

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Distribuição de precipitação

As estações do ano na região amazônica não são bem definidas devido à pequena variabilidade anual de alguns elementos meteorológicos, tais como temperatura do ar, radiação solar global e umidade relativa do ar. O que fica caracterizado neste sentido são dois períodos distintos baseados no regime pluviométrico da região que apresenta uma distribuição regular, chamados de inverno e verão amazônicos, que correspondem ao período chuvoso e menos chuvoso respectivamente. Para efeito de análise da distribuição de precipitação em Bragança, foi utilizada a série climatológica do INMET da localidade de Tracuateua que corresponde a um período de 23 anos (1976-1998), para comparação com os dados de precipitação coletados no período de novembro de 2002 a agosto de 2003 na estação meteorológica automática do manguezal.

De acordo com a Figura 8, é possível verificar na climatologia, que a região bragantina tem seu período mais chuvoso compreendido entre os meses de janeiro a maio enquanto o período menos chuvoso está compreendido entre os meses de junho a dezembro. A precipitação total acumulada medida no manguezal no período de estudo foi de 2.839 mm enquanto a média climatológica da região corresponde a 2.645 mm. Durante o período experimental choveu mais do que a média climatológica na estação chuvosa, enquanto na estação menos chuvosa a precipitação ficou abaixo da média histórica. A estação chuvosa é caracterizada com totais acumulados de precipitação 26% acima da média e o período menos chuvoso representando apenas 44,9% da média, essa redução na estação menos chuvosa representa uma relação direta com a quantidade de nebulosidade e maior disponibilidade de radiação solar no manguezal.

Para as sucessivas análises referentes aos componentes do balanço de radiação e energia e suas relações de dependência com variáveis meteorológicas, bem como as análises de variações sazonais da radiação PAR, Razão de Bowen e condutância estomática, serão destacados, neste estudo, os meses de março e agosto como representativos das estações chuvosa e menos chuvosa respectivamente.

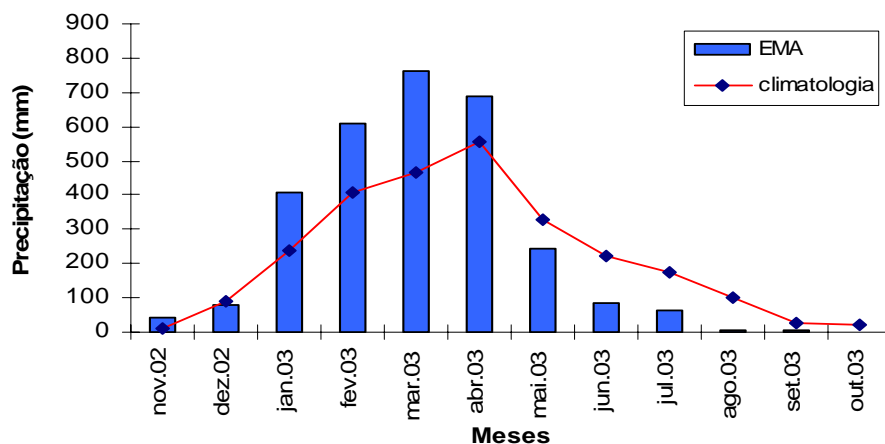


Figura 8 – Distribuição da precipitação medida no sítio experimental e série climatológica da estação de Tracuateua.

4.2. Radiação solar global (Rg)

A região nordeste do Estado do Pará possui valores elevados de radiação solar global, além de uma boa regularidade na sua distribuição em função de sua localização geográfica na faixa equatorial. Na Figura 9 encontram-se os valores médios e máximos mensais da radiação solar global em associação com a distribuição de precipitação para o período de novembro de 2002 a agosto de 2003, medidos na área de manguezal. Nesta figura estão apresentados os valores médios horários de Rg no intervalo entre 7 e 18 h (período diurno) para cada mês.

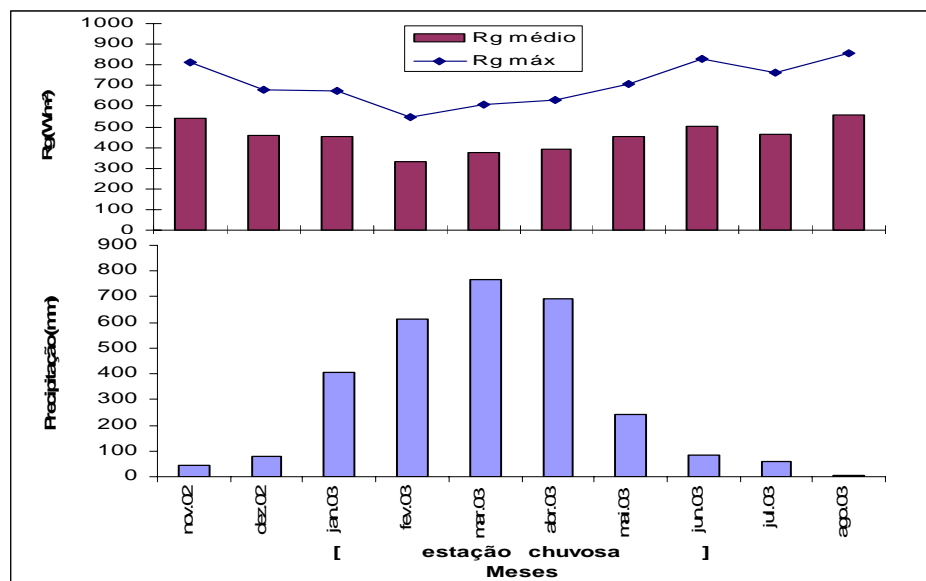


Figura 9 – Variação sazonal da radiação solar global média e máxima em associação com a distribuição de precipitação para o mesmo período.

De acordo com a Figura 9, é possível observar que a radiação solar global apresenta sazonalidade bem definida, com diminuição no período chuvoso e tendência de crescimento nos meses menos chuvosos, com valores médios mensais variando entre $377,14 \text{ W.m}^{-2}$ no período chuvoso e $560,39 \text{ W.m}^{-2}$ no período menos chuvoso. Os máximos de radiação global também apresentam boa correlação com a distribuição de precipitação no manguezal, em que o menor valor de radiação global é observado no período chuvoso no mês de fevereiro com $548,78 \text{ W.m}^{-2}$ de densidade de fluxo de radiação, enquanto o valor máximo ($857,33 \text{ W.m}^{-2}$) foi observado no mês de agosto, em que se registra o menor índice pluviométrico do período.

O comportamento da radiação solar global durante as estações chuvosa e menos chuvosa, está representado nas Figuras 10(a) e 10(b) onde se pode observar a marcha diária da radiação solar global para os meses de março e agosto de 2003, respectivamente.

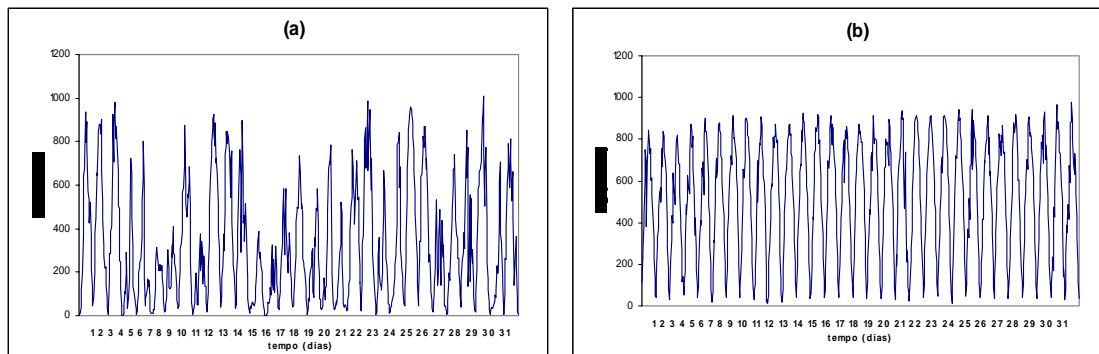


Figura 10 – Marcha diária da radiação solar global entre (07:00 e 18:00 h) correspondente ao período chuvoso (a) e menos chuvoso (b).

Observa-se que para o período chuvoso a distribuição de R_g é representada de forma irregular, devido a grande quantidade de nebulosidade e chuvas que ocorrem neste período. Na ausência de chuvas, o período chuvoso pode apresentar valores de R_g iguais ou até superiores àqueles encontrados no período menos chuvoso, como ocorreu no dia 29 de março onde não há registro de precipitação e a radiação solar global alcançou um valor máximo de $1011,67 \text{ W.m}^{-2}$ às 14 h. Porém analisando todo o período, observa-se que há bastante oscilação entre os picos máximos, havendo dias com menos de 200 W.m^{-2} , conforme a Figura 10(a). Durante o período menos chuvoso, o maior valor de radiação solar global registrado foi de $974,67 \text{ W.m}^{-2}$ às 13 h do dia 31 de agosto. Porém neste período a radiação solar global apresenta uma uniformidade de distribuição, atingindo valores máximos sempre superiores a 800 W.m^{-2} em todos os dias, conforme a Figura 10(b).

4.3. Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA)

A atenuação da radiação fotossinteticamente ativa ao penetrar no dossel pode ser verificada nas Figuras 11(a) e 11(b) que correspondem ao período chuvoso e menos chuvoso respectivamente. Os picos de fluxo de RFA ocorrem entre 12 e 14 h, sendo que os maiores fluxos médios horários mensais são verificados na estação menos chuvosa, atingindo valores da ordem de $1.935,60 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; enquanto na estação chuvosa o valor máximo atingido é de $1.340,27 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Os registros mostram que para a estação chuvosa (Figura 11a) há uma flutuação nos valores da RFA no topo do dossel, resultante do alto índice de nebulosidade característico desta estação. A atenuação da RFA ao penetrar do topo até o meio do dossel (16 metros do solo), apresenta uma redução de 57% e próximo à superfície (1 metro do solo) esta redução aumenta para 82%. Ou seja, da radiação fotossinteticamente ativa que chega ao topo do dossel, 43% chegam ao meio do dossel e apenas 18% atingem a superfície.

Para a estação menos chuvosa (Figura 11b) a RFA que atinge o meio do dossel corresponde a 54% da radiação fotossinteticamente ativa que chega ao topo, e 30% atingem a superfície do manguezal, ou seja, uma redução de 46% e 70% respectivamente. Essas reduções na atenuação da RFA ao penetrar o interior do dossel no período menos chuvoso são inferiores em relação ao período chuvoso uma vez que na estação menos chuvosa o efeito da nebulosidade é menor, as folhas movimentam-se continuamente em função das maiores velocidades do vento permitindo a formação de caminhos de entrada da RFA no interior do dossel e o desenvolvimento e adensamento de cobertura vegetal é outro fator limitante, uma vez que a atenuação da radiação PAR aumenta progressivamente com o incremento da área foliar, e na estação menos chuvosa a característica de produção foliar é de redução com o aumento da salinidade intersticial provocado pela redução de chuvas.

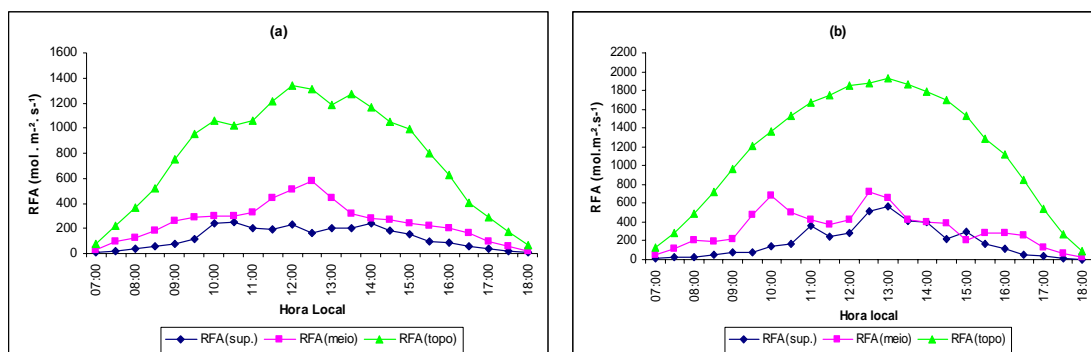


Figura 11 – Variação média horária da radiação fotossinteticamente ativa, correspondente ao período chuvoso (a) e menos chuvoso (b).

4.4. Simulação da radiação solar global incidente (R_g) em base diária

Estimativas da variação diária da radiação solar global, principal componente do balanço de radiação de ondas curtas, associada à precipitação medida no manguezal estão apresentadas na Figura 12 e correspondem ao período de novembro de 2002 a agosto de 2003.

Como esperado, se observa que as flutuações no comportamento diário da radiação solar global incidente estão diretamente relacionadas às ocorrências de precipitação. E o modelo de Hargreaves-Samani, utilizado na estimativa da radiação solar global mostrou-se bastante sensível à ocorrência dessa variável, uma vez que estima de forma inversa o valor medido de R_g quando ocorre precipitação. Sendo, portanto considerada prática a utilização desse modelo apenas para dias de céu claro quando simula com boa precisão. Em contrapartida, o modelo proposto por Bristow-Campbell utiliza coeficientes que levam em consideração características específicas da região como as variações na transmitância atmosférica total de acordo a altitude, latitude, turbidez atmosférica e cobertura de nuvens, que por sua vez influenciam os extremos de temperatura, o que resultou em uma simulação da radiação global mais próxima do valor observado, apesar de apresentar ligeira superestimativa de R_g na maioria dos meses avaliados, porém acompanhando de forma satisfatória a tendência de variação de R_g com o tempo, mesmo nos dias de ocorrência de chuva. Essa observação visualizada na forma gráfica é confirmada pelos testes do desvio médio do erro (MBE) e raiz do erro quadrado médio (RMSE) apresentados na Tabela 2, em que as estimativas utilizando o modelo proposto por Bristow-Campbell apresentam valores de MBE positivos, porém baixos, que significam ligeira superestimativa, além de apresentarem os menores valores de RMSE que indicam o modelo de melhor desempenho. O modelo proposto por Hargreaves-Samani apresenta valores de RMSE superiores aos de Bristow-Campbell, indicando menor desempenho, exceto os meses de agosto e novembro (típicos da estação menos chuvosa), o que sugere que para dias sem precipitação, o modelo de Hargreaves-Samani reproduz com mais precisão os valores da radiação solar global incidente observada no manguezal (Tabela 2).

O teste “t” apresentado na Tabela 3 confere significância estatística ao nível de 99% a 8 dos 10 meses simulados com o modelo de Bristow-Campbell e as simulações com o modelo proposto por Hargreaves-Samani não apresentaram significância estatística ao nível de 95%, exceto nos meses com baixa ou nenhuma precipitação.

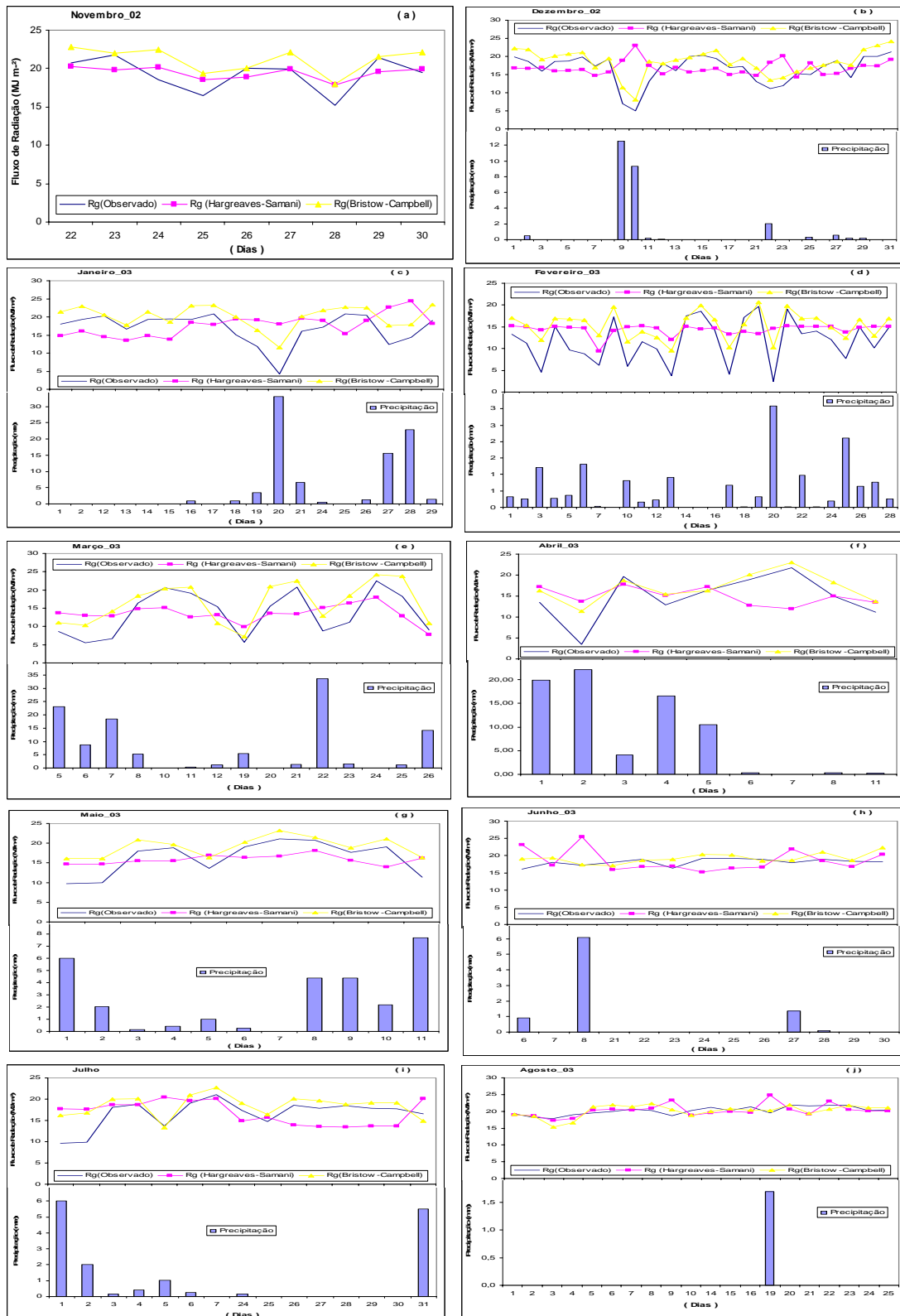


Figura 12 – Estimativas da variação diária da radiação solar global, utilizando modelos empíricos de Hargreaves-Samani e Bristow-Campbell, associada à precipitação medida entre os meses de novembro de 2002 a agosto de 2003.

