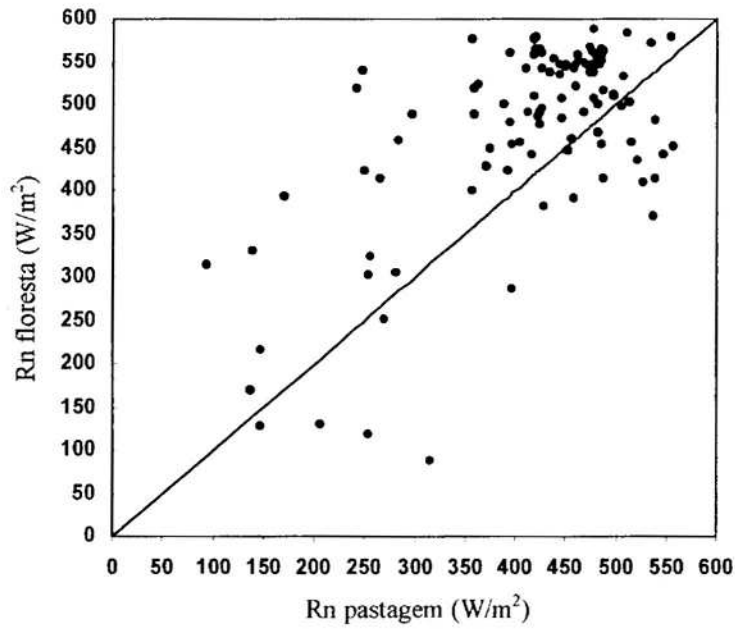


Figura 29 – Comparação do saldo de radiação, em torno do meio-dia, na floresta da Reserva Jaru e na pastagem da Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

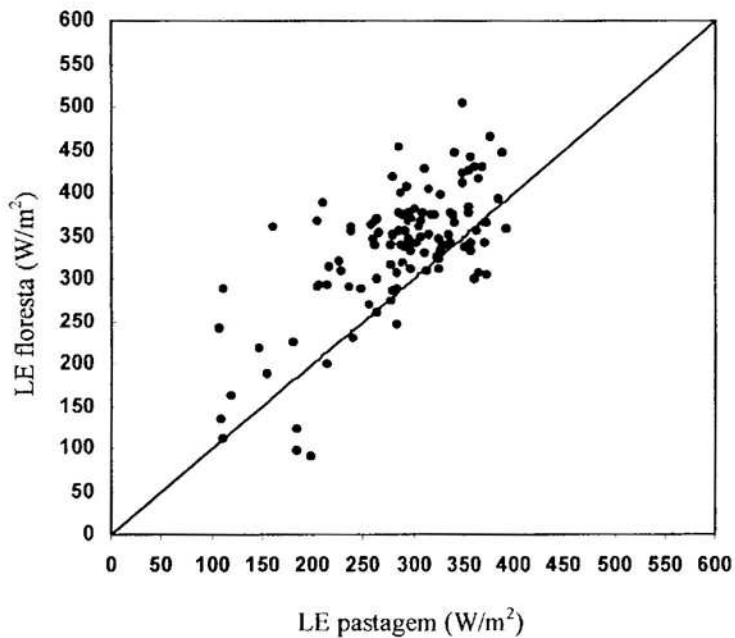


Figura 30 – Comparação do fluxo de calor latente, em torno do meio-dia, na Floresta da Reserva Jaru e na pastagem da Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

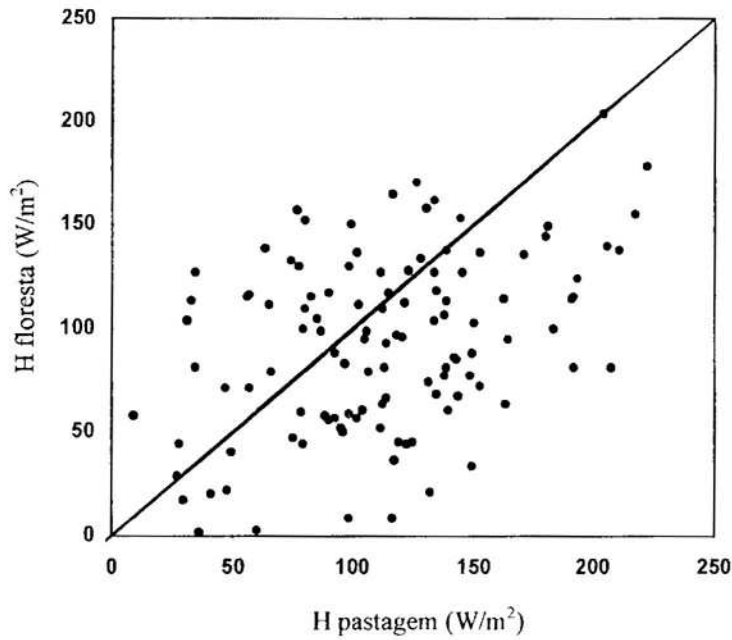


Figura 31 – Comparação do fluxo de calor sensível, em torno do meio-dia, na Floresta da Reserva Jaru e na pastagem da Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

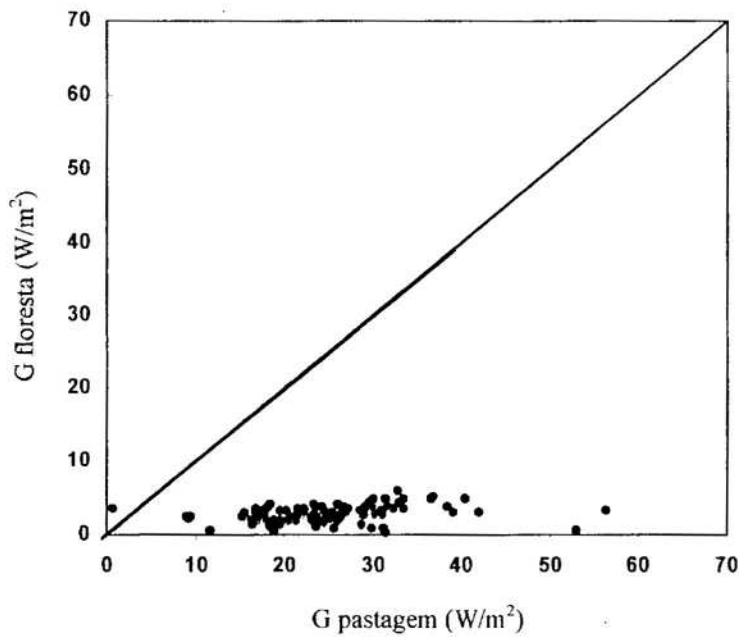


Figura 32 – Comparação do fluxo de calor no solo, em torno do meio-dia, na Floresta da Reserva Jaru e na pastagem da Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

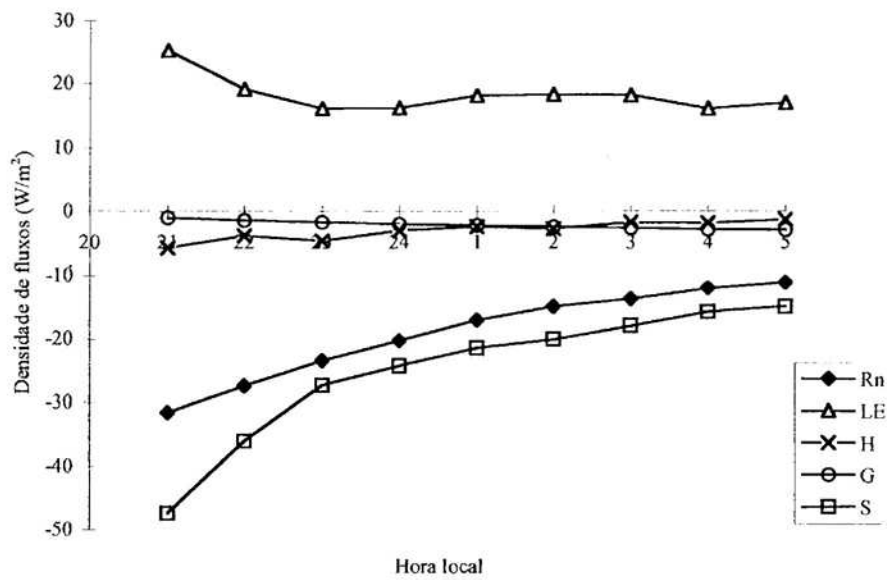


Figura 33 – Variação média noturna dos componentes do balanço de energia para a Reserva Florestal Jaru, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

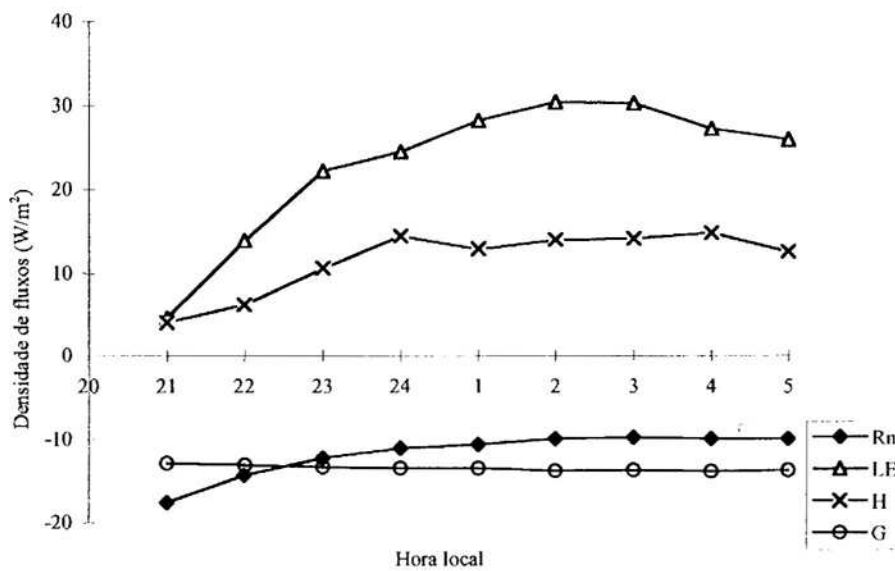


Figura 34 – Variação média noturna dos componentes do balanço de energia para a pastagem N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

Aparecida, respectivamente. As médias horárias do saldo de radiação, do fluxo de calor latente, do fluxo de calor sensível e do fluxo de calor no solo, na área de floresta, foram de $-19 \pm 7 \text{ W/m}^2$, $18 \pm 3 \text{ W/m}^2$, $-3 \pm 2 \text{ W/m}^2$ e $-2 \pm 1 \text{ W/m}^2$, respectivamente. Na área de pastagem, as médias horárias para os respectivos fluxos foram de $-12 \pm 3 \text{ W/m}^2$, $23 \pm 9 \text{ W/m}^2$, $-12 \pm 4 \text{ W/m}^2$ e $-13 \pm 0,3 \text{ W/m}^2$.

Nas Figuras 35 e 36, apresentam-se as variações médias noturnas da temperatura do ar e da velocidade de fricção, referente ao período de 04/04 a 28/07/93. A variação da temperatura do ar na área da floresta foi de 20,9 a 24,3°C, com uma média de 22,2°C, ao passo que na área de pastagem a variação da temperatura do ar foi de 19,2 a 22,6°C, com uma média de 20,5°C. A variação da velocidade de fricção na floresta foi de 0,10 a 0,16 m/s, com uma média de 0,12 m/s. Na área da pastagem, a variação da velocidade de fricção foi ainda menor, com uma média de 0,07 m/s.

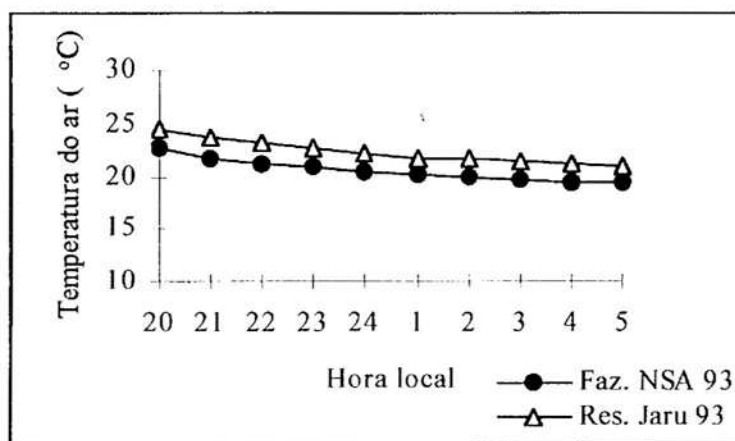


Figura 35 – Variação média noturna da temperatura do ar na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

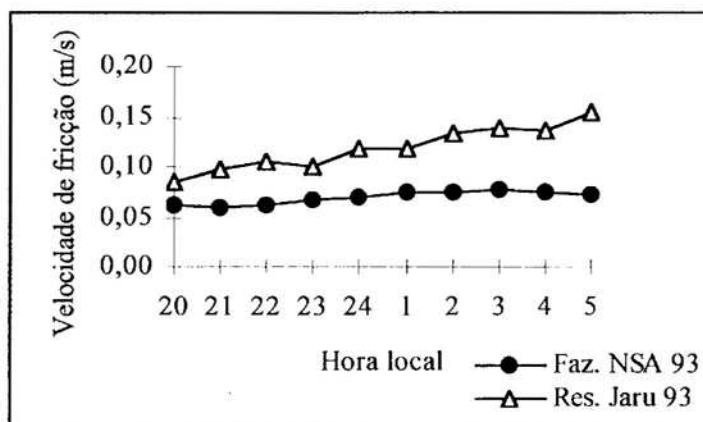


Figura 36 – Variação média noturna da velocidade de fricção na Reserva Florestal Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 4 de abril a 28 de julho de 1993.

4.2.3. Experimento de 1994

4.2.3.1. Variações diurnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná

As variações médias diurnas dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida estão apresentadas nas Figuras 37 e 38, respectivamente. Os valores médios, em torno do meio-dia, do saldo de radiação, fluxo de calor latente e fluxo de calor sensível na área de floresta foram de $522 \pm 39 \text{ W/m}^2$, $389 \pm 61 \text{ W/m}^2$ e $76 \pm 12 \text{ W/m}^2$, respectivamente, ao passo que os correspondentes valores médios horários desses fluxos na área de pastagem foram de $451 \pm 38 \text{ W/m}^2$, $256 \pm 29 \text{ W/m}^2$ e $179 \pm 25 \text{ W/m}^2$. O fluxo de calor no solo, em torno do meio-dia, foi de $16 \pm 3 \text{ W/m}^2$ na pastagem e praticamente desprezível na área de floresta.

A partição do saldo de radiação na floresta nos fluxos de calor latente, calor sensível e calor no solo foram de 0,637; 0,137; e 0,004, respectivamente. Na pastagem, as partições do saldo de radiação correspondente a esses mesmos fluxos foram de 0,552; 0,416; e 0,031, respectivamente. A fração do saldo de

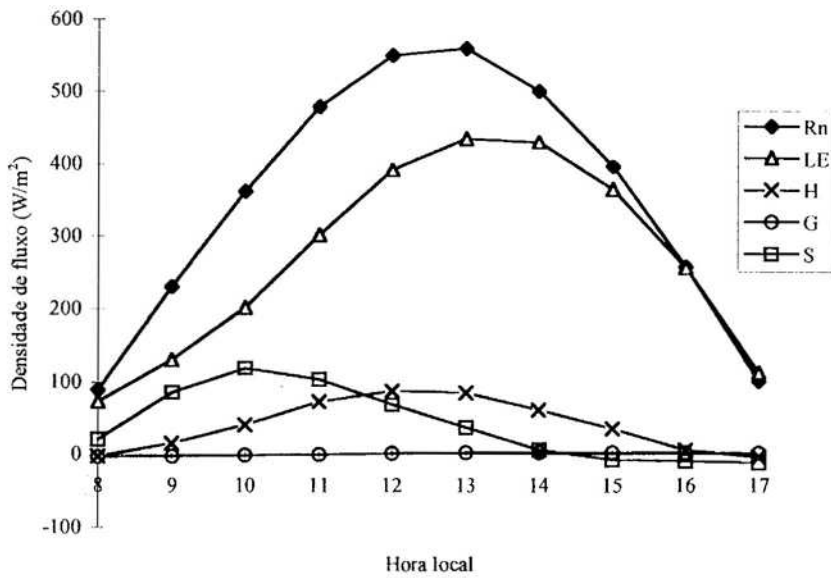


Figura 37 – Variação média diurna dos componentes do balanço de energia na Reserva Florestal Jaru, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

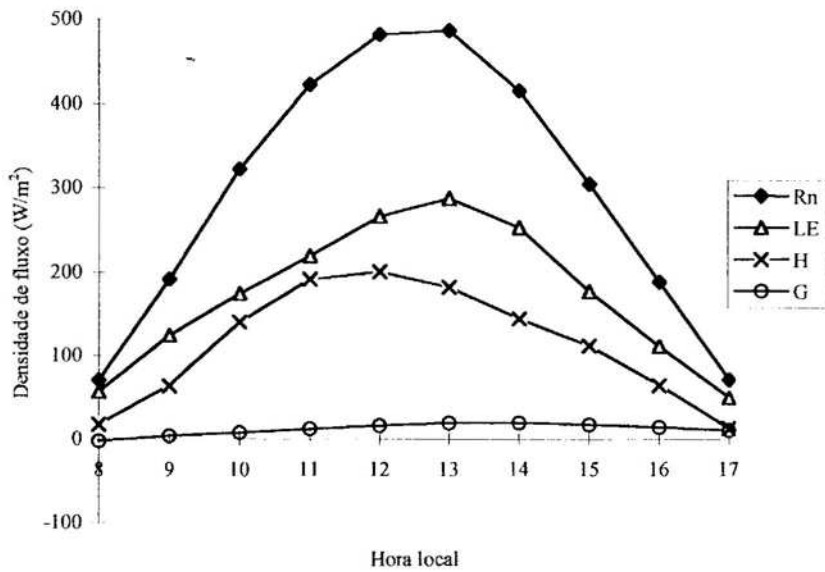


Figura 38 – Variação média diurna dos componentes do balanço de energia na pastagem N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

radiação em fluxo de calor no solo e calor sensível foi, respectivamente, 8 e 3 vezes maior na pastagem do que na floresta.