Tabela 2 – Valores do desvio médio do erro (MBE) e raiz do erro quadrado médio (RMSE) para variação diária da radiação solar global (R_g), simulada pelos métodos de Hargreaves-Samani e Bristow-Campbell

Meses	Hargreaves-Samani		Bristow-Campbell	
	M BE	RMSE	M BE	RMSE
nov/02	1,17	1,60	1,87	2,30
dez/02	0,24	5,20	1,97	2,47
jan/03	0,77	5,99	3,26	3,77
fev/03	0,63	4,94	3,40	4,18
mar/03	-0,09	5,12	2,63	3,77
abr/03	0,17	5,44	2,25	3,27
mai/03	-0,43	3,86	2,89	3,66
jun/03	0,42	3,72	1,09	1,79
jul/03	0,18	4,43	1,86	2,82
ago/03	-1,12	1,70	1,04	1,79

Tabela 3 – Valores de t-calculado e t-crítico ao nível de significância de 95% e 99% de probabilidade para variação diária da radiação solar global (R_g) simulada pelos métodos de Hargreaves-Samani e Bristow-Campbell

Meses	Hargreaves-Samani			Bristow-Campbell		
	t (calc.)	t (95%)	t (99%)	t (calc.)	t (95%)	t (99%)
nov/02	3,03	2,31	3,36	3,96	2,31	3,36
dez/02	0,24	2,05	2,76	6,99	2,05	2,76
jan/03	0,53	2,11	2,90	7,14	2,11	2,90
fev/03	0,66	2,06	2,78	7,12	2,06	2,78
mar/03	0,06	2,14	2,98	3,64	2,14	2,98
abr/03	0,09	2,31	3,36	2,68	2,31	3,36
mai/03	0,36	2,23	3,17	4,10	2,23	3,17
jun/03	0,40	2,18	3,05	2,66	2,18	3,05
jul/03	0,15	2,14	2,98	3,29	2,14	2,98
ago/03	3,82	2,09	2,86	3,11	2,09	2,86

4.5. Simulação do balanço de radiação de onda longa (BOL) em base diária

As estimativas médias diárias do balanço de radiação de onda longa (BOL) podem ser visualizadas nas Figuras 13a a 13j. As flutuações diurnas do balanço de onda longa acompanham sistematicamente as variações nos valores medidos da radiação solar global, que por sua vez são influenciadas pelos sistemas produtores de chuva da região que causam variações na quantidade de radiação absorvida pela superfície. O período menos chuvoso é caracterizado por uma distribuição mais regular da quantidade de radiação absorvida e conseqüentemente menos flutuações na variabilidade do balanço de onda longa com o tempo e vice-versa.

Dentre os métodos utilizados na estimativa do balanço de radiação de onda longa, o método baseado em Brunt é o que apresenta as maiores diferenças entre valores observados e simulados, possivelmente relacionado à imprecisão na determinação do fator de correção para efeito de nebulosidade. O método em questão subestima os valores do balanço de radiação de onda longa, como pode ser visualizado nos gráficos e também verificado na Tabela 4 em que os valores do desvio médio do erro (MBE) são predominantemente negativo, o que indica subestimativa na simulação do balanço de radiação de onda longa.

Os modelos de Brutsaert e Bruin são os que simulam com razoável precisão a variabilidade diária do balanço de radiação de onda longa, e na maioria dos casos o modelo de Bruin é o que apresenta melhor desempenho na simulação do BOL, como pode ser verificado na Tabela 4 pelos menores valores de RMSE para este método. De uma forma geral os modelos citados apresentam, na maioria dos meses da estação chuvosa, ligeira subestimativa dos valores do balanço de radiação de onda longa e acompanham a tendência da variabilidade diária do comportamento do BOL. Todavia, nos meses típicos da estação menos chuvosa (agosto e novembro) esses modelos simulam com ligeira superestimativa (Tabela 4). O teste “t” utilizado para avaliar a significância estatística dos modelos, mostrou que os modelos de Brutsaert e Bruin apresentam significância estatística variando entre 95% e 99%. As simulações geradas pelo método baseado em Brunt, não apresentaram significância estatística ao nível de 95% (Tabela 5).

Em resumo, o método baseado em Bruin seria o mais indicado, seguido do método baseado em Brutsaert, para estimativa do balanço de radiação de onda longa em base diária em ecossistema de manguezal.

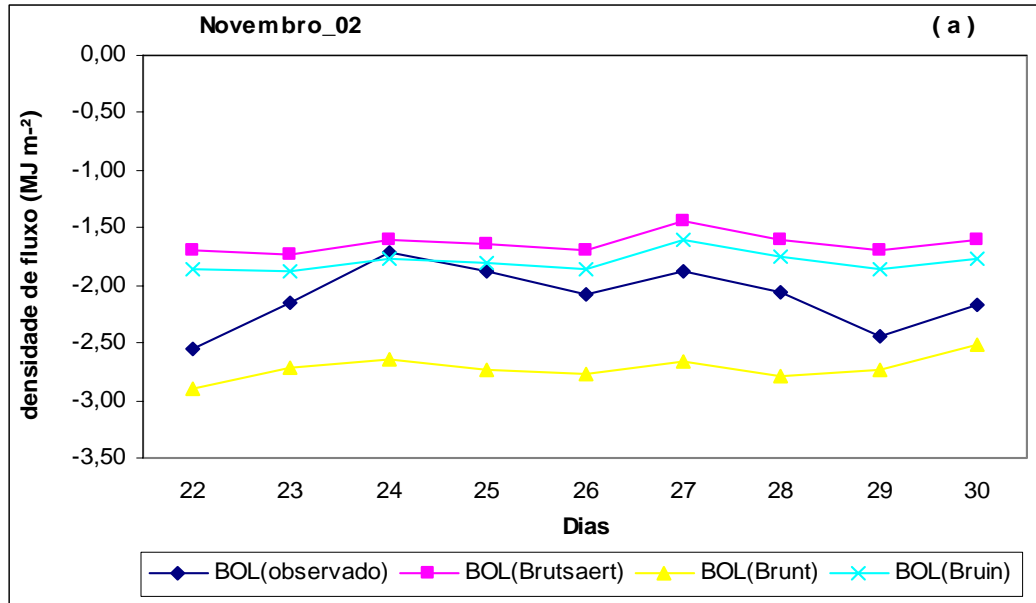


Figura 13(a) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de novembro de 2002.

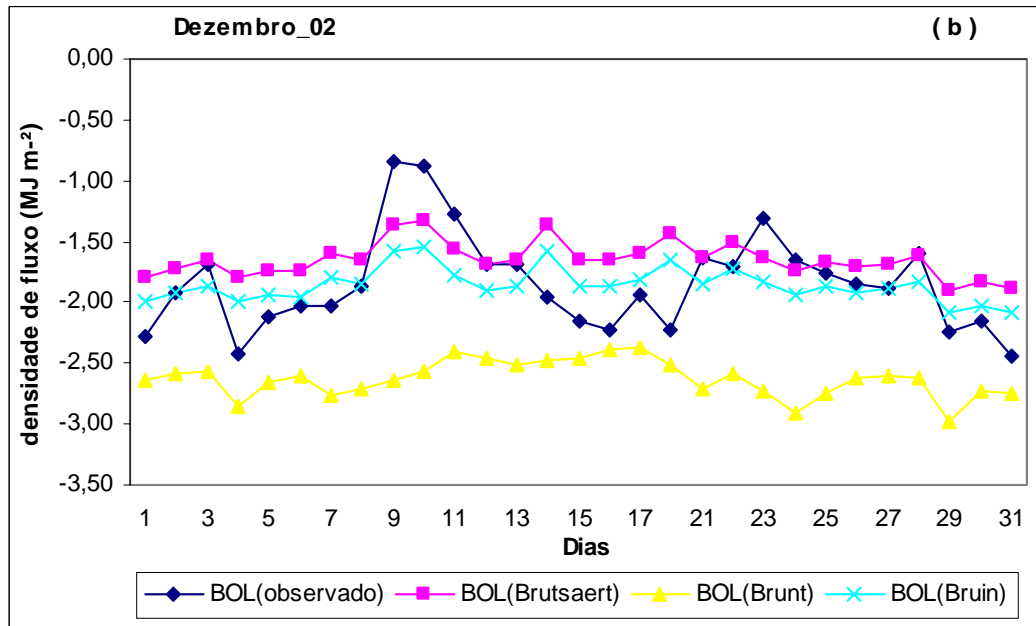


Figura 13(b) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de dezembro de 2002.

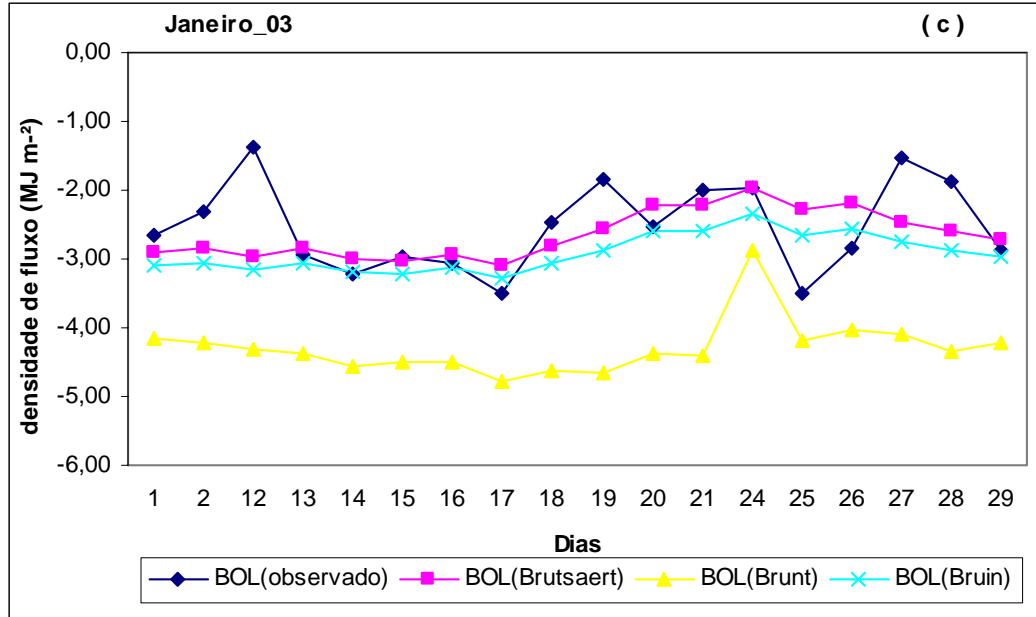


Figura 13(c) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de janeiro de 2003.

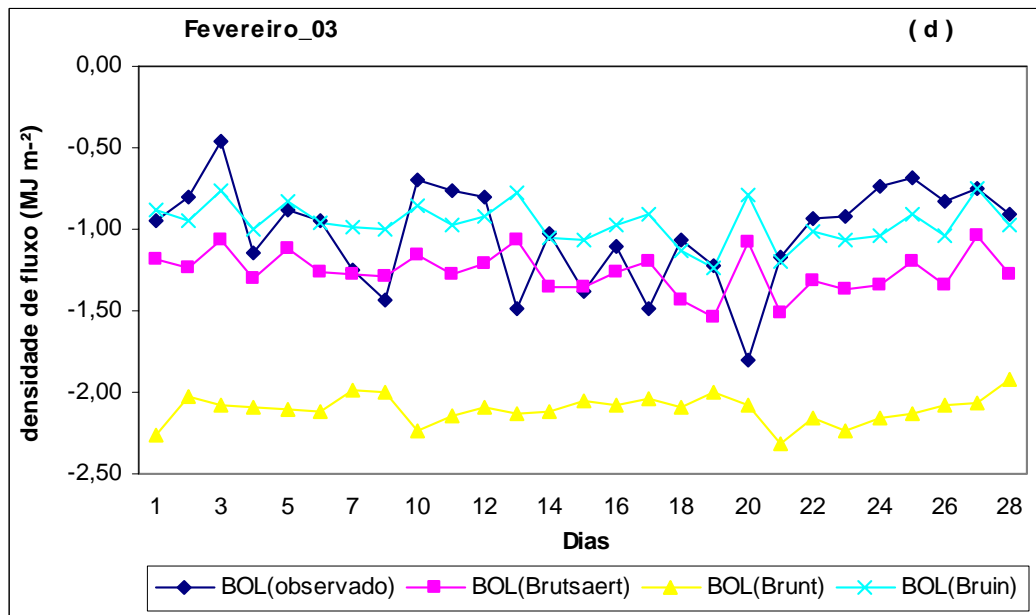


Figura 13(d) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de fevereiro de 2003.

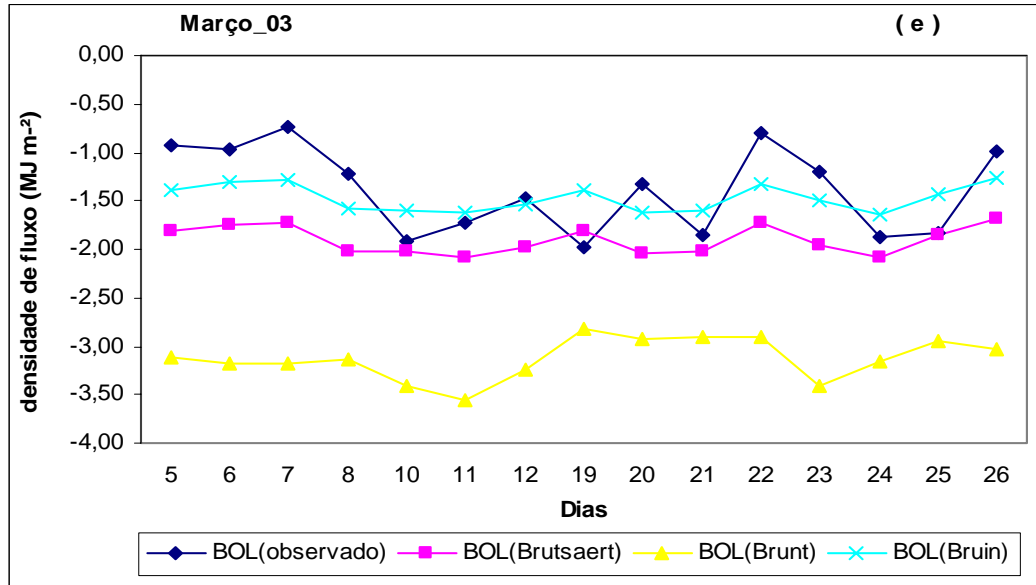


Figura 13(e) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de março de 2003.

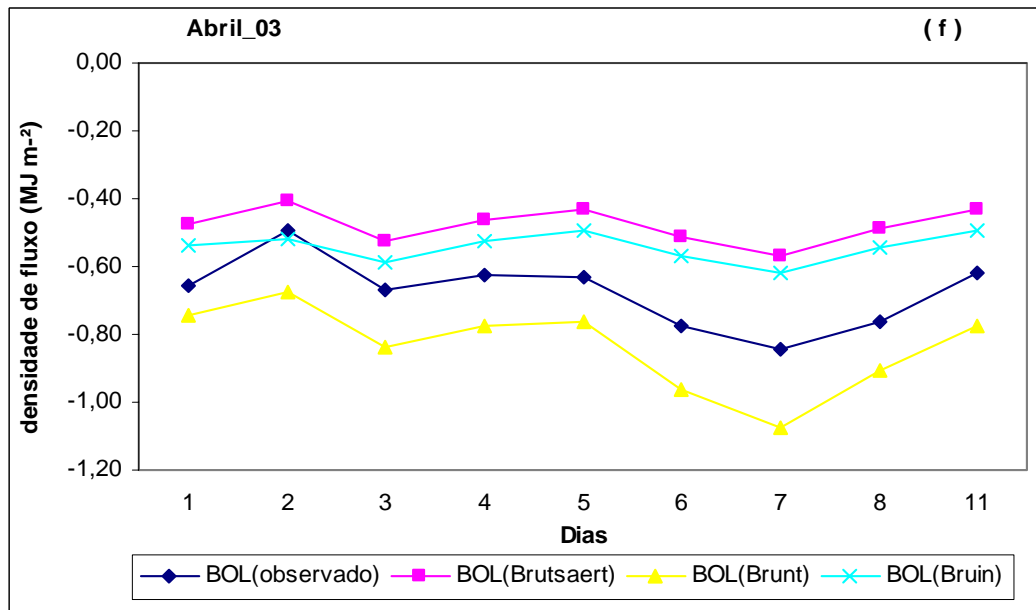


Figura 13(f) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de abril de 2003.

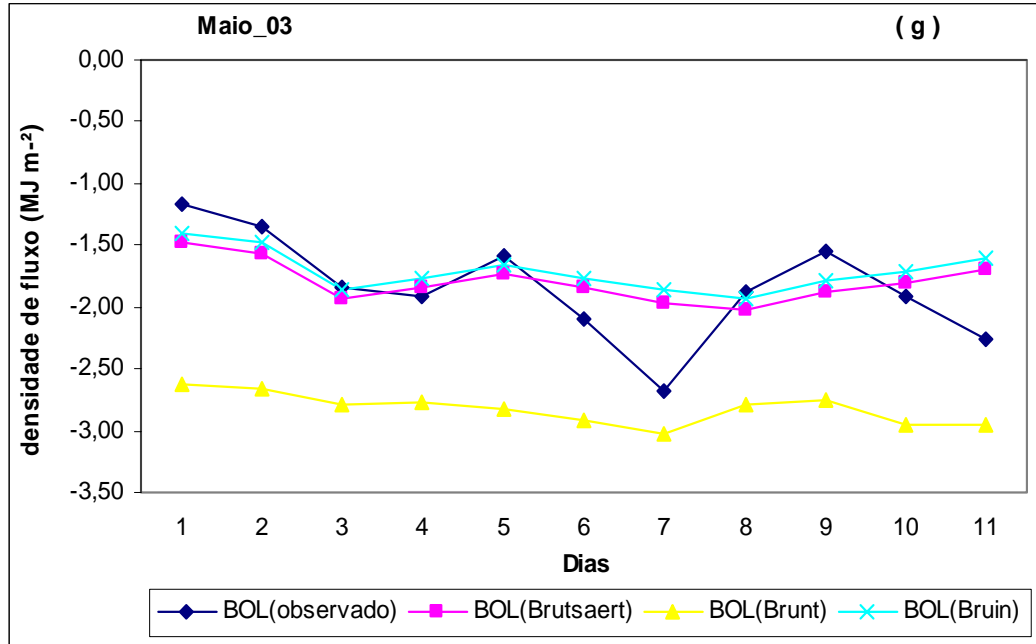


Figura 13(g) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de maio de 2003.