Nas Figuras 39 a 41, apresentam-se as variações médias diurnas da temperatura do ar, umidade específica e velocidade de fricção, acima da copa das árvores da floresta e da pastagem. Durante o período diurno, a temperatura do ar, na área de pastagem, manteve-se ligeiramente acima da temperatura do ar na área de floresta. Na pastagem, a variação média da temperatura do ar foi de 20,0 a 32,8°C, com uma média de 29,5°C, ao passo que na floresta a variação foi de 19,8 a 31,9°C, com uma média de 28,0°C. A umidade específica apresentou valores maiores sobre a floresta, durante todo o período diurno. Na floresta, a variação de umidade específica foi de 12,69 a 15,31 g/kg, com um valor médio de 14,1 g/kg; na pastagem, a variação de umidade específica foi de 10,82 a 13,72 g/kg, com uma média de 12,0 g/kg. A velocidade de fricção sobre a floresta foi aproximadamente o dobro da observada sobre a pastagem. A velocidade de fricção variou de 0,14 a 0,50 m/s, com uma média de 0,4 m/s, ao passo que na pastagem a variação foi de 0,04 a 0,32 m/s, com um valor médio de 0,2 m/s.

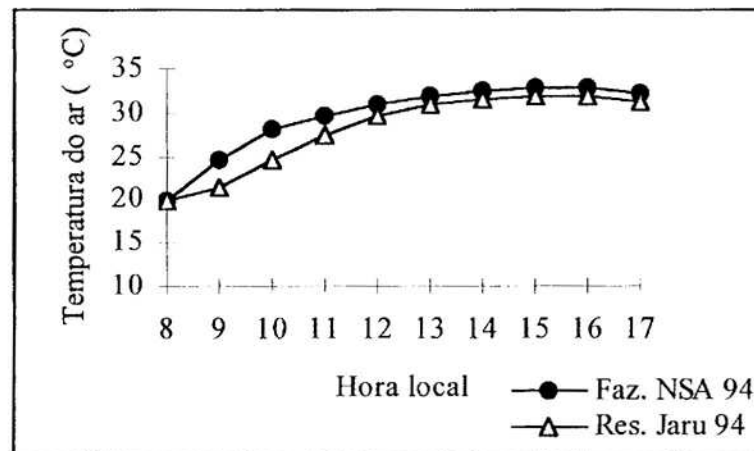


Figura 39 – Variação média diurna da temperatura do ar na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

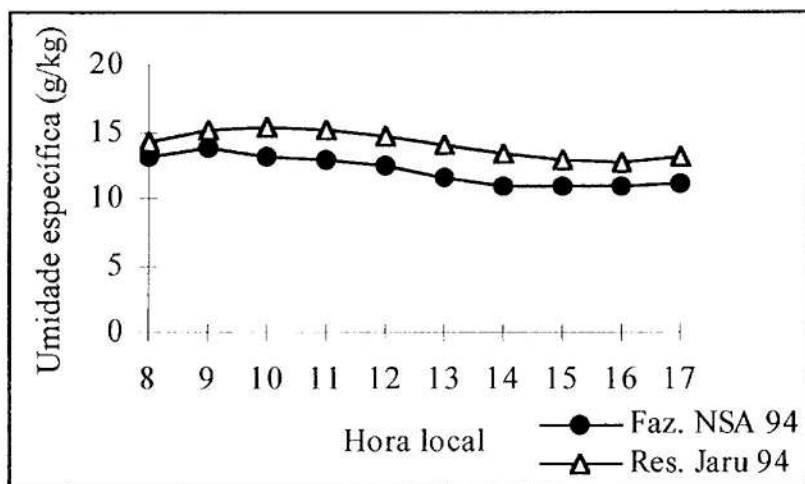


Figura 40 – Variação média diurna da umidade específica na Reserva Florestal Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

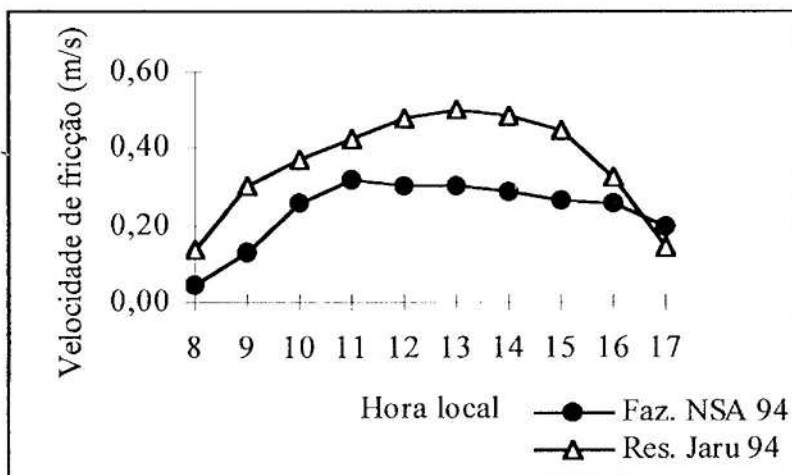


Figura 41 – Variação média diurna da velocidade de fricção na Reserva Florestal Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

O resumo da partição do saldo de radiação nos componentes do balanço de energia, em todos os experimentos, encontra-se no Quadro 3.

Quadro 3 – Partição do saldo de radiação, em torno do meio-dia, em calor latente, calor sensível e calor no solo, em florestas e pastagens de Ji-Paraná, RO, e Marabá, PA

Local	Ji-Paraná						Marabá	
	1992		1993		1994		1993	
Anos	Floresta	Pastagem	Floresta	Pastagem	Floresta	Pastagem	Floresta	Pastagem
LE/Rn	0,66	0,63	0,69	0,68	0,64	0,55	0,73	0,63
H/Rn	0,19	0,32	0,19	0,27	0,14	0,42	0,17	0,32
G/Rn	0,01	0,05	0,01	0,06	0,00	0,03	0,00	0,05
T (°C)	28,7	29,3	27,9	28,1	29,9	31,2	28,5	29,6
q(g/kg)	15,6	22,7	18,0	19,4	14,3	11,9	17,3	24,2
u• (m/s)	0,46	0,27	0,47	0,27	0,47	0,30	0,44	0,30

Os resultados apresentados no Quadro 3 destacam a maior contribuição do fluxo de calor latente no balanço de energia, em relação aos outros componentes, tanto na floresta como na pastagem. Resultados experimentais sobre a partição do saldo de radiação em fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível e fluxo de calor no solo ainda são escassos no Brasil. Trabalhos publicados por Jarvis et al. (1976) e Verma et al. (1986) sobre florestas coníferas e decíduas, respectivamente, têm evidenciado que a fração LE/Rn desse tipo de vegetação varia entre 0,2 e 0,55. Anderson (1983) obteve essa relação na cultura de sorgo, tendo constatado variação entre 0,7 e 0,9. Os resultados obtidos neste trabalho de 0,68 para floresta e de 0,62 para pastagem, relacionados com λ/Rn , são superiores aos encontrados no Hemisfério Norte.

Considerando a importância da relação de dependência entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação, obtiveram-se regressões lineares entre as médias horárias do fluxo de calor latente e o saldo de radiação, durante o período diurno, em cada campanha de coleta de dados em áreas de floresta e de pastagem. Os resultados dessas regressões são apresentados nas Figuras 42 a 49:

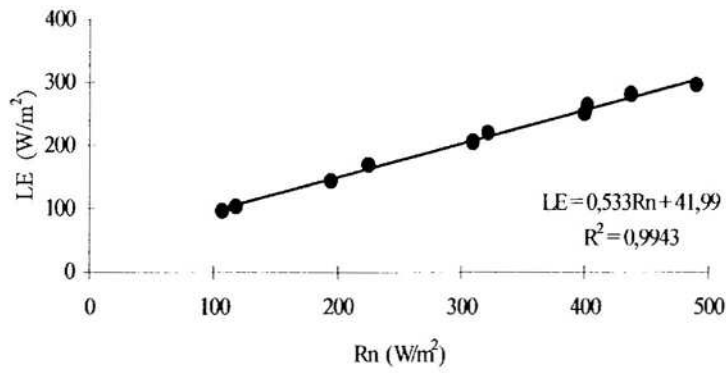


Figura 42 – Área de pastagem da Fazenda Boa Sorte. Marabá, 1993.

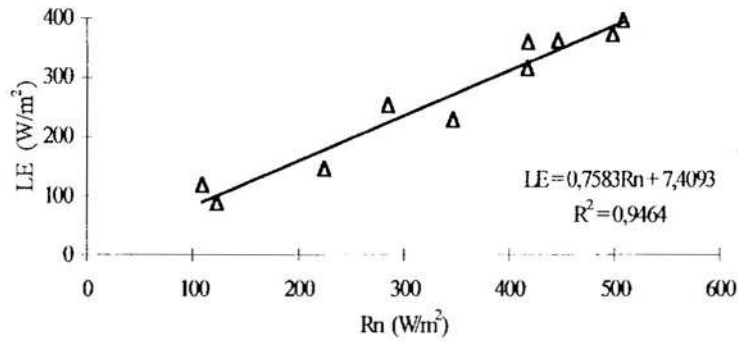


Figura 43 – Área de floresta da Reserva Vale do Rio Doce. Marabá, 1993.

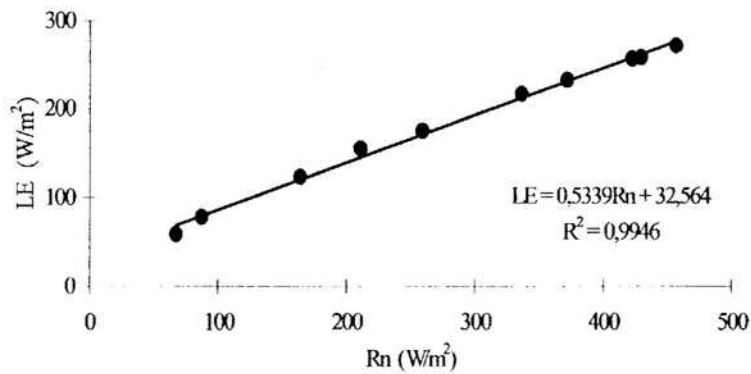


Figura 44 – Área de pastagem da Fazenda N. S. Aparecida. Ji-Paraná, 1992.

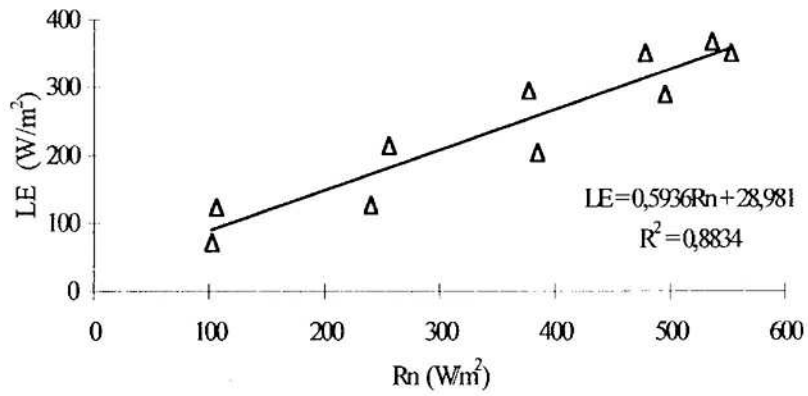


Figura 45 – Área de floresta da Reserva Jaru. Ji-Paraná, 1992.

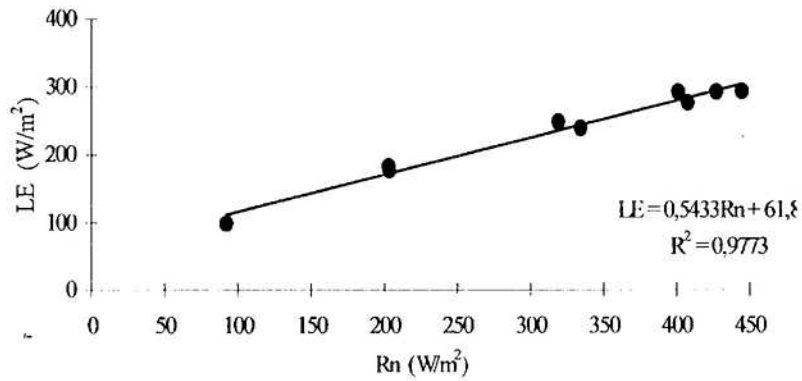


Figura 46 – Área de pastagem da Fazenda N. S. Aparecida. Ji-Paraná, 1993.

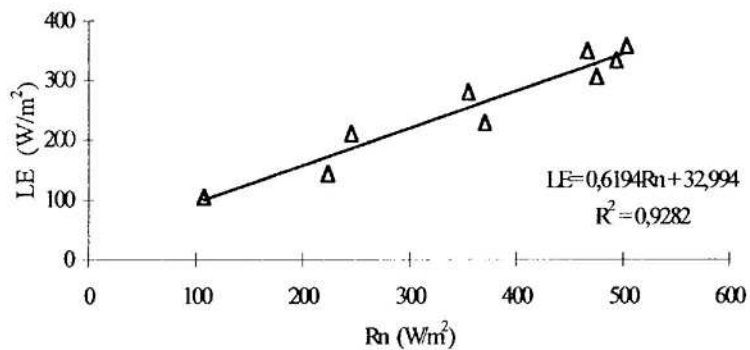


Figura 47 – Área de floresta da Reserva Jaru. Ji-Paraná, 1993.

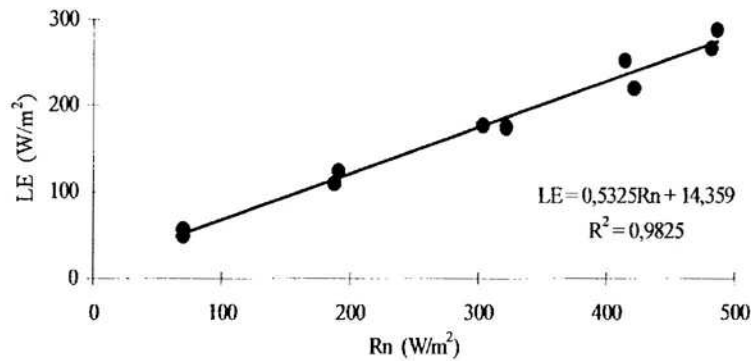


Figura 48 – Área de pastagem da Fazenda N. S. Aparecida. Ji-Paraná, 1994.

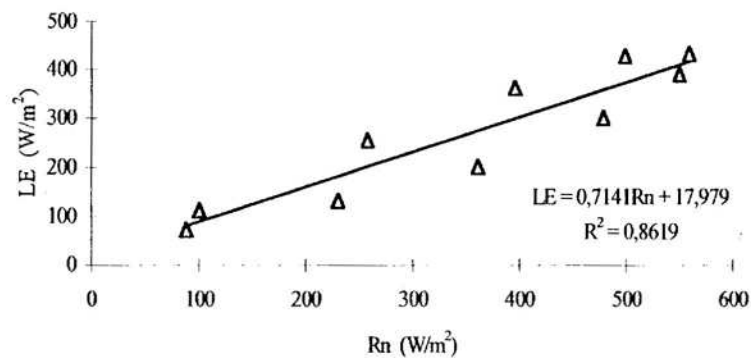


Figura 49 – Área de floresta da Reserva Jarú. Ji-Paraná, 1994.

Nos sítios experimentais com pastagem, os coeficientes de determinação encontrados foram sempre acima de 0,97, e o coeficiente angular variou de 0,5325 a 0,5433, ou seja, variação muito pequena. O coeficiente de determinação nas áreas experimentais de floresta ficou acima de 0,86. O coeficiente angular entre LE e Rn variou de 0,5936 a 0,7583, cujo valor médio foi 0,67. Em florestas mistas de regiões temperadas, Verma (1986) obteve um valor de 0,67 para esse mesmo coeficiente, que, matematicamente, representa a variação do saldo de radiação dividido pela variação do fluxo de calor latente.

Comparações entre os valores dos componentes do balanço de energia, na floresta e na pastagem, apresentadas nas Figuras 50 a 53, evidenciaram que o saldo de radiação e o fluxo de calor latente foram superiores na floresta, em cerca

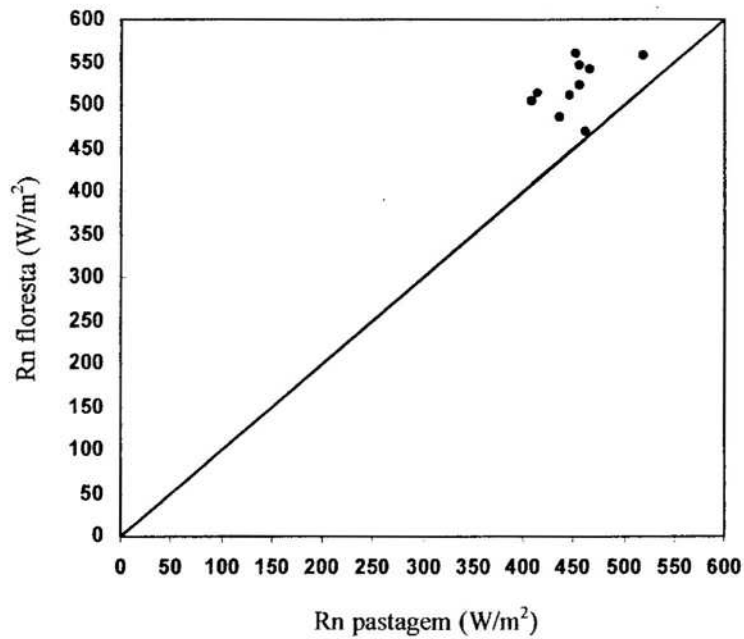


Figura 50 – Comparação do saldo de radiação, em torno do meio-dia, na floresta da Reserva Jaru e na pastagem da Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

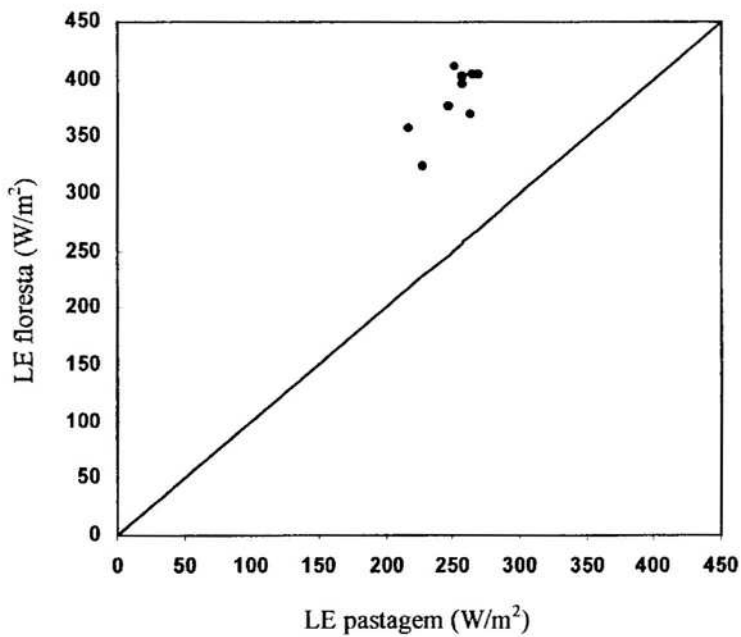


Figura 51 – Comparação do fluxo de calor latente, em torno do meio-dia, na floresta da Reserva Jaru e na pastagem da Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