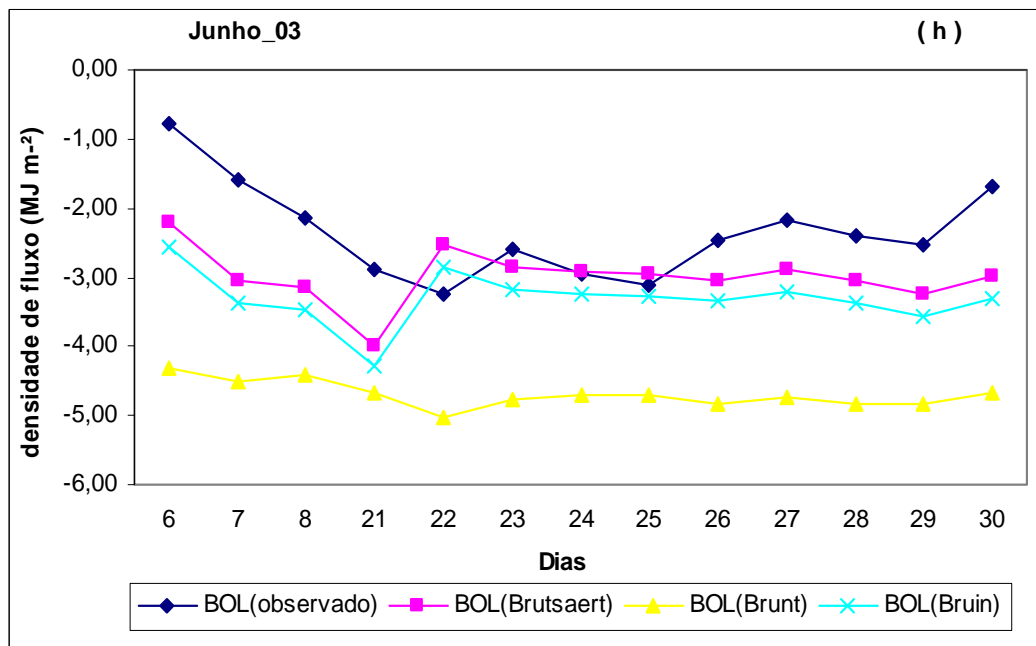


Figura 13(h) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de junho de 2003.

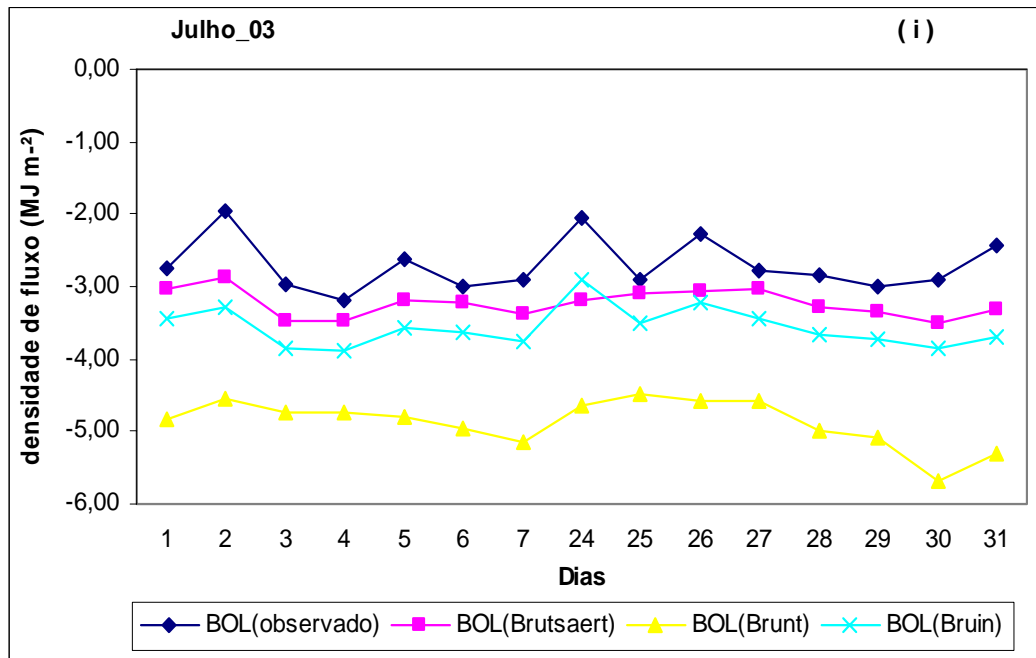


Figura 13(i) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de julho de 2003.

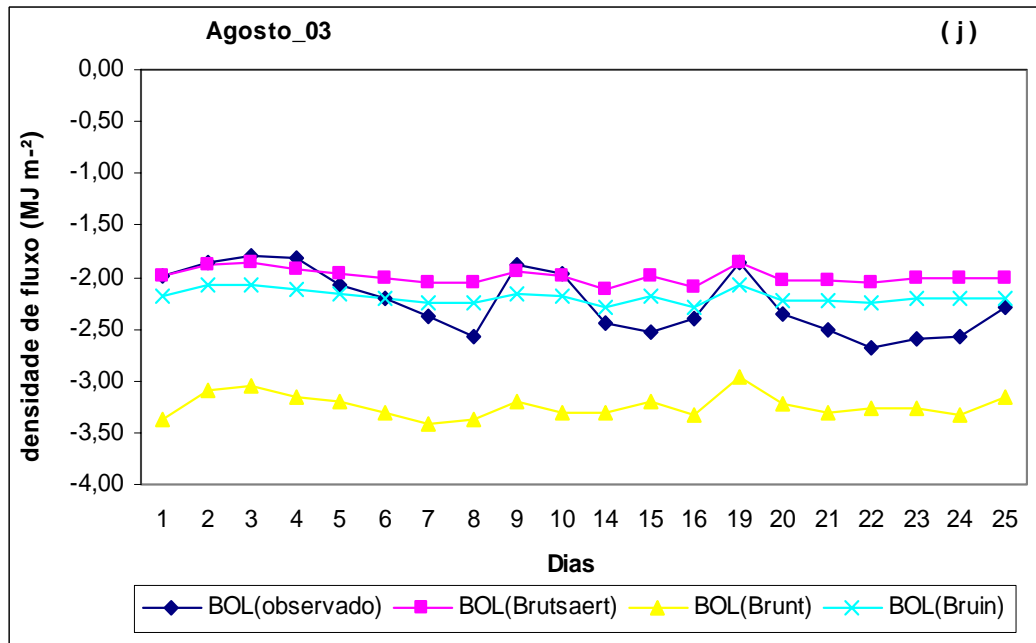


Figura 13(j) – Estimativas da variação média diária do balanço de radiação de onda longa, utilizando modelos empíricos baseados em Brutsaert, Brunt e Bruin para o mês de agosto de 2003.

Tabela 4 – Valores do desvio médio do erro (MBE) e raiz do erro quadrado médio (RMSE) para variação diária do balanço de radiação de onda longa simulado pelos métodos de Brutsaert, Brunt e Bruin

Meses	BRUTSAERT		BRUNT		BRUIN	
	M BE	RMSE	M BE	RMSE	M BE	RMSE
nov/02	10,83	11,94	-14,18	27,12	7,09	8,73
dez/02	4,03	7,77	-12,06	34,26	-3,22	6,65
jan/03	-1,59	2,79	-13,30	32,75	-5,12	9,44
fev/03	-6,01	9,92	-12,30	34,54	1,52	2,99
mar/03	-9,28	11,30	-11,39	26,52	-1,54	2,13
abr/03	5,62	8,35	-14,53	32,14	4,54	6,53
mai/03	-8,68	16,08	-17,69	37,96	1,45	2,83
jun/03	-7,99	11,15	-19,10	38,86	-11,98	14,31
jul/03	-9,55	14,34	-17,10	36,65	-13,12	16,63
ago/03	4,70	6,64	-17,04	42,62	4,22	5,86

Tabela 5 – Valores de t-calculado e t-crítico ao nível de significância de 95% e 99% de probabilidade para variação diária do balanço de radiação de onda longa simulado pelos métodos de Brutsaert, Brunt e Bruin

Meses	BRUTSAERT			BRUNT			BRUIN		
	t (calc.)	t (5%)	t (1%)	t (calc.)	t (5%)	t (1%)	t (calc.)	t (5%)	t (1%)
nov/02	6,09	2,31	3,36	1,73	2,31	3,36	3,95	2,31	3,36
dez/02	3,21	2,05	2,76	1,99	2,05	2,76	2,93	2,05	2,76
jan/03	2,86	2,11	2,90	1,83	2,11	2,90	2,66	2,11	2,90
fev/03	3,89	2,06	2,78	1,94	2,06	2,78	3,01	2,06	2,78
mar/03	5,39	2,14	2,98	1,78	2,14	2,98	3,92	2,14	2,98
abr/03	2,57	2,31	3,36	1,43	2,31	3,36	2,74	2,31	3,36
mai/03	2,03	2,23	3,17	1,67	2,23	3,17	1,89	2,23	3,17
jun/03	3,56	2,18	3,05	1,96	2,18	3,05	5,30	2,18	3,05
jul/03	3,34	2,14	2,98	1,97	2,14	2,98	4,80	2,14	2,98
ago/03	4,37	2,09	2,86	1,90	2,09	2,86	4,52	2,09	2,86

4.6. Fluxo de calor sensível

Com o intuito de avaliar o desempenho de modelos empíricos, foram aplicados os modelos baseados em **Shuttleworth, Bruin-Holtslag e Penman-Monteith**.

4.6.1. Simulação do fluxo de calor sensível em base horária

A diferença entre os métodos está basicamente relacionada à forma de determinar a resistência aerodinâmica que é a resistência que o ar oferece ao transporte de calor e vapor d'água. O método de Penman-Monteith utiliza a equação baseada no perfil logarítmico do vento, que é uma das mais utilizadas no cálculo da resistência aerodinâmica e considera características do dossel, deslocamento do plano zero, comprimento de rugosidade ao transporte de calor e vapor d'água e velocidade do vento. A resistência aerodinâmica é em grande parte controlada pelas características da velocidade do vento e o método de Bruin-Holtslag é o que apresenta melhor ajuste na determinação da resistência aerodinâmica com relação ao comportamento do vento, uma vez que utiliza duas formas de cálculo de R_a de acordo com a velocidade do vento. Os resultados das simulações mostram que os modelos estimam satisfatoriamente a variação do fluxo de calor sensível tanto no ciclo diurno quanto noturno (Figuras 14, 15 e 16), com destaque para os modelos de Shuttleworth e Bruin-Holtslag que simulam muito próximo dos valores observados e apresentam coeficiente de determinação oscilando entre 0,97 e 0,99 (Figuras 17 e 18) e Penman-Monteith com valores entre 0,94 a 0,98 (Figura 19). A quantificação dos erros obtida pelo teste MBE apresenta valores predominantemente positivos para as simulações com os modelos de Shuttleworth e Penman-Monteith e negativos para Bruin-Holtslag, o que indica que esses métodos fazem ligeira superestimativa e subestimativa respectivamente. De acordo com os resultados de RMSE, o melhor desempenho entre os modelos é atribuído ao método baseado em Bruin-Holtslag que apresenta os menores valores de RMSE, exceto nos meses de fevereiro e maio em que Penman-Monteith é o que indica melhor desempenho (Tabela 6). O teste t aplicado apresentou significância estatística ao nível de 99% para todos os métodos em todos os meses com maior significância conferida aos modelos de Shuttleworth e Bruin-Holtslag (Tabela 7). O desempenho do método de Penman-Monteith também é considerado satisfatório e pode ser perfeitamente aplicado para simulação do fluxo de calor sensível no manguezal. Porém, suas estimativas em geral apresentam uma superestimativa da ordem de 10 a 15% e os melhores resultados são obtidos na estação chuvosa (Figura 19). Estes resultados indicam que os parâmetros utilizados no cálculo do fluxo de calor sensível em todos os modelos, representam adequadamente as variações de H em um sítio de manguezal.

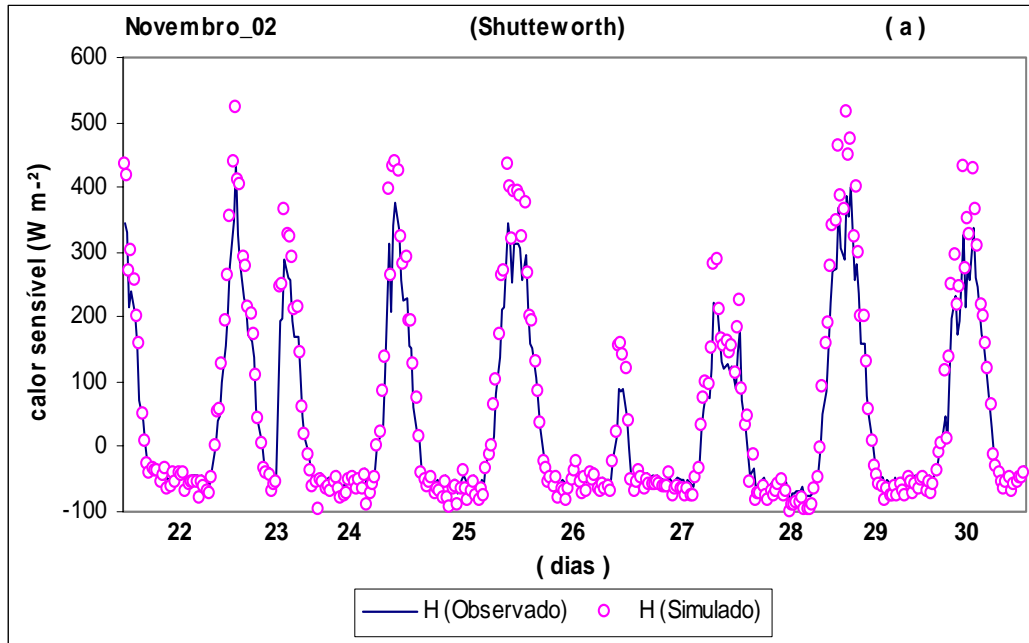


Figura 14(a) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de novembro de 2002.

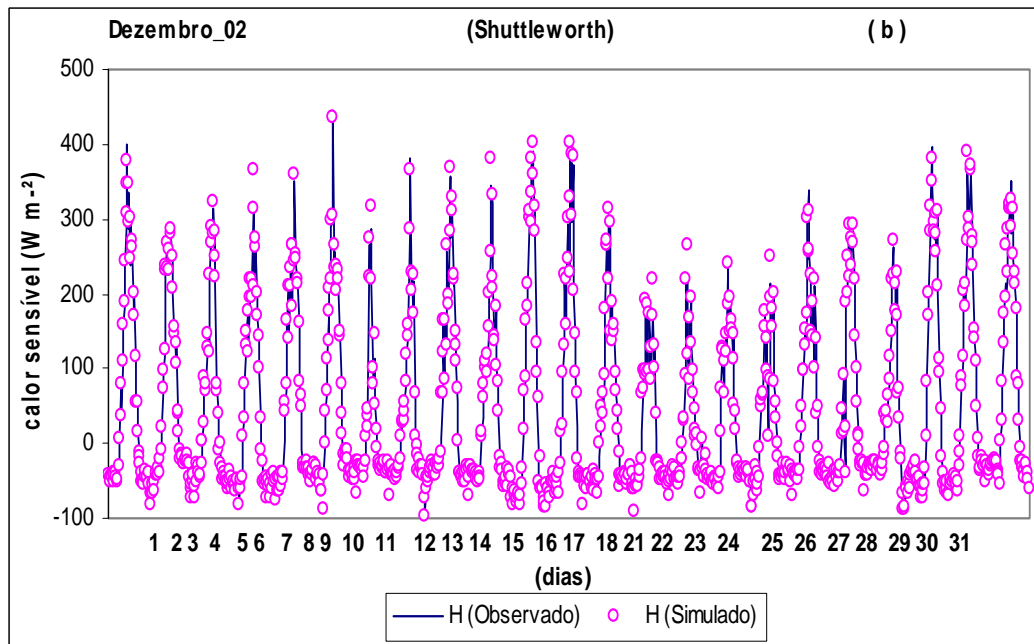


Figura 14(b) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de dezembro de 2002.

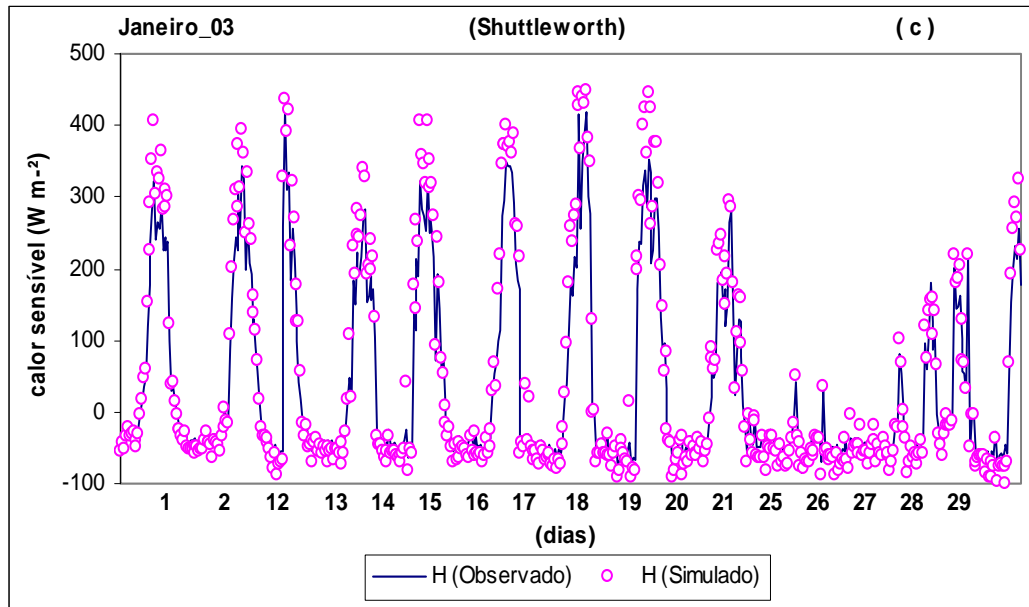


Figura 14(c) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de janeiro de 2003.

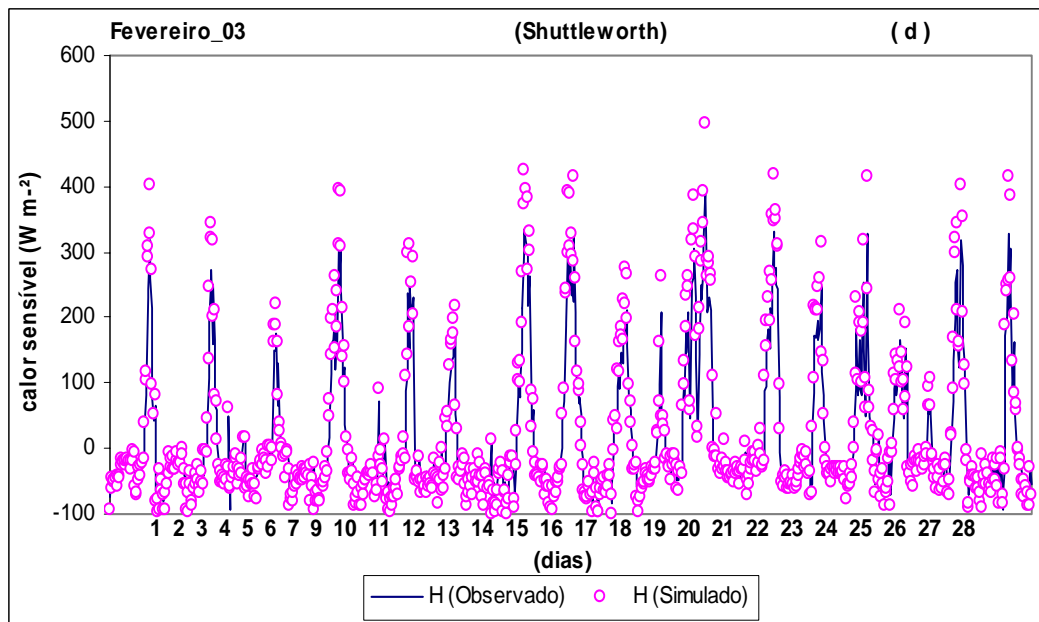


Figura 14(d) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de fevereiro de 2003.

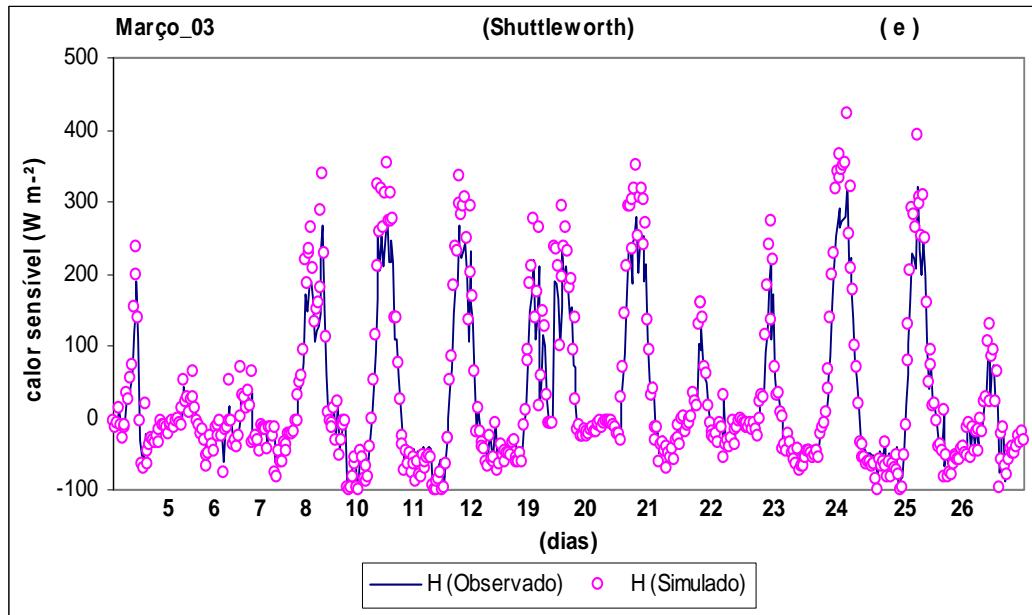


Figura 14(e) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de março de 2003.

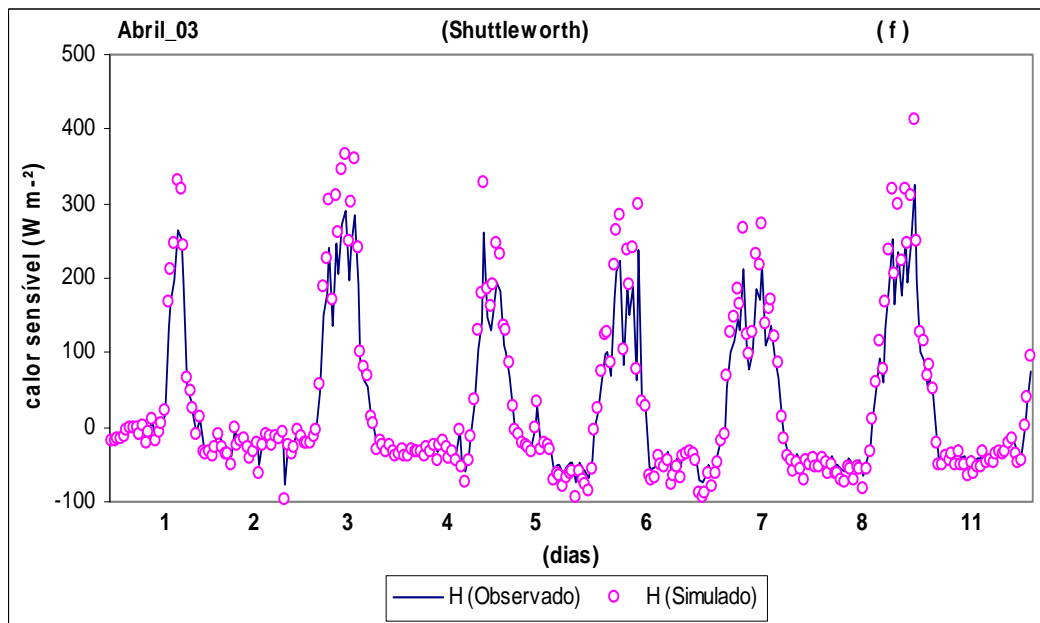


Figura 14(f) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de abril de 2003.

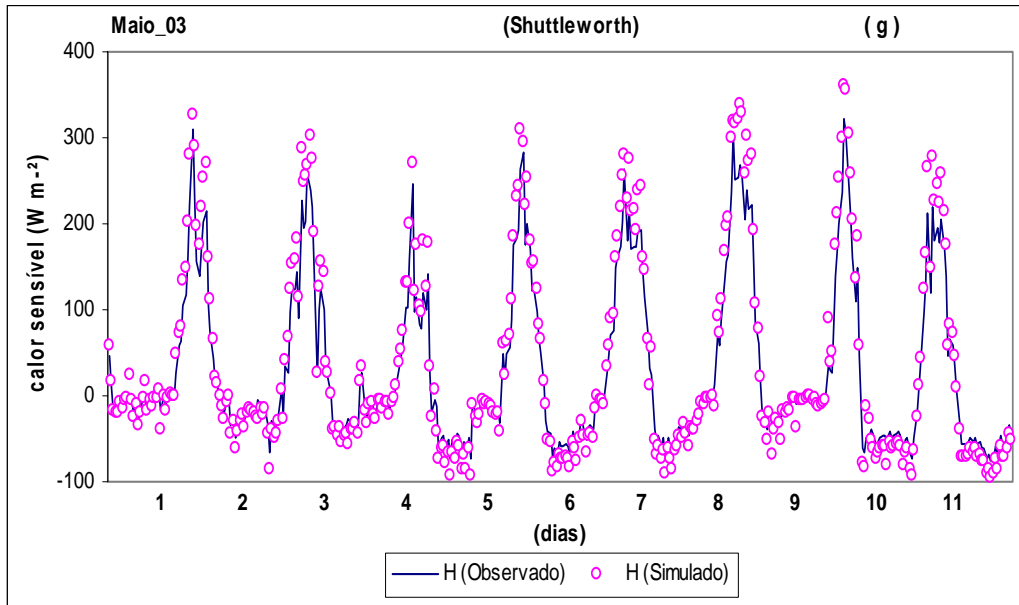


Figura 14(g) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de Maio de 2003.

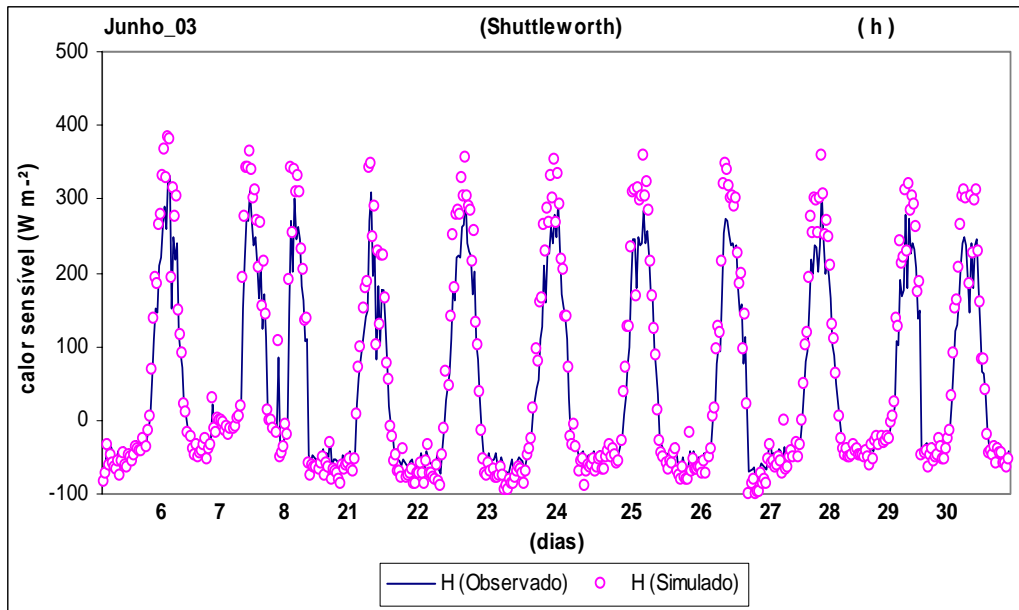


Figura 14(h) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de junho de 2003.

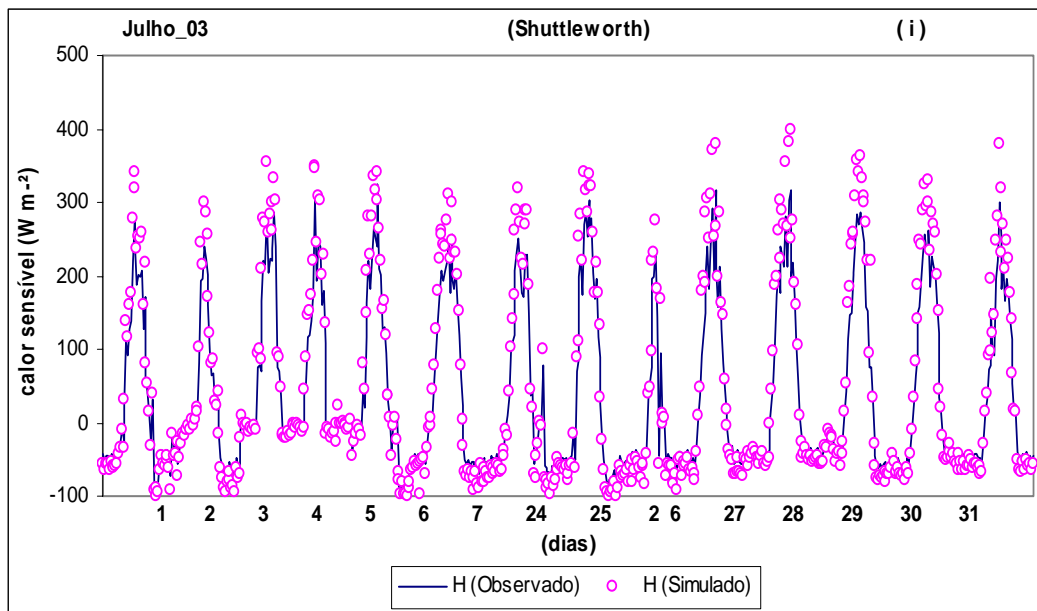


Figura 14(i) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de julho de 2003.

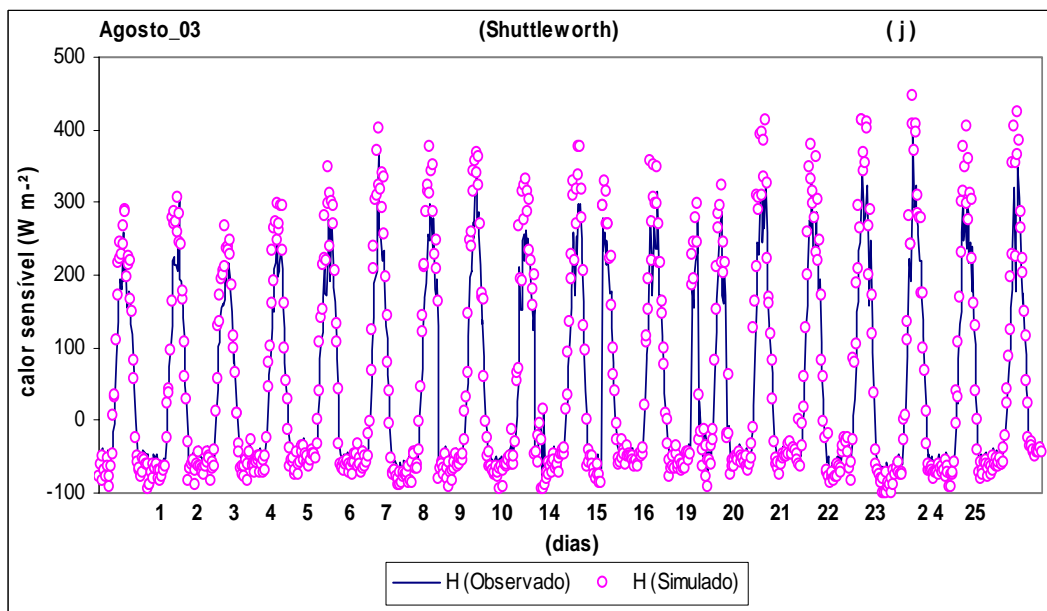


Figura 14(j) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de agosto de 2003.

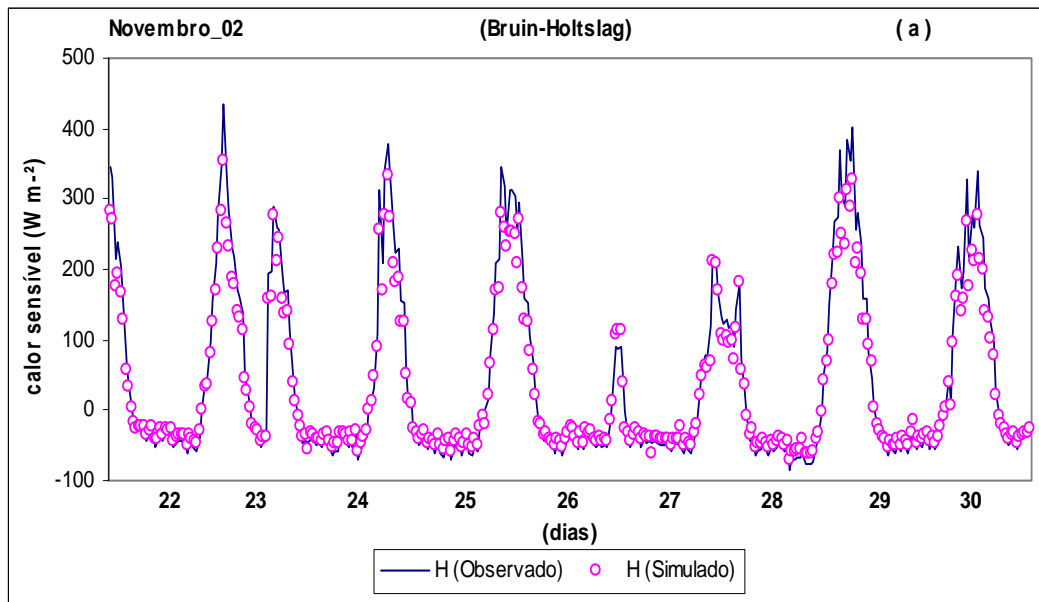


Figura 15(a) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de novembro de 2002.

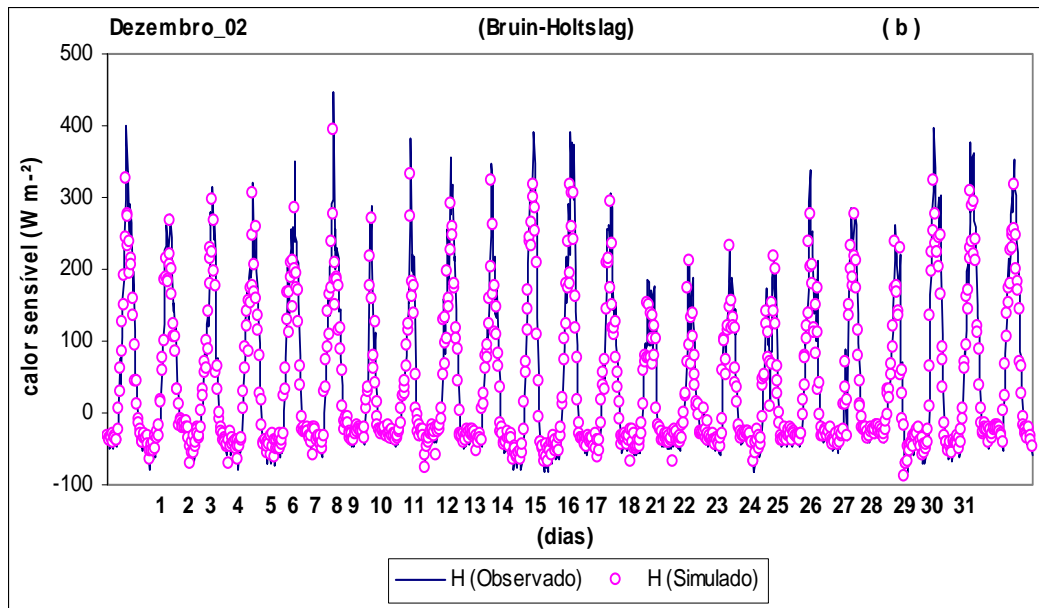


Figura 15(b) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de dezembro de 2002.