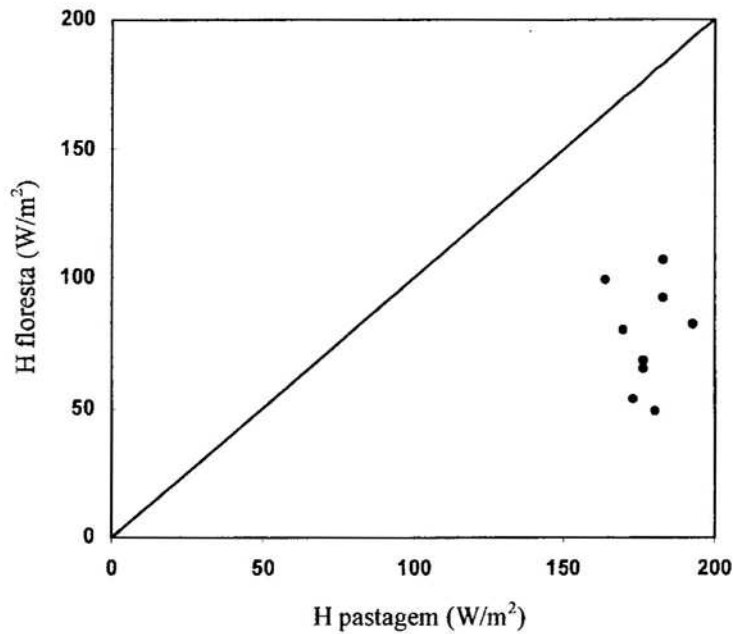


Figura 52 – Comparação do fluxo de calor sensível, em torno do meio-dia, na floresta da Reserva Jaru e na pastagem da Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

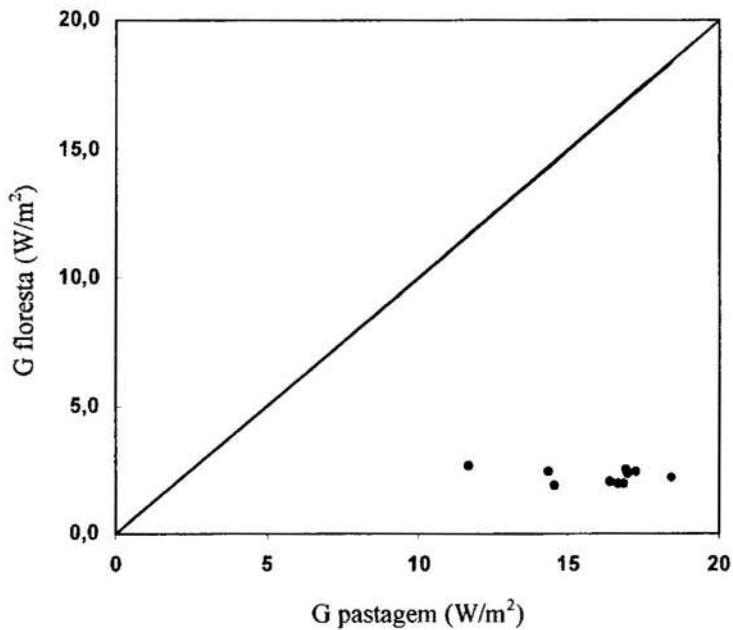


Figura 53 – Comparação do fluxo de calor no solo, em torno do meio-dia, na floresta da Reserva Jaru e na pastagem da Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

de 57 e 98 W/m², respectivamente. No entanto, os fluxos de calor sensível e calor no solo foram superiores aos valores obtidos na floresta, em torno do meio-dia, em cerca de 72 e 10 W/m², respectivamente. Na comparação de cada componente do balanço de energia entre a floresta Vale do Rio Doce e a pastagem da Fazenda Boa Sorte, houve diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,01$).

4.2.3.2. Variações noturnas dos componentes do balanço de energia nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná

As Figuras 54 e 55, apresentam-se as variações médias noturnas dos componentes do balanço de energia na Reserva Jaru e na Fazenda N. S. Aparecida. As médias horárias do saldo de radiação, do fluxo de calor latente, do fluxo de calor sensível e do fluxo de calor no solo, no sítio de floresta, foram, respectivamente, de -24 ± 14 W/m², 12 ± 10 W/m², $-0,3 \pm 2$ W/m² e -2 ± 1 W/m². Na pastagem, as médias horárias para esses fluxos foram de -27 ± 5 W/m², -23 ± 9 W/m², 4 ± 2 W/m² e -7 ± 1 W/m².

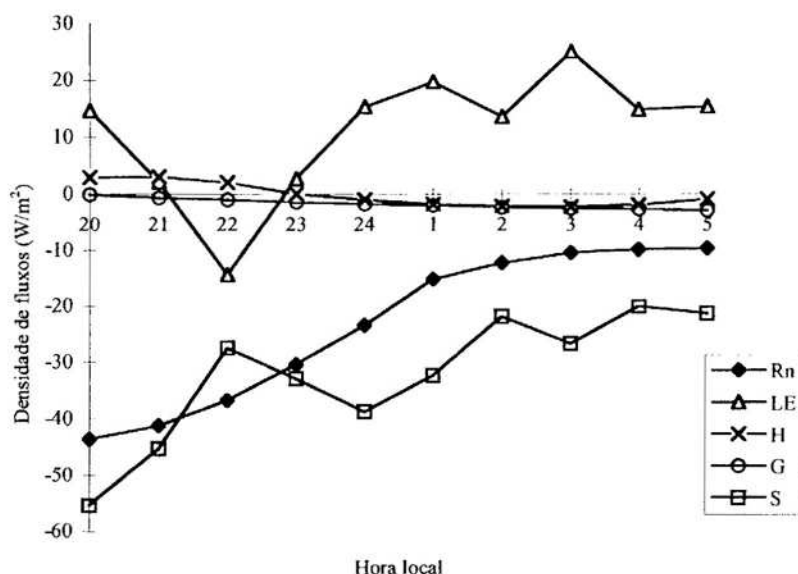


Figura 54 – Variação média noturna dos componentes do balanço de energia na Reserva Jaru, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

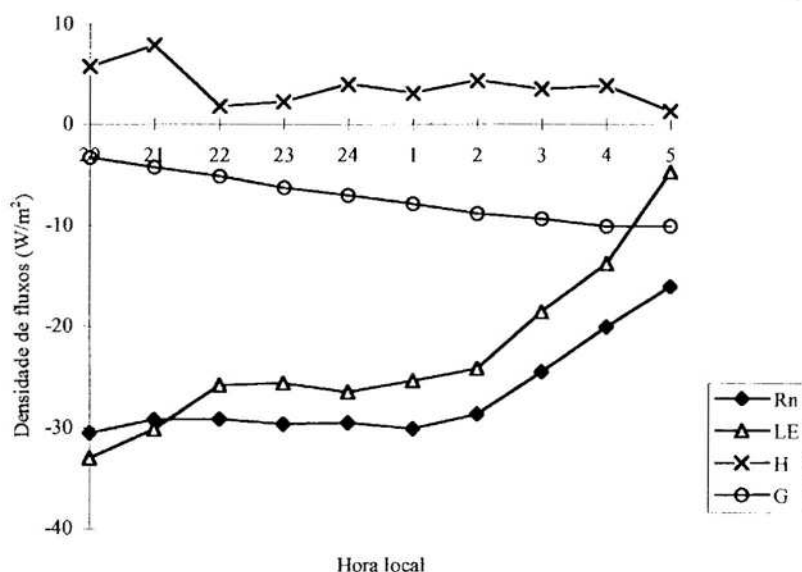


Figura 55 – Variação média noturna dos componentes do balanço de energia na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

Nas Figuras 56 a 58 são apresentadas as variações médias noturnas da temperatura do ar, da umidade específica e da velocidade de fricção, respectivamente. A variação da temperatura do ar, na pastagem, foi de 18,6 a 25,0°C, com uma média de 20,8°C, ao passo que na floresta essa variação foi de 19,9 a 25,7, com um valor médio de 22,2°C. Durante o período noturno, a umidade específica acima da floresta também foi superior à umidade específica sobre a pastagem, conforme observado no período diurno. A variação média de umidade específica na pastagem foi de 12,4 a 13,4 g/kg, com uma média de 13,0 g/kg, ao passo que na floresta a correspondente variação foi de 14,7 a 16,4 g/kg, com um valor médio de 15,6 g/kg. A velocidade de fricção variou, na área de pastagem, de 0,04 a 0,06 m/s, com uma média de 0,05 m/s; na floresta houve variação de 0,14 a 0,27 m/s, com uma média de 0,20 m/s.