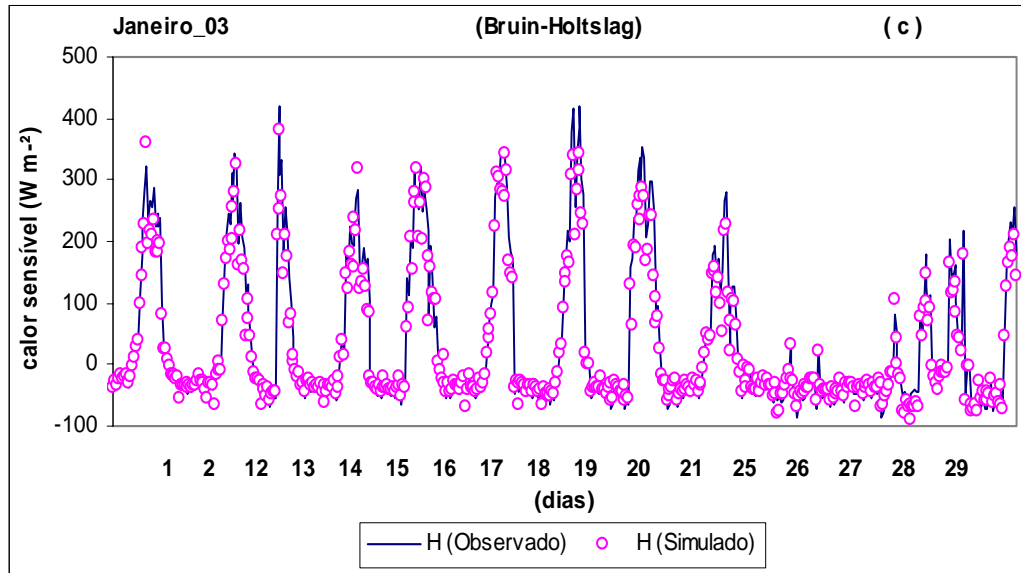


Figura 15(c) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de janeiro de 2003.

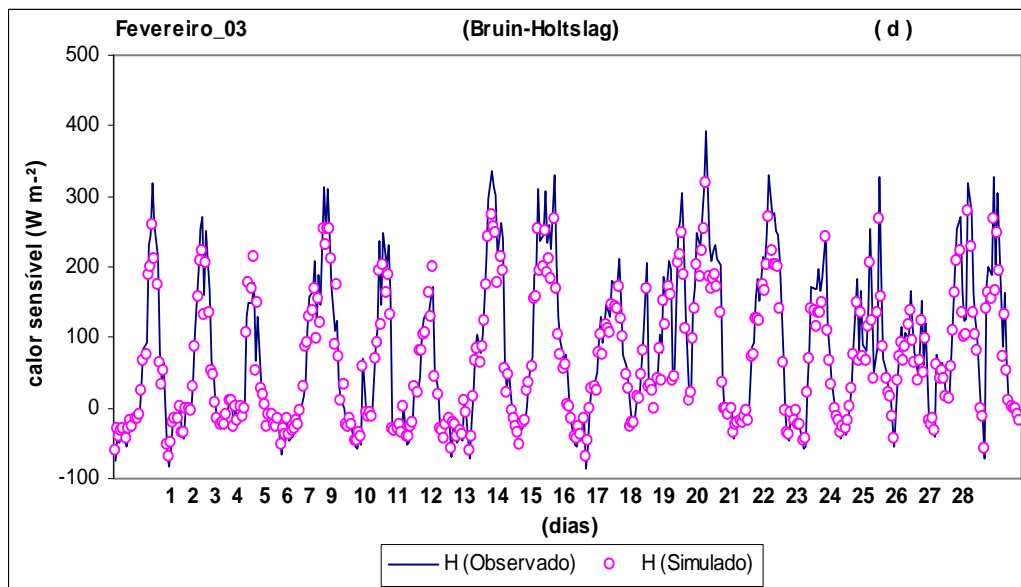


Figura 15(d) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de fevereiro de 2003.

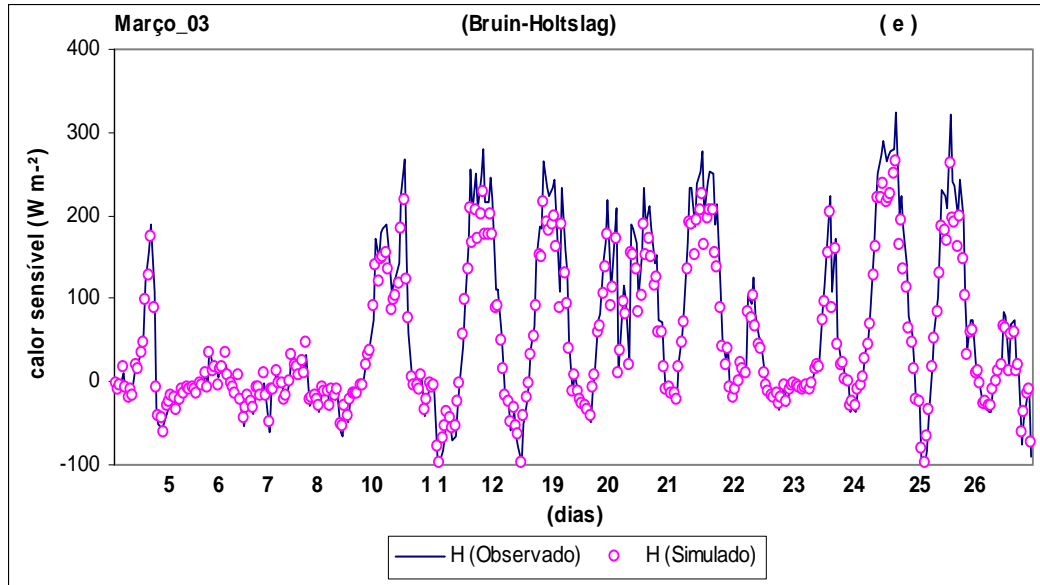


Figura 15(e) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de março de 2003.

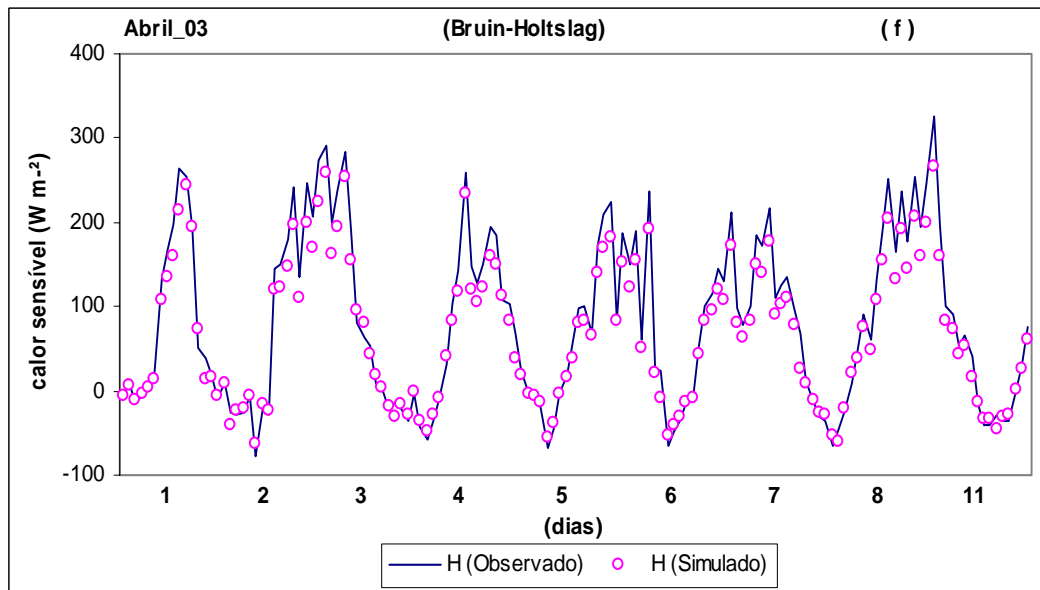


Figura 15(f) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de abril de 2003.

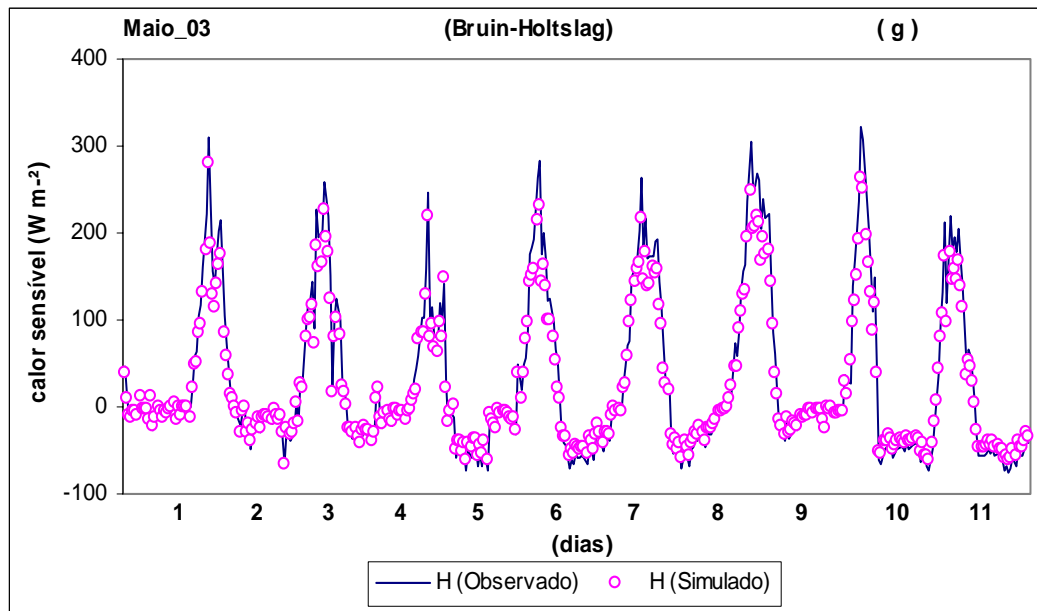


Figura 15(g) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de maio de 2003.

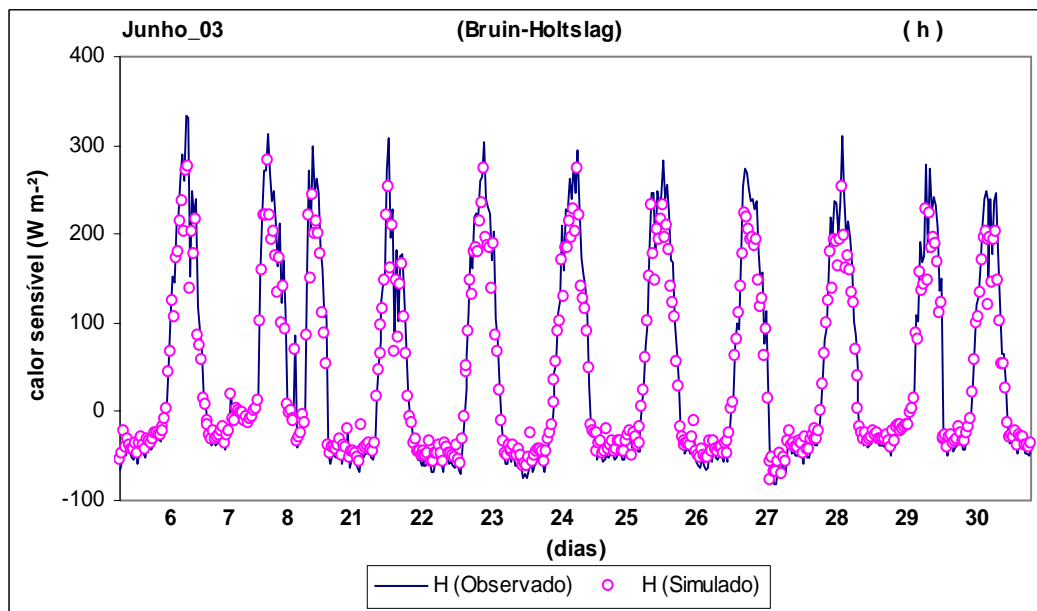


Figura 15(h) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de junho de 2003.

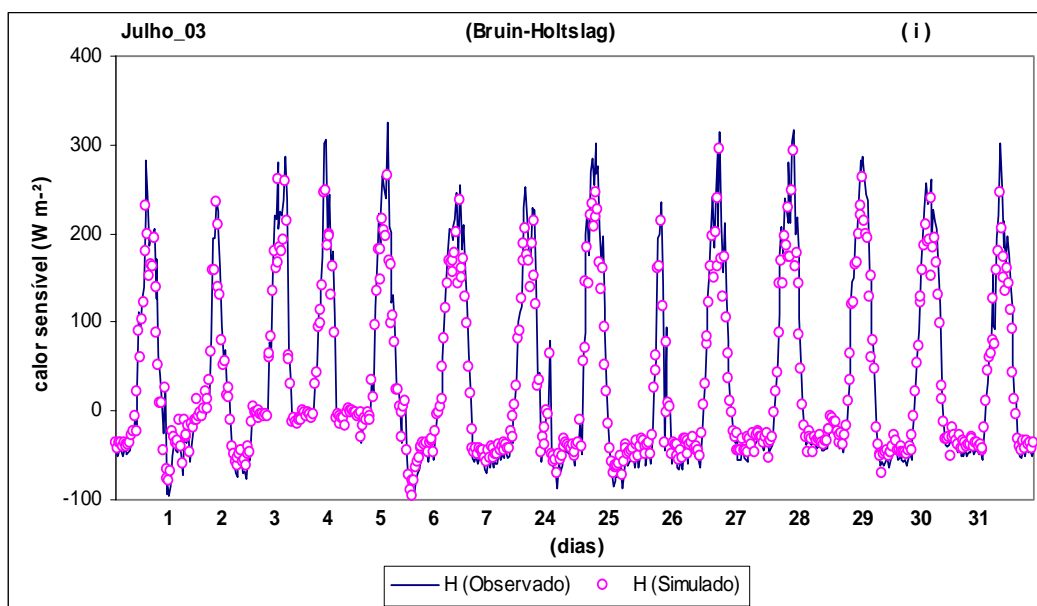


Figura 15(i) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de julho de 2003.

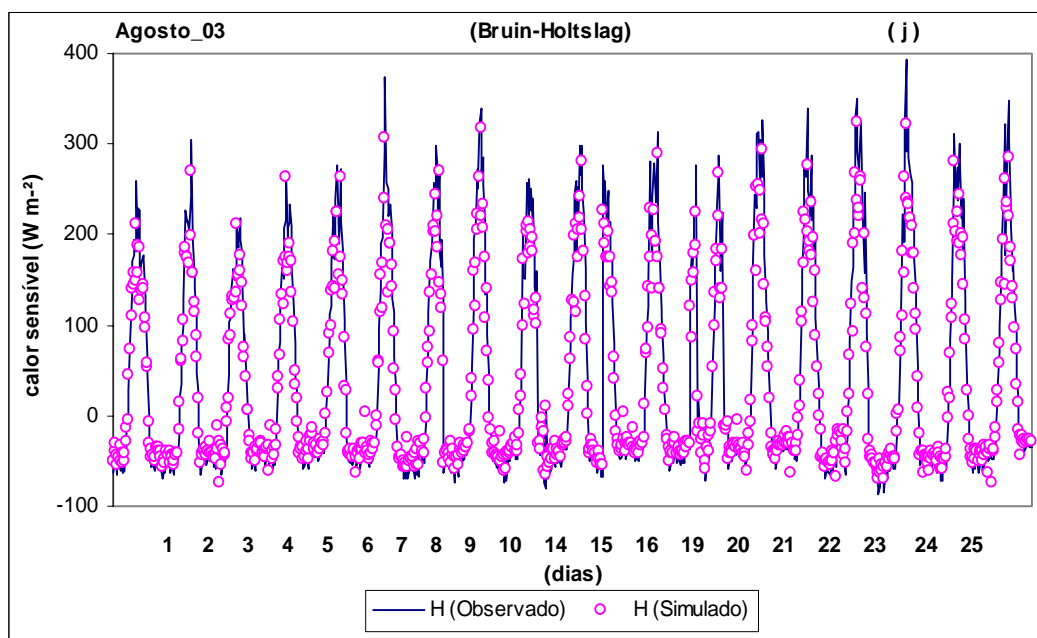


Figura 15(j) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de agosto de 2003.

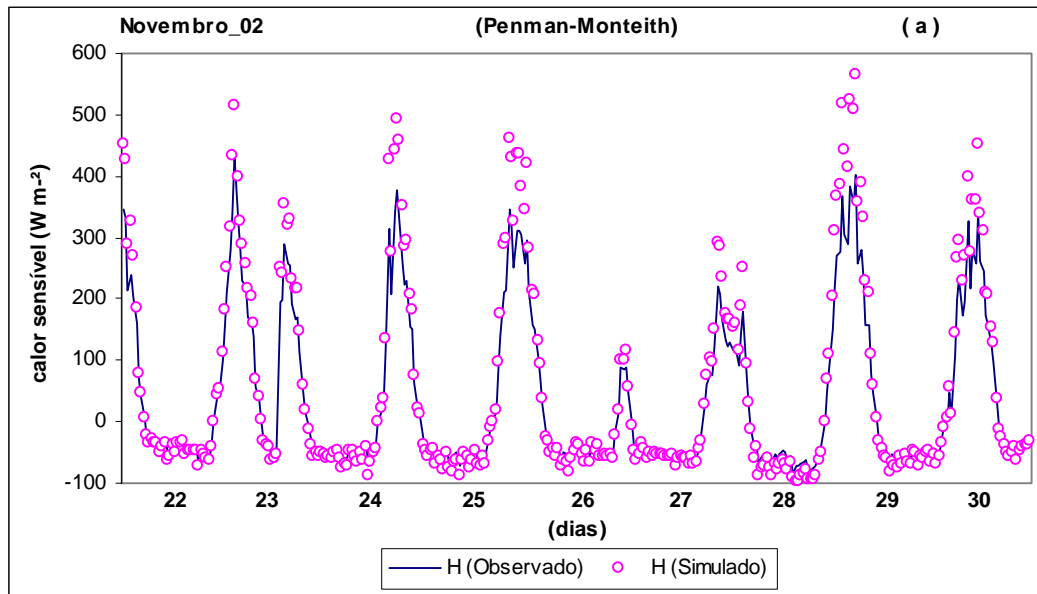


Figura 16(a) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de novembro de 2002.