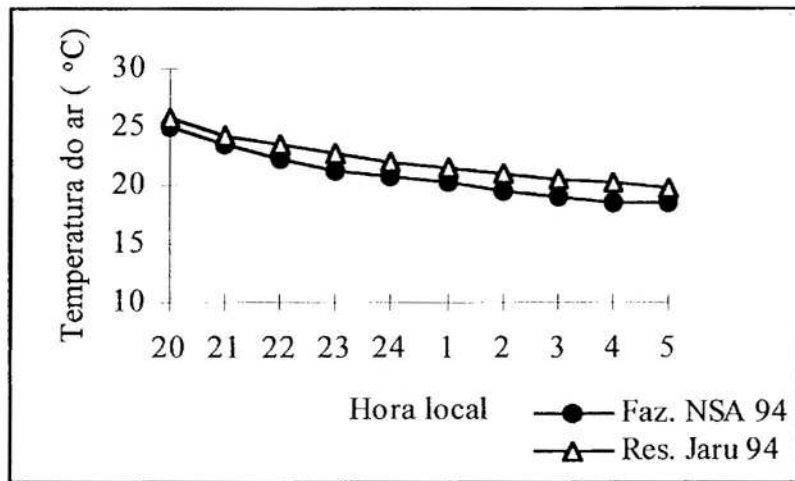


Figura 56 – Variação média noturna da temperatura do ar na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

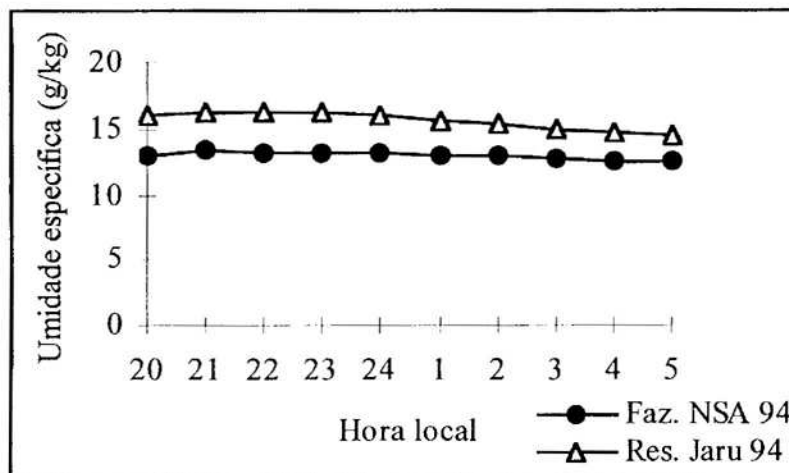


Figura 57 – Variação média da umidade específica na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

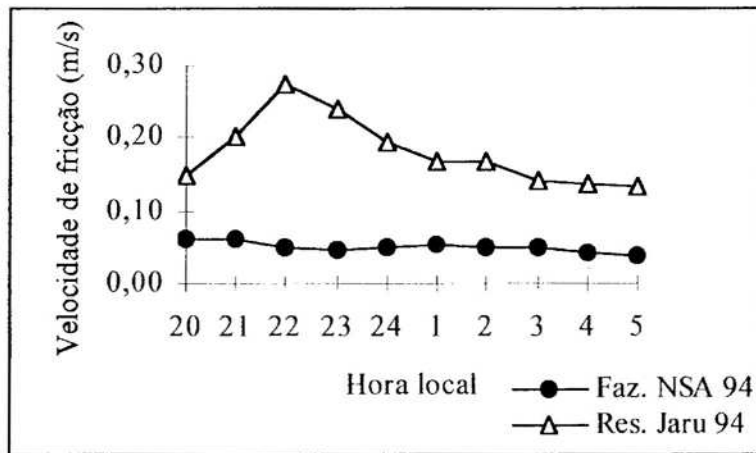


Figura 58 – Variação média da velocidade de fricção na Reserva Florestal Jarú e na Fazenda N. S. Aparecida, referente à campanha de 14 a 23 de agosto de 1994.

4.3. Variação da razão de Bowen (β) na floresta e na pastagem

A razão de Bowen foi utilizada neste trabalho para análise da partição do saldo de radiação em calor latente e calor sensível. Uma ilustração da variação típica da razão de Bowen durante um período de 24 horas está apresentada na Figura 59. Durante o período diurno, houve evidente predominância de valores de β positivos, tanto na pastagem como na floresta, embora os valores sejam nitidamente superiores na pastagem. Os menores valores de β observados na floresta durante o período diurno indicam que a maior parte da energia disponível na floresta é utilizada no fluxo de calor latente. A partir das 19 h até aproximadamente 6 h prevalecem valores negativos de β na floresta e na pastagem, em consequência da ocorrência de inversões térmicas.

A variação sazonal dos valores médios diurnos de β , com base nos experimentos de 1992, 1993 e 1994, em Ji-Paraná e Marabá, está ilustrada nas Figuras 60 a 67. No Quadro 4, apresenta-se um resumo dos valores médios e dos desvios-padrão de β , durante o período diurno, para a floresta e a pastagem, em cada uma das campanhas ilustradas nessas figuras. A maior variabilidade nos

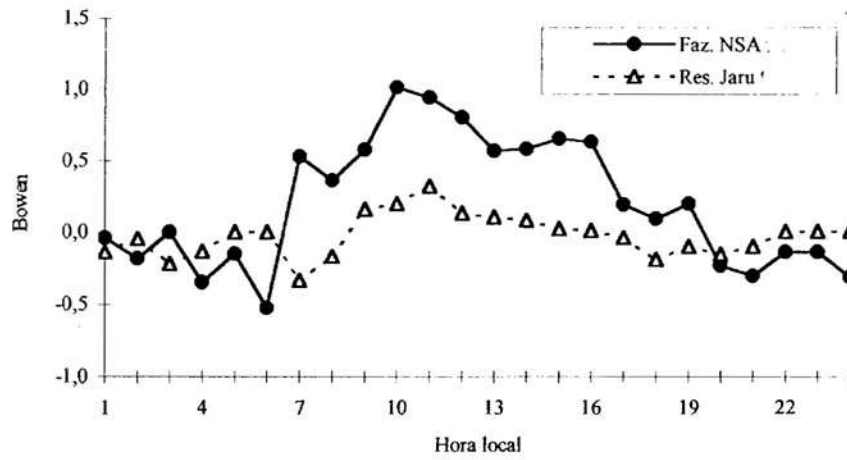


Figura 59 – Razão de Bowen para floresta e pastagem em Ji-Paraná.

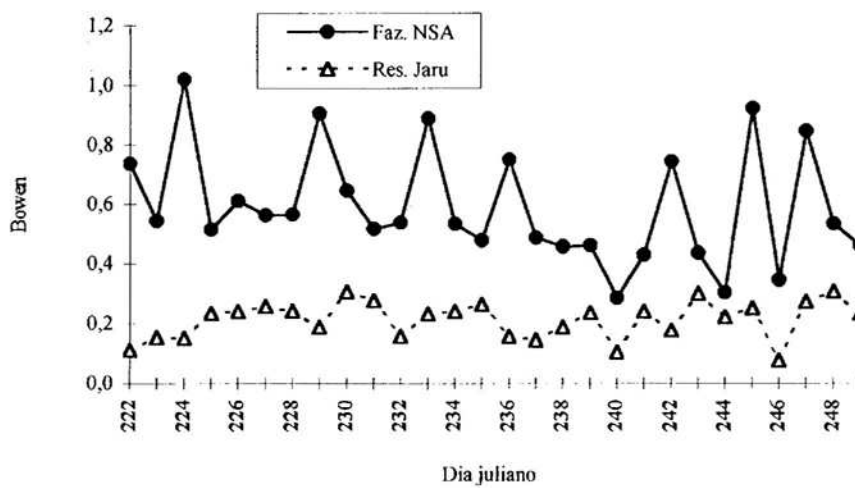


Figura 60 – Variação média diurna (das 8 às 17 h) de β , de 10/08 a 06/09/92.

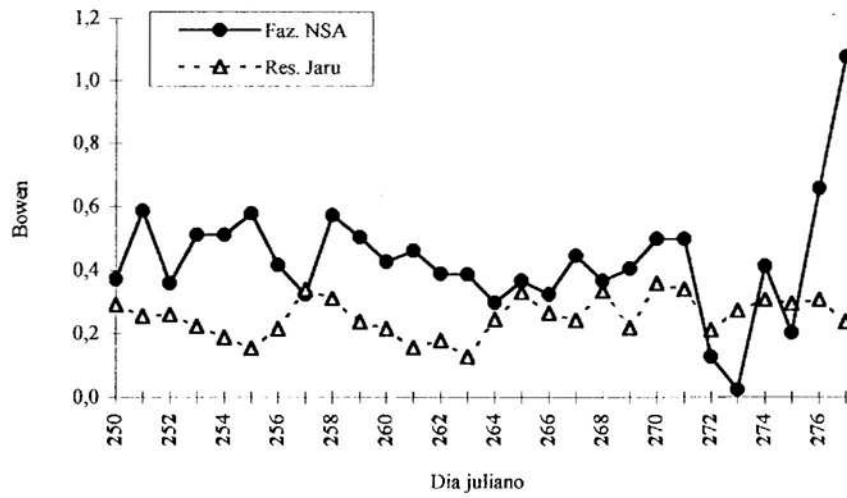


Figura 61 – Variação média diurna (das 8 às 17 h) de β , de 7/09 a 4/10/92.

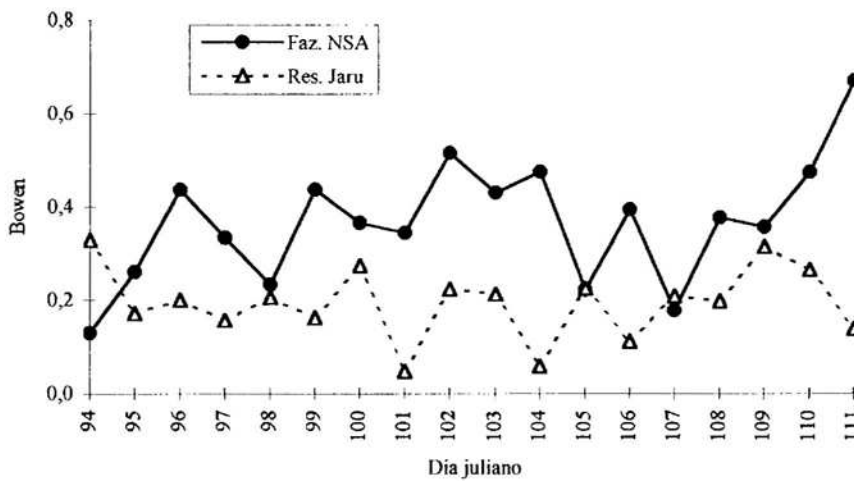


Figura 62 – Variação média diurna (das 9 às 17 h) de β , de 4 a 21/04/93.

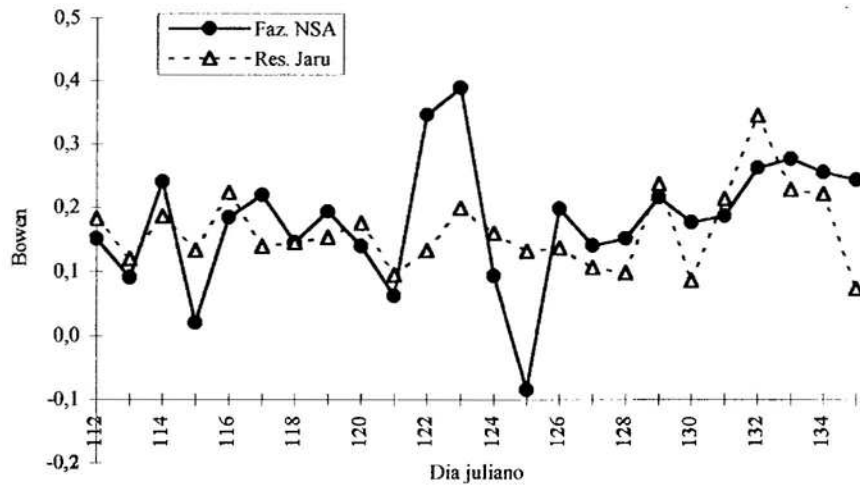


Figura 63 – Variação média diurna (das 9 às 17 h) de β , de 22/04 a 15/05/93.

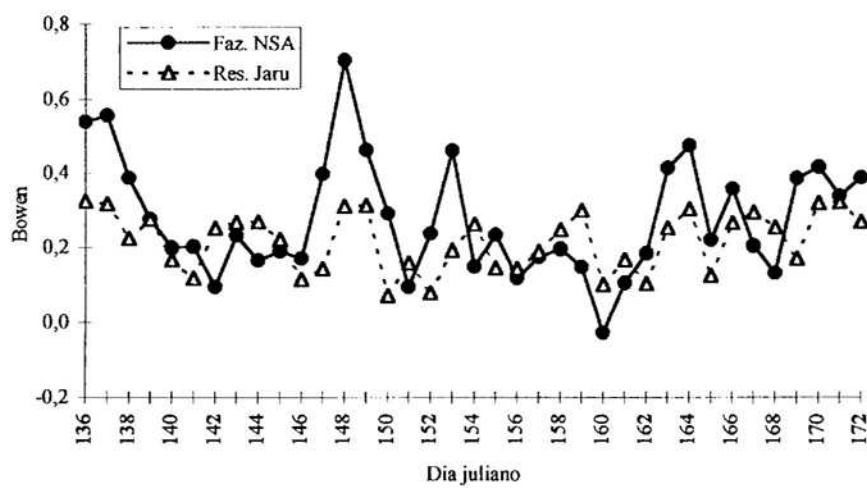


Figura 64 – Variação média diurna (das 9 às 17 h) de β , de 16/05 a 21/06/93.

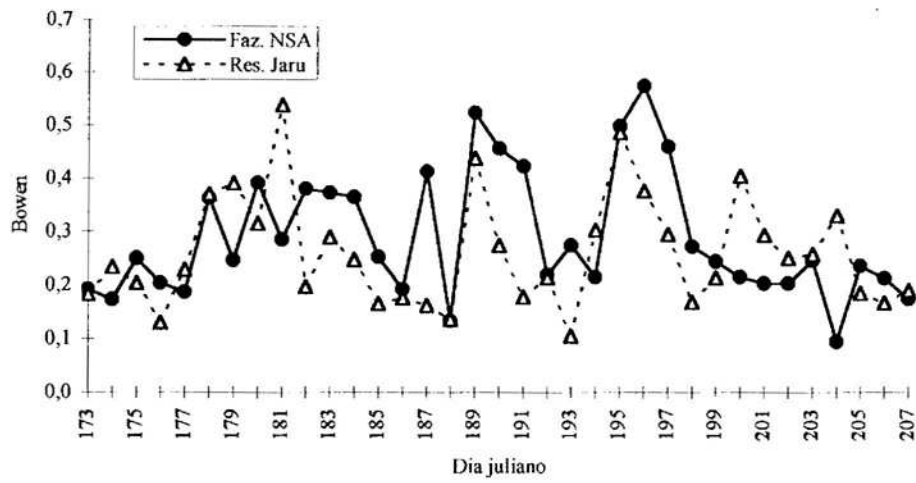


Figura 65 – Variação média diurna (das 9 às 17 h) de β , de 22/06 a 26/07/93.

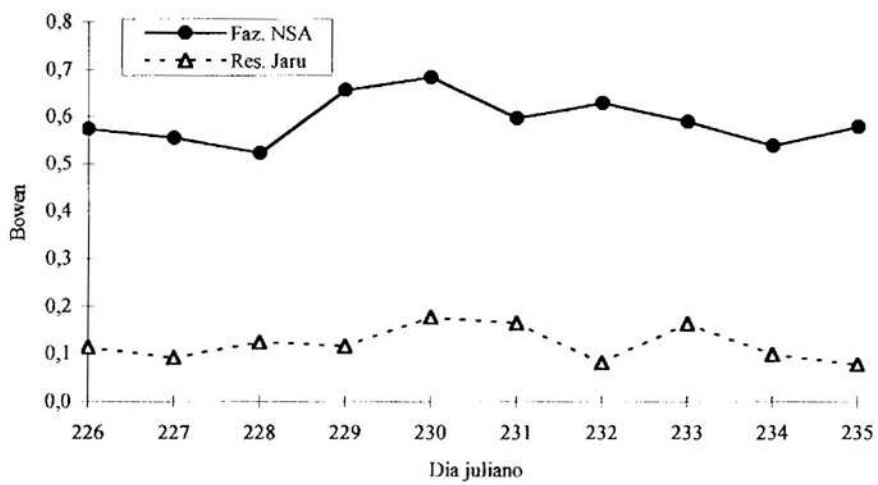


Figura 66 – Variação média diurna (das 8 às 17 h) de β , de 14 a 23/08/94.

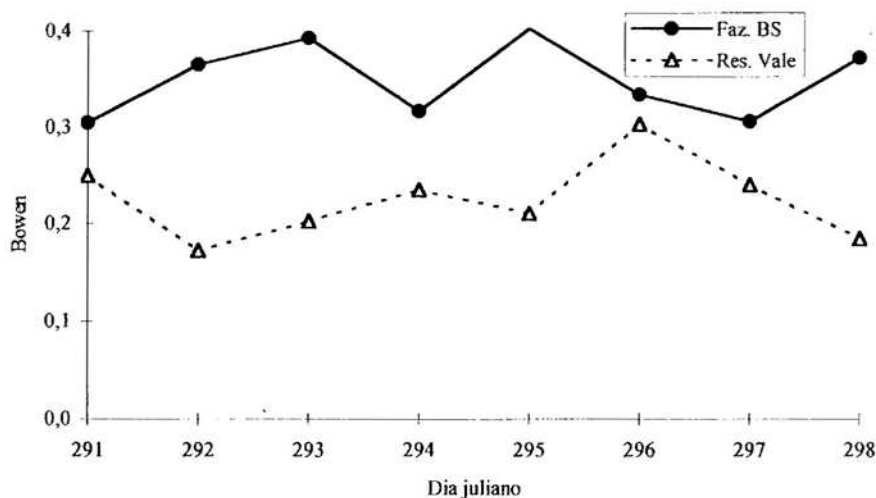


Figura 67 – Variação média diurna (das 8 às 17 h) de β , de 08 a 24/10/93.