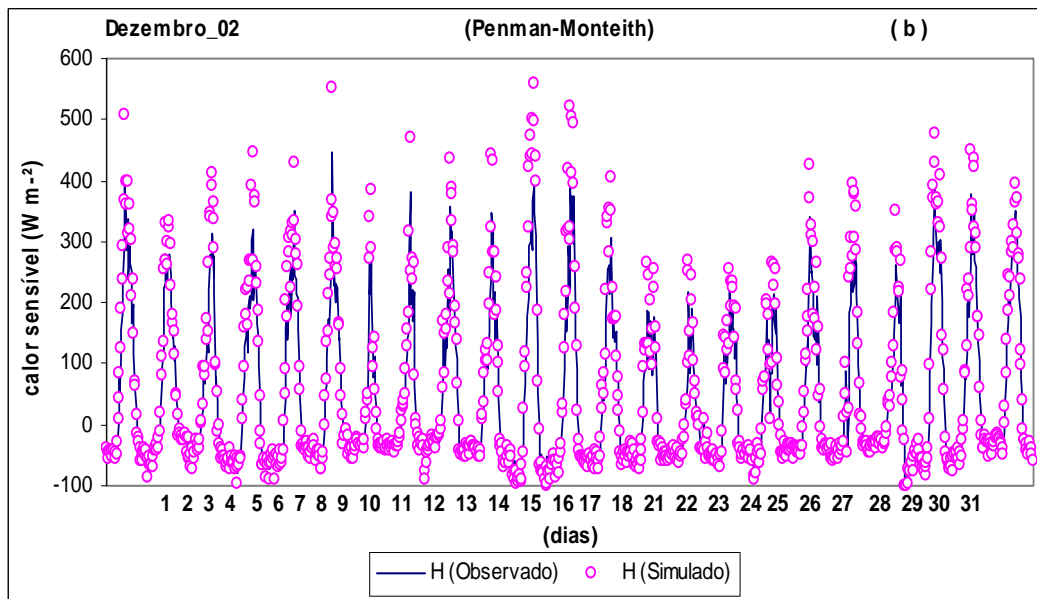


Figura 16(b) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de dezembro de 2002.

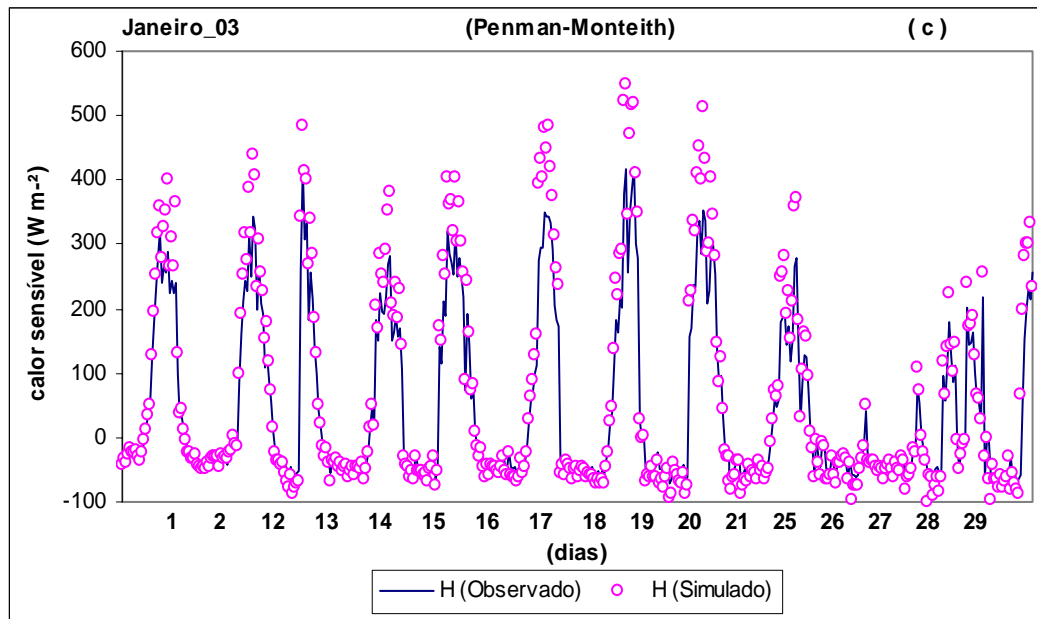


Figura 16(c) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de janeiro de 2003.

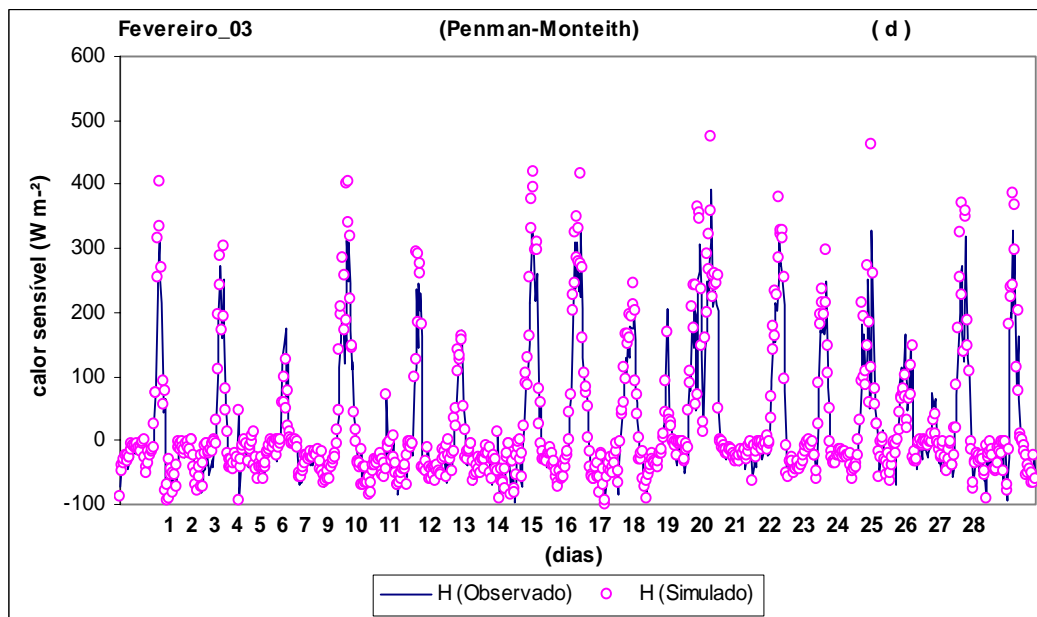


Figura 16(d) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de fevereiro de 2003.

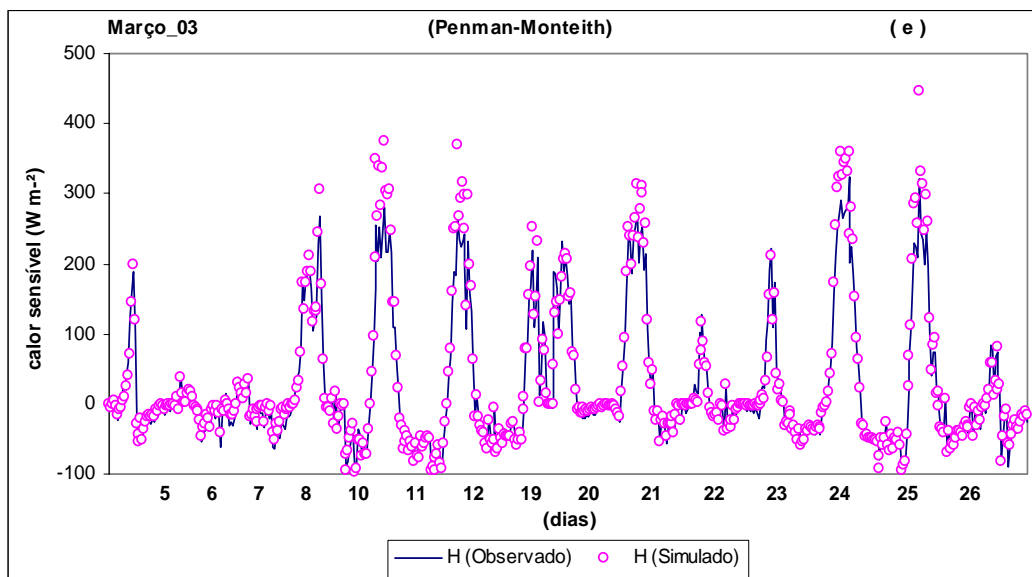


Figura 16(e) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de março de 2003.

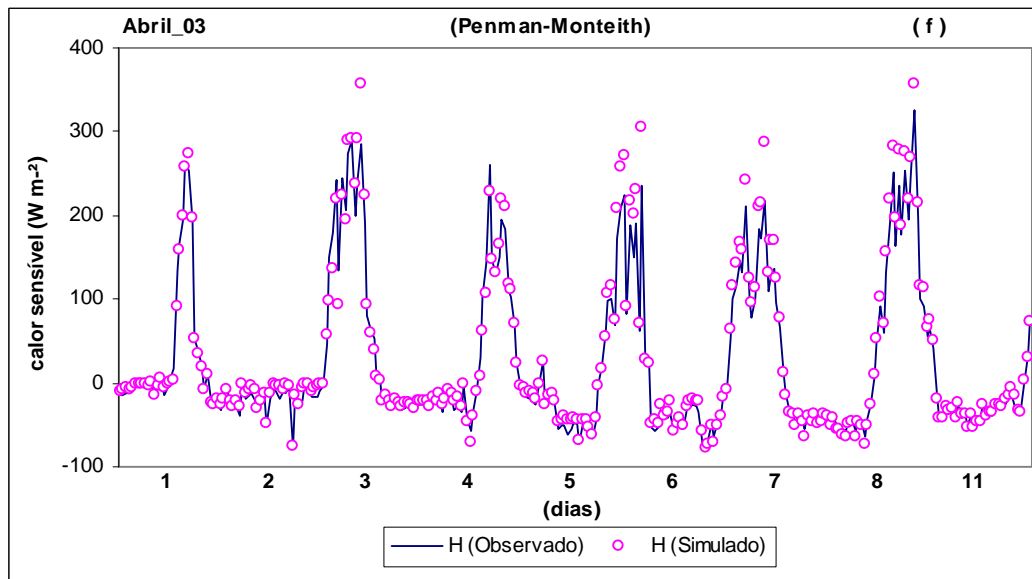


Figura 16(f) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de abril de 2003.

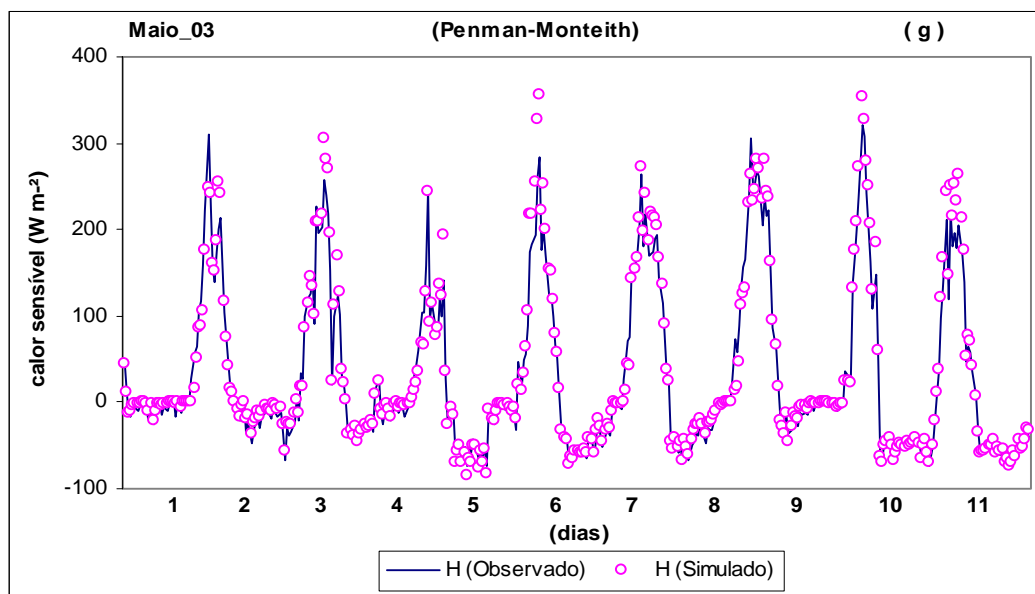


Figura 16(g) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de maio de 2003.

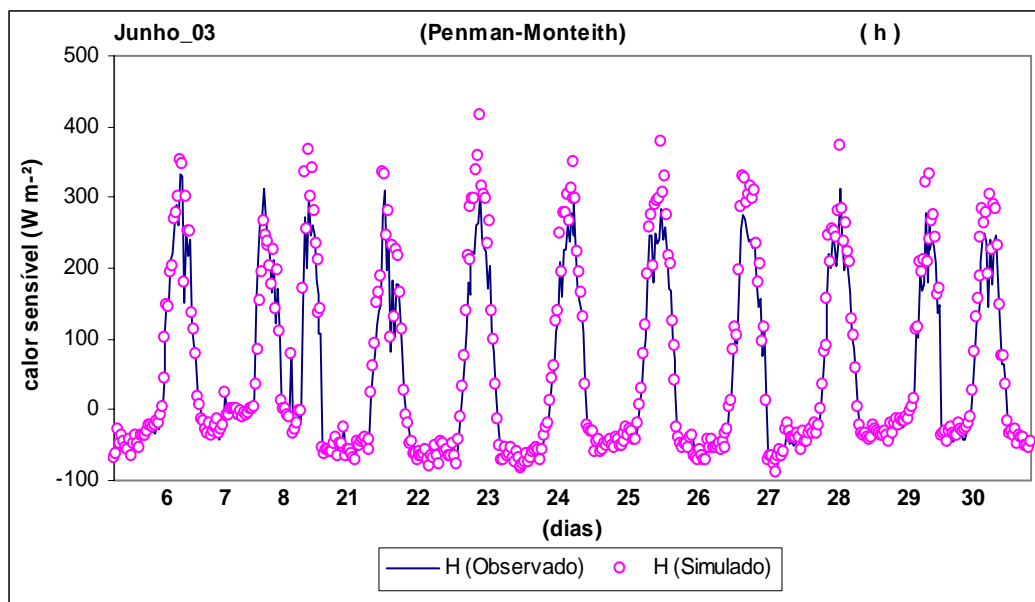


Figura 16(h) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de junho de 2003.

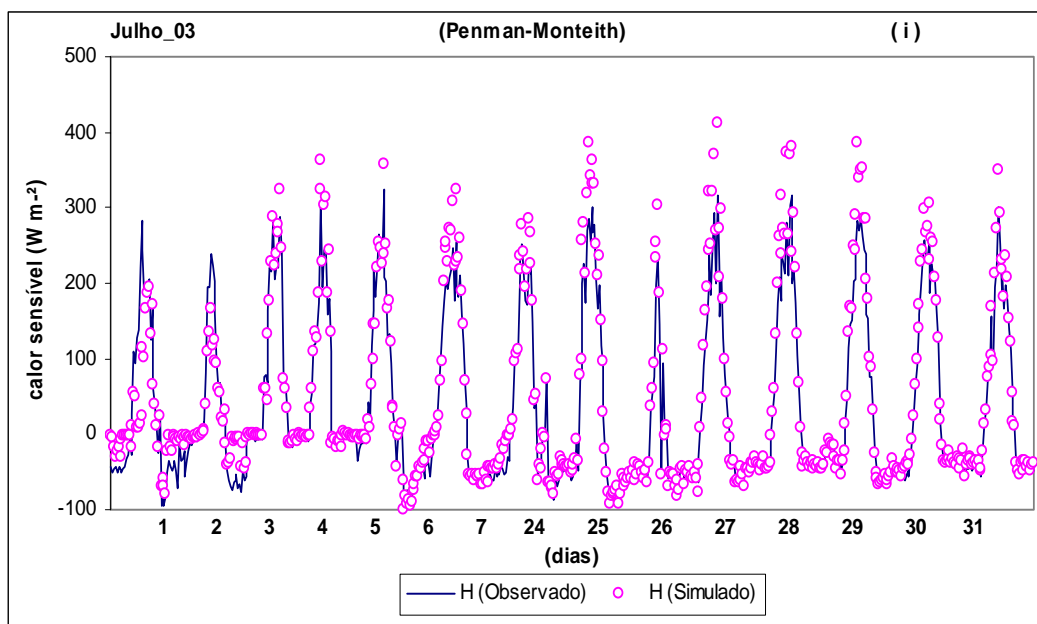


Figura 16(i) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de julho de 2003.