Quadro 4 – Resumo da variação de β , durante o período diurno, nos experimentos de 1992, 1993 e 1994

Experimento	Período (dia juliano)	Pastagem	Floresta
		média \pm desv.	média \pm desv.
NSA-JARU 1992	222 a 249	0,59 \pm 0,19	0,21 \pm 0,06
“ “ “	250 a 277	0,43 \pm 0,19	0,25 \pm 0,06
NSA-JARU 1993	94 a 111	0,37 \pm 0,13	0,19 \pm 0,08
“ “ “	112 a 135	0,18 \pm 0,10	0,16 \pm 0,06
“ “ “	136 a 207	0,28 \pm 0,14	0,24 \pm 0,09
NSA-JARU 1994	226 a 235	0,59 \pm 0,05	0,12 \pm 0,04
BS-VALE 1993	291 a 298	0,35 \pm 0,04	0,23 \pm 0,04

valores diurnos de β na pastagem é evidenciado em todas as campanhas. Considerando todos os dados apresentados no Quadro 4, a variação de β na pastagem foi de 0,18 a 0,59, com um valor médio de 0,40, ao passo que na floresta β variou de 0,12 a 0,25, com uma média diurna de 0,20. Tais resultados

de β na floresta em Ji-Paraná e Marabá são compatíveis com a variação diurna (7 a 16 h) de 0,05 a 0,85, obtida por SÁ et al. (1998) na Reserva Ducke, em Manaus; e também com a variação diurna de β para floresta e pastagem, obtida em Ji-Paraná por RESCHKE (1997). Valores de β publicados na literatura, principalmente para florestas no Hemisfério Norte, situam-se entre 0,1 e 4.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

As análises das variações diurnas e noturnas dos componentes do balanço de energia e das variações da razão de Bowen nos sítios experimentais da Reserva Florestal Jaru e da Fazenda N. S. Aparecida, em Ji-Paraná, RO, e na Reserva Vale do Rio Doce e na Fazenda Boa Sorte, em Marabá, PA, durante as campanhas intensivas do projeto ABRACOS, nos anos de 1992, 1993 e 1994, permitiram as seguintes conclusões:

– As comparações simultâneas dos componentes do balanço de energia entre floresta e pastagem apresentaram diferenças estatisticamente significantes em todas as campanhas.

– A maior contribuição do fluxo de calor latente no balanço de energia, em relação aos outros componentes, durante o período diurno, foi caracterizada pela relação LE/R_n , que apresentou valor médio de 0,68 para floresta e de 0,62 para pastagem.

– As regressões lineares entre as médias horárias do fluxo de calor latente e saldo de radiação, durante o período diurno, apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,85 e coeficiente angular variando de 0,54 na pastagem a 0,67 na floresta.

– A razão de Bowen, durante o período diurno, variou de 0,18 a 0,59, na pastagem, com um valor médio de 0,40; na floresta, β variou de 0,12 a 0,25, com um valor médio de 0,20.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R. S., SPITTLEHOUSE, D. L., WINKLER, R. D. The snow melt energy balance of a clearcut, forest and juvenile stand. In: CONFERENCE IN AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY, 23, 1998, Albuquerque, New Mexico. **23 rd. Conference...** Boston, Massachusetts: AMS, 1998. p.54-57.
- BALDOCHI, D. D., VERMA, S. B., ROSEMBERG, N. J. Mass and energy exchanges of a soybean under various environmental regimes. **Agron. J.**, v.73, n.1, p.706 – 710, 1981.
- BERINGER, J., TAPPER, N. the energy balance of a tropical forested site on the Tiwi islands, Northern Territory, Australia. In: CONFERENCE IN AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY, 23, 1998, Albuquerque, New Mexico. **23 rd. Conference...** Boston, Massachusetts: AMS, 1998. p.34-37.
- BROWN, K. W., ROSEMBERG, N. J. Energy and CO₂ balance of an irrigated sugar beet field in the great plains. **Agron. J.**, v.63, n.1, p.207-312, 1971.
- CULF, A. D., ESTEVES, J. L., MARQUES FILHO, A. O., ROCHA, H. R. Radiation, temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. In: GASH, J. H. C., NOBRE, C. A., ROBERTS, J. M., VICTORIA, R. L. (Eds.). **Amazonian deforestation and climate**. Institute of Hydrology, 1996. p.175-190.
- DORE, M. H. I., NOGUEIRA, J. M. The Amazon rainforest, sustainable development and the biodiversity convention: A political Economy perspective. **Ambio**, v.23, n.8, p.491-496, 1994.

- GUO, Y., SCHUEPP, P.H. On surface energy balance over the Northern Wetlands. 2. The variability of the bowen ratio. **Journal of Geophysical Research - Atmosferes**. 99D1, p.1613-21, 1994.
- HATFIELD, J. L., PRUEGER, J. H. Comparison of Bowen ratio and eddy correlation measurements ober corn and soybean canopies. In: CONFERENCE IN AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY, 23, 1998, Albuquerque, New Mexico. **23 rd. Conference...** Boston, Massachusetts: AMS, 1998. p.123-124.
- HODNETT, M. G. OYAMA, M. D., TOMASELLA, J. MARQUES FILHO, A. DE O. Comparisons of long-term soil water storage behavior under pastrue and forest in three areas of Amazonia. In: GASH, J. H. C., NOBRE, C. A., ROBERTS, J. M., VICTORIA, R. L. (Eds.). **Amazonian deforestation and climate**. Institute of Hidrology, 1996. p.57-75.
- KANEMASU, E.T., WESELY, M.L., HICKS, B.B., HEILMAN, J.L. Techniques for calculating energy and mass fluxes. In: BARFIELD, B.J., GERBER, J.F. (Eds.). **Modification of the aerial environment of crops**. St. Joseph: Am. Soc. Agric. Eng., 1979. p.156-182.
- McWILLIAM, A.-L.C., CABRAL, O.M.R., GOMES, B.M., ESTEVES, J.L., ROBERTS, J.M. Forest and pasture leaf-gas exchange in southe-wet Amazonia. In: GASH, J.H.C., NOBRE, C.A., ROBERTS, J.M., VICTORIA, R.L. (Eds.). **Amazonian deforestation and climate**. Institute of Hidrology, 1996. p.265-283.
- McNEIL, D.D., SHUTTLEWOTH, W.J. Compartive measuements of the enegy fluxes over a pine forest. **Boundary Layer Meteorology**, v.9, n.1, p.297-313, 1975.
- MOLION, L.C.B. Micrometeorology of an Amazonian rain forest. In: DICKINSON, R.E. (Ed.). **The geophysiology of Amazonia - vegetation and climate interactions**. New York: John Wiley & Sons, 1987. p.255-270.
- MONTEITH, J. L., SZEICS, G. The CO₂ flux over a field of sugar beets. **Q. J. Roy. Met. Soc.**, v.86, n.1, p.205-214, 1996.
- MORRIS, E. M. Tubulent transfor over snow and ice. **J. Hydrology**, v.105, n.1, p.205-213, 1989.
- NEPSTAD, D.C., CARVALHO, C.R., DAVIDSON, E.A., JIPP, P.H., LEFEBVRE, P.A., NEGREIROS, G.M., SILVA, E.D., STONE, T.A., TRUMBORE, S.E., VIEIRA, S. The role of deep roots in há hydrological and carbon cycles of Amazonia forests and partures. **Nature**, v.397, n.1, p.666-669, 1994.

- NOBRE, C.A. Amazonia and climate. In: PROCEEDINGS OF THE WORLD METEOROLOGY ORGANIZATION TECHNICAL CONFERENCE ON CLIMATE FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN, 1983, ... **Proceedings ...** Colômbia: WMO, 1983. p. 409-416.
- REIFSNYDER, W.E. Comments on "micrometeorology of an amazonian rain forest". In: DICKINSON, R.E. (Ed.). **The geophisiology of Amazonia - vegetation and climate interactions**. New York: John Wiley & Sons, 1987. p.270-272.
- RESCHKE, G. DE A. **Influência do desmatamento no balanço de radiação e nos fluxos de calor sensível e calor latente em Ji-Paraná, Rondônia**. Viçosa: UFV, 1997. 51p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- RIBEIRO, J.B.M. **Análise comparativa das características microclimáticas entre áreas de floresta e de pastagem na amazônia**. Viçosa: UFV, 1994. 64p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- RODDA, J.C. Comments on "The forest and the hydrological cycle". In: DICKINSON, R.E. (Ed.) **The geophisiology of Amazonia - vegetation and climate interactions**. New York: John Wiley & Sons, 1987. p 270 - 272
- SÁ, T. D.A., VISWANADHAM, Y.A.O. MANZI, Energy flux partitioned over the Amazon forest. **Theor. Appl. Climatol.**, v.39, n.1, p.1-16, 1988.
- SÁ, T.D.A., COSTA, J.P.R., ROBERTS, J.M. Forest end pasture conductances in southern Pará, Amazonia. In: GASH, J. H. C., NOBRE, C. A., ROBERTS, J. M., VICTORIA, R. L. (Eds.). **Amazonian deforestation and climate**. Institute of Hidrology, 1996. p.241-260.
- SALATI, E. The forest and the hydrological cycle. In: DICKINSON, R.E. (Ed.) **The geophisiology of Amazonia - vegetation and climate interactions**. New York: John Wiley & Sons, 1987. p 273 - 296.
- SALATI, E. **Base científica para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas**. Manaus: INPA, 1991. v.1, 440p.
- SKOLE, D., TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v.260, n.1, p.1905-1910, 1993.

SWINBANK, W. C. The measurement of vertical transfer of heat and water vapor by eddies in the lower atmosphere. **J. of Meteor.**, v.8, n.1, p.135-145, 1951.

UNESCO/UNEP/FAO. **Tropical forest ecosystems**. Natural resources research collection. Rome: 1978. v. 14.

VERMA, S. B., ROSEMBERG, N.J. Accuracy of lysimetric, energy balance and stability corrected aerodynamic methods of estimating above - canopy flux of CO₂. **Agron J.**, v.67, n.1, p.699-704, 1975.

VERMA, S. B. Micrometeorological methods for measuring surface fluxes of mass and energy. **Remote Sensing Reviews.**, v.5, n.1, p.99- 15, 1990.