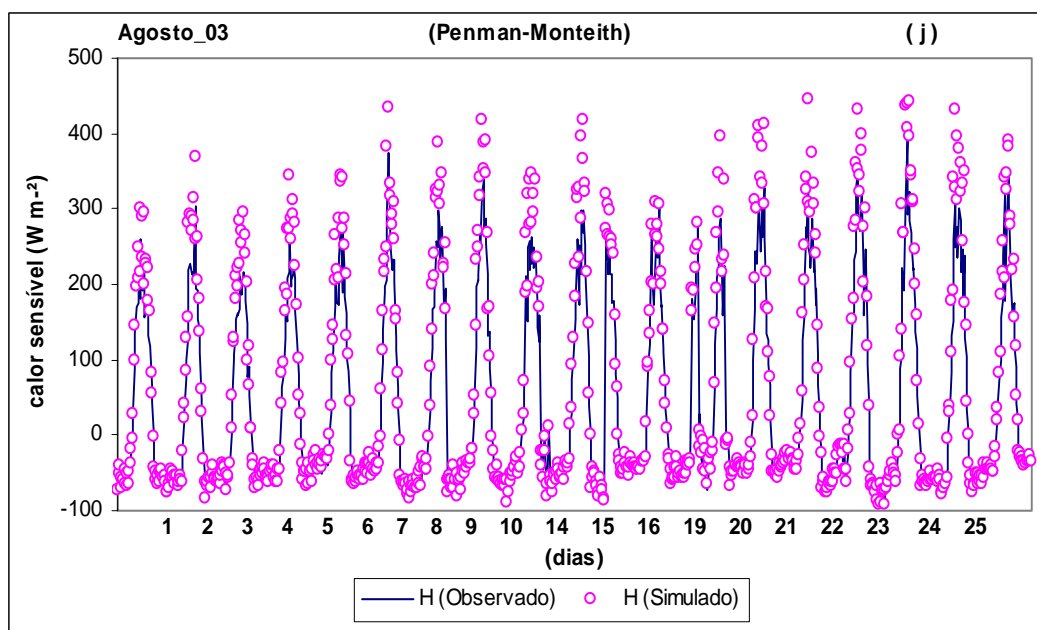


Figura 16(j) – Variação horária do fluxo de calor sensível para valores observados e simulados, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de agosto de 2003.

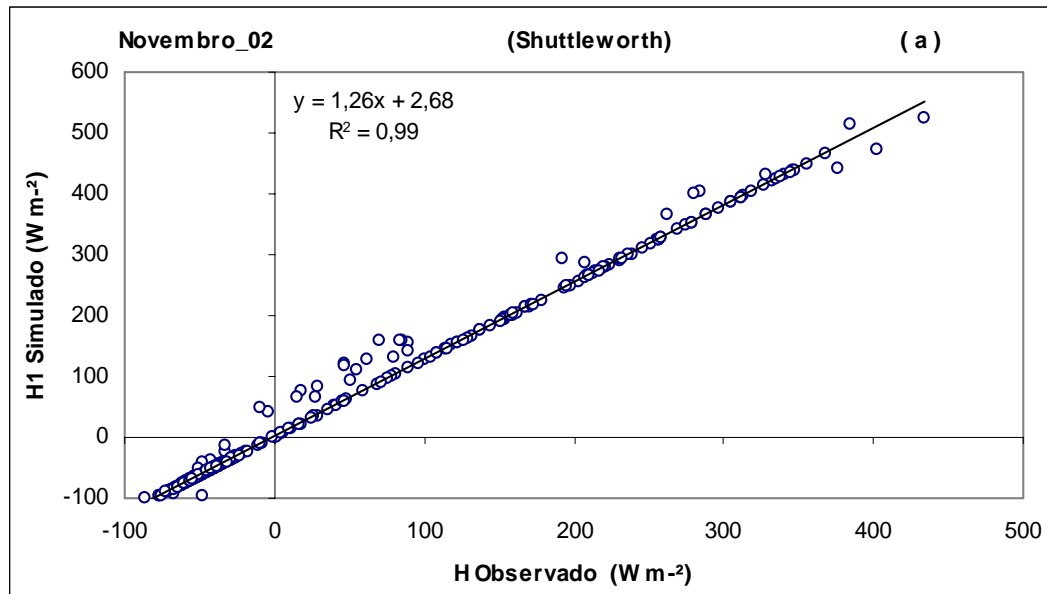


Figura 17(a) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de novembro de 2002.

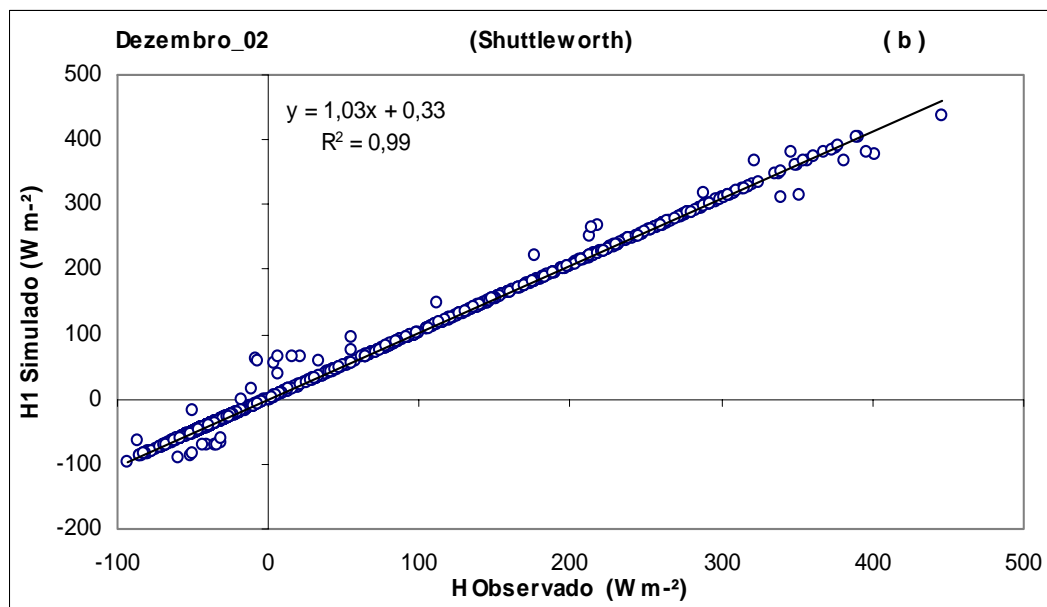


Figura 17(b) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de dezembro de 2002.

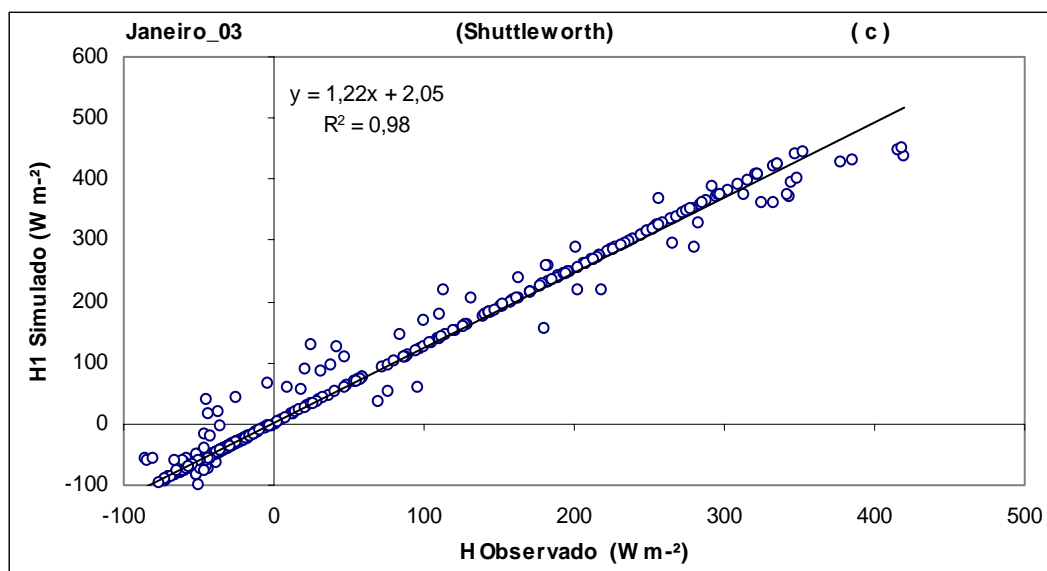


Figura 17(c) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de janeiro de 2003.

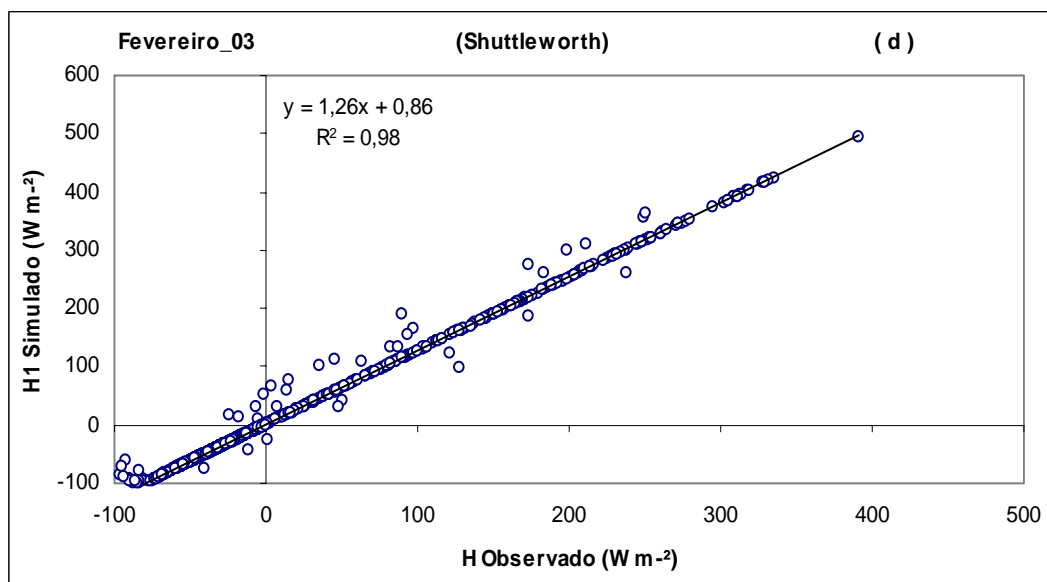


Figura 17(d) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de fevereiro de 2003.

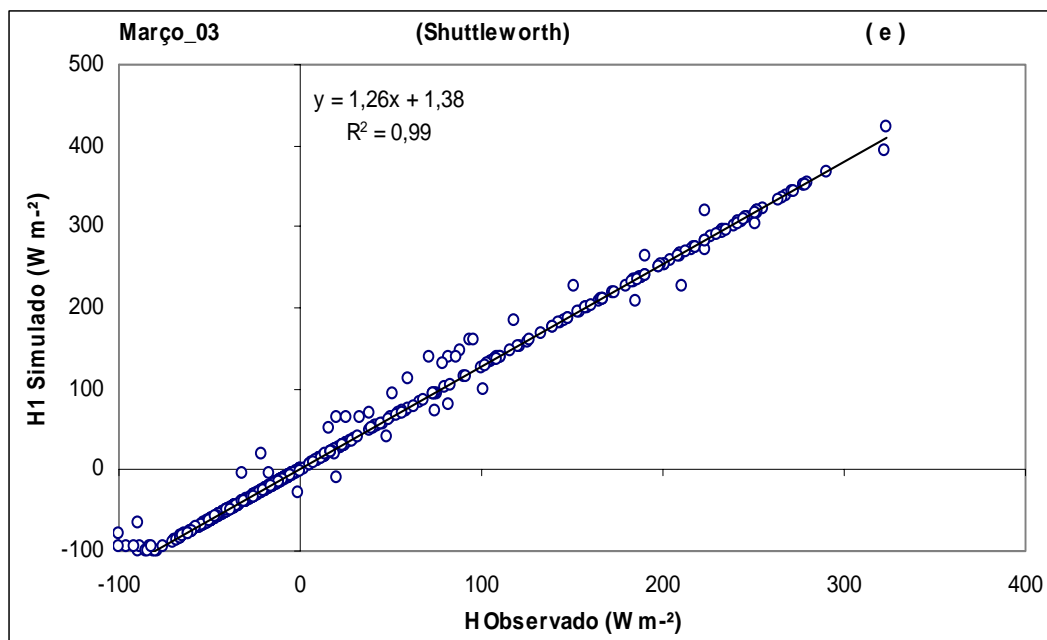


Figura 17(e) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de março de 2003.

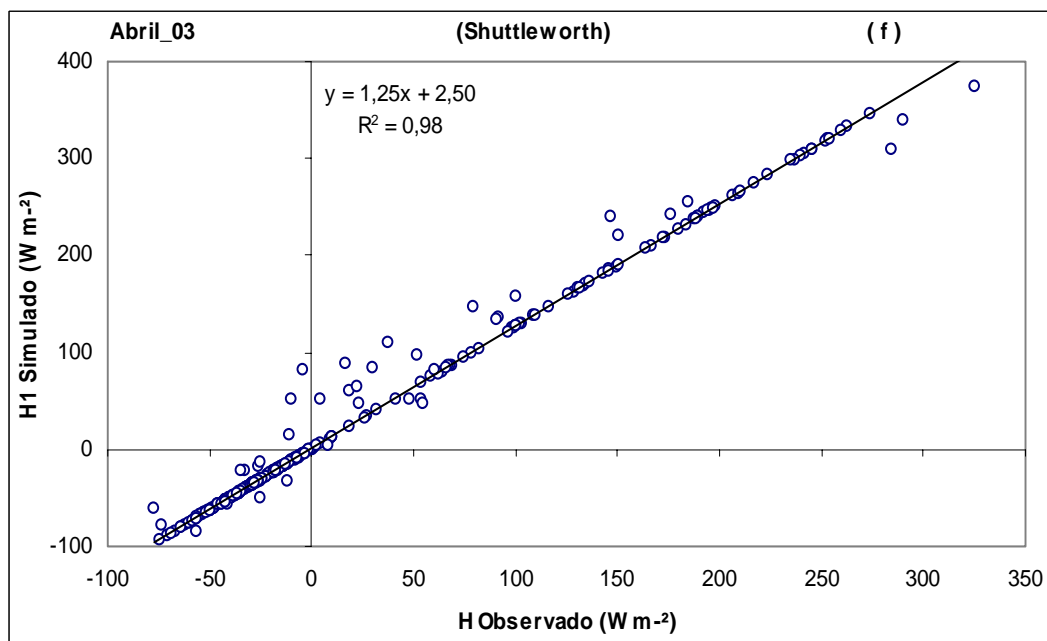


Figura 17(f) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de abril de 2003.

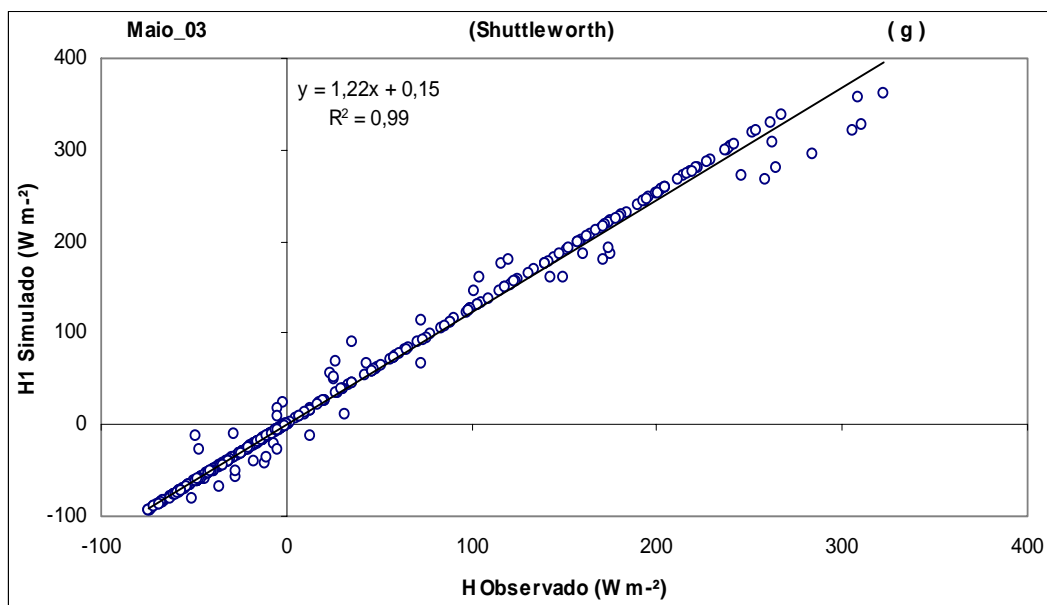


Figura 17(g) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de maio de 2003.

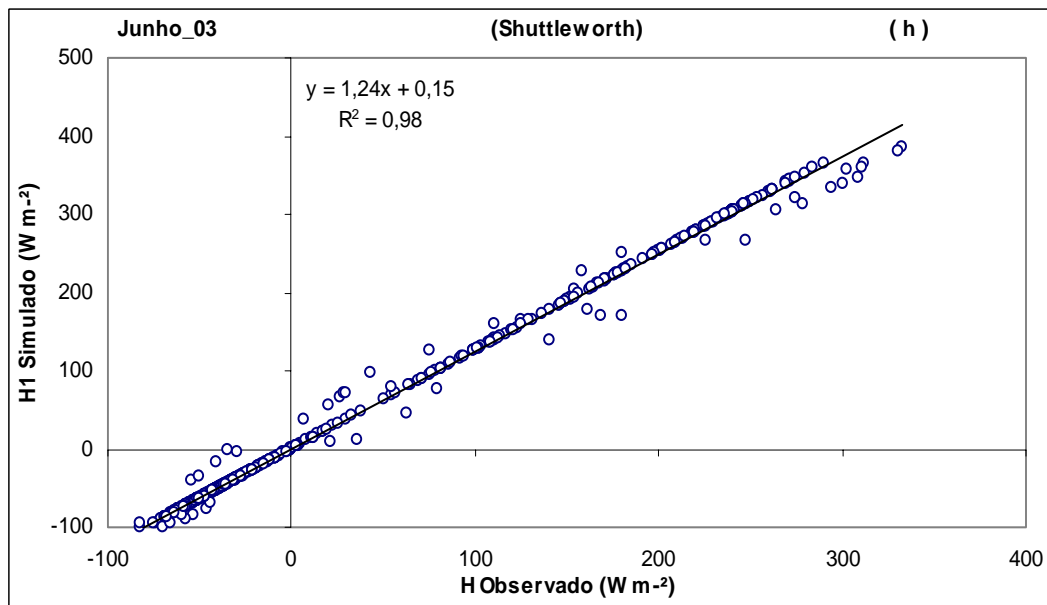


Figura 17(h) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de junho de 2003.

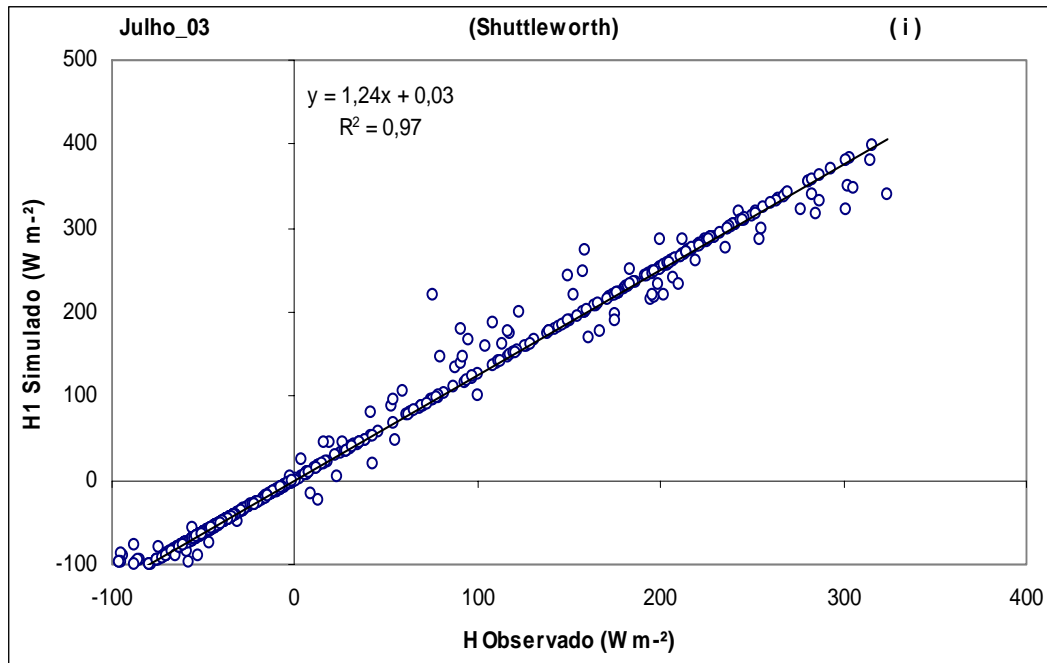


Figura 17(i) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de julho de 2003.

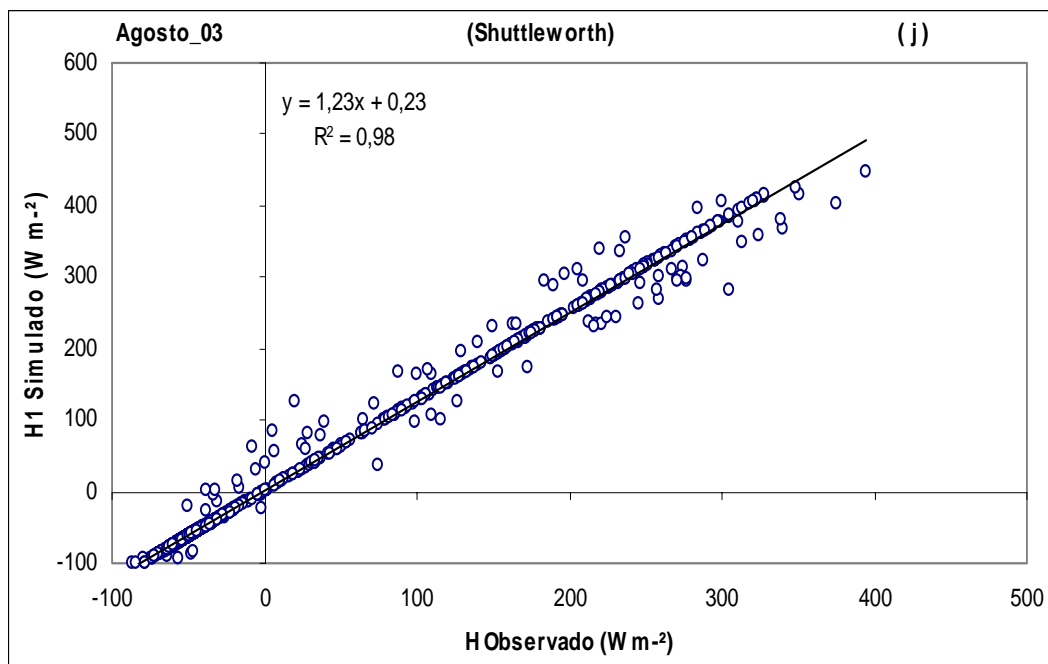


Figura 17(j) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de agosto de 2003.

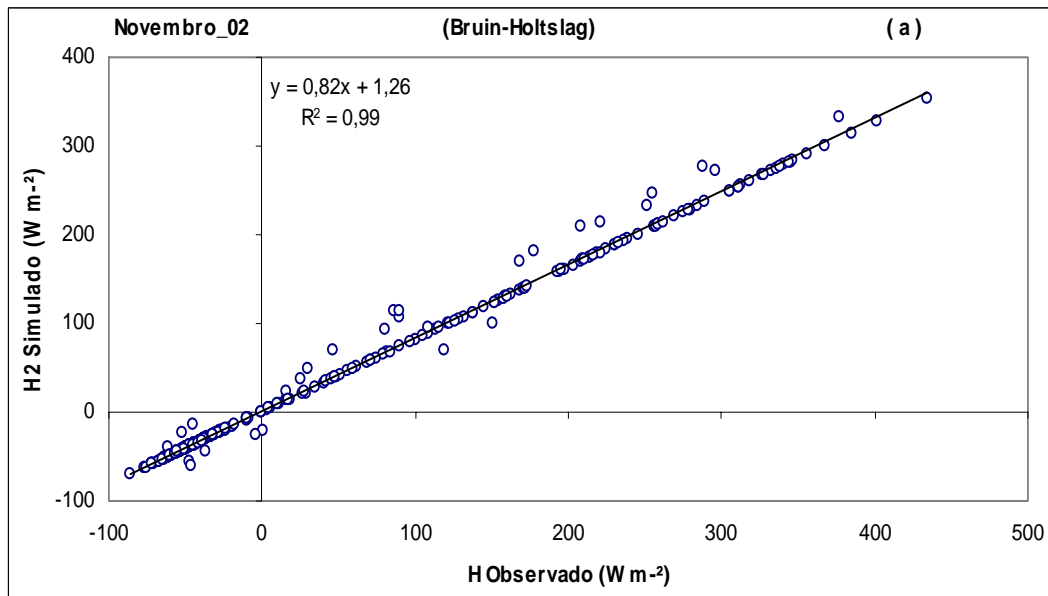


Figura 18(a) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de novembro de 2002.

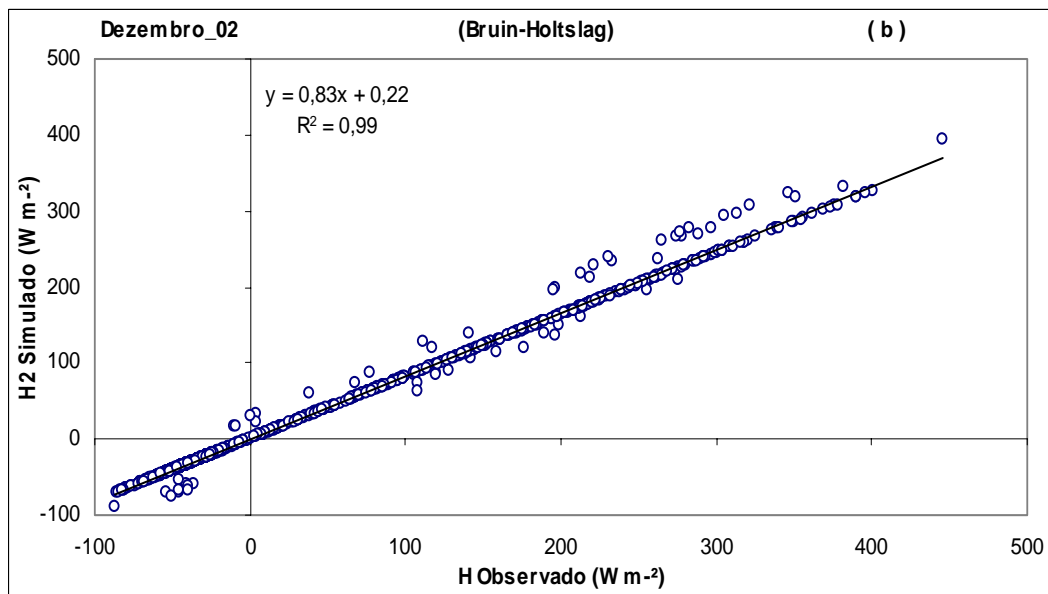


Figura 18(b) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de dezembro de 2002.

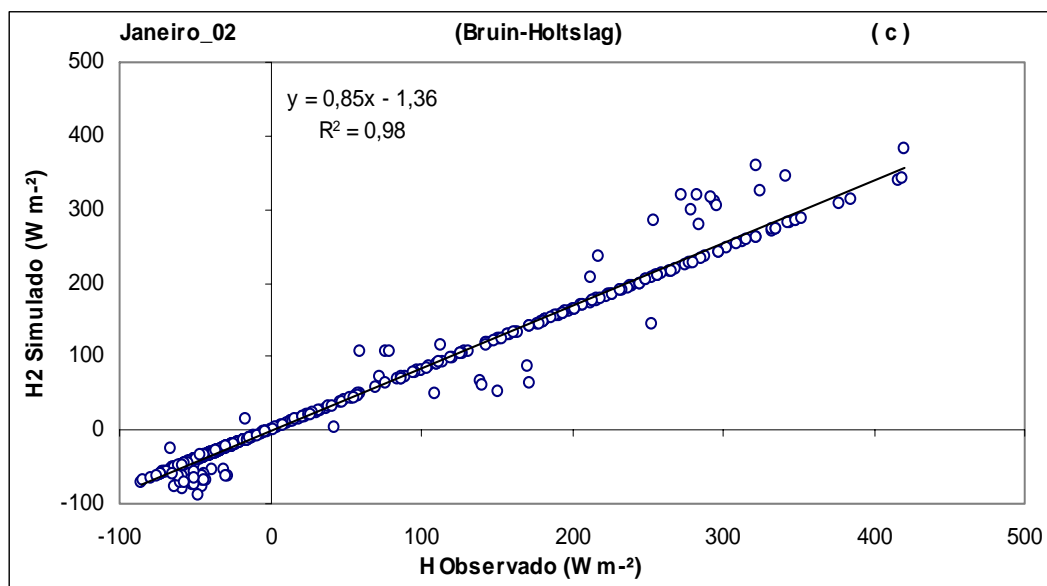


Figura 18(c) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de janeiro de 2003.

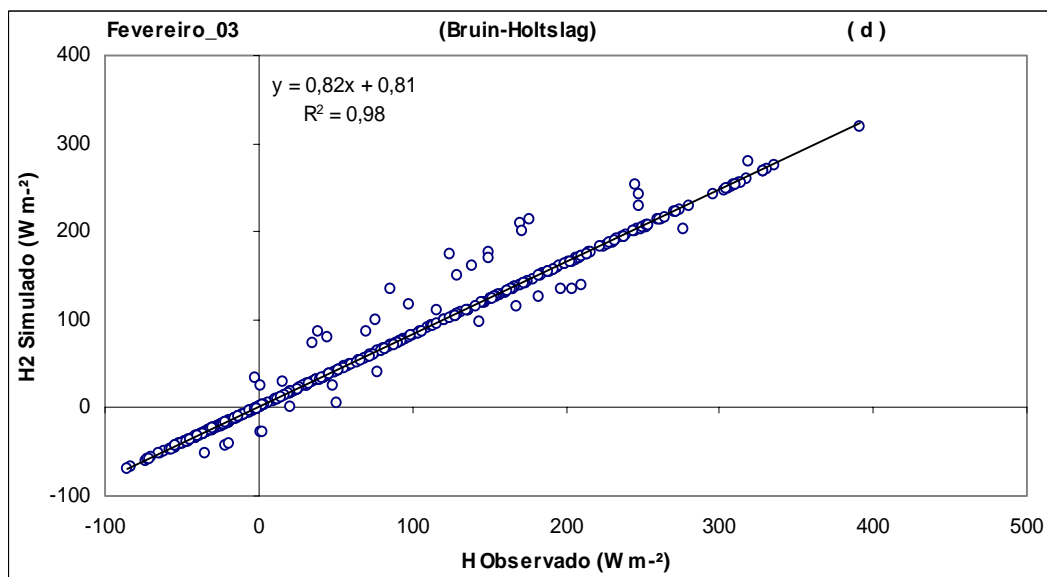


Figura 18(d) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de fevereiro de 2003.

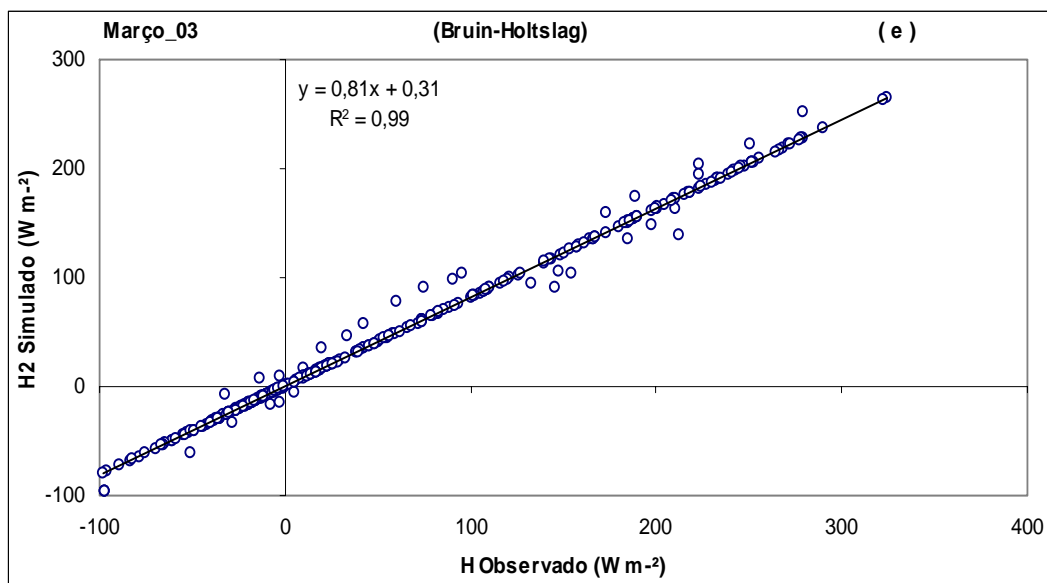


Figura 18(e) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de março de 2003.

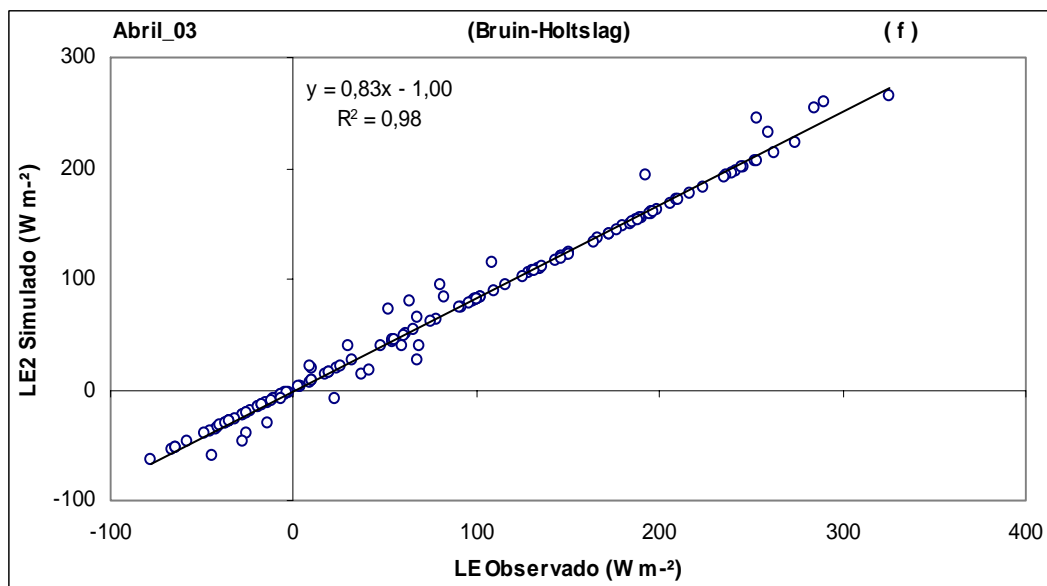


Figura 18(f) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de abril de 2003.

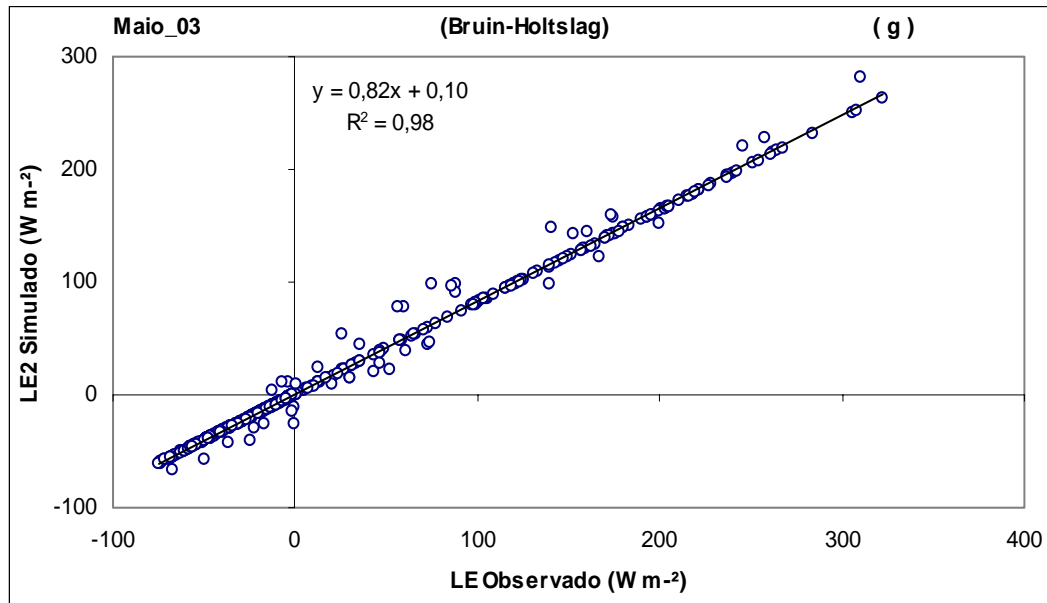


Figura 18(g) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtzlag para o mês de maio de 2003.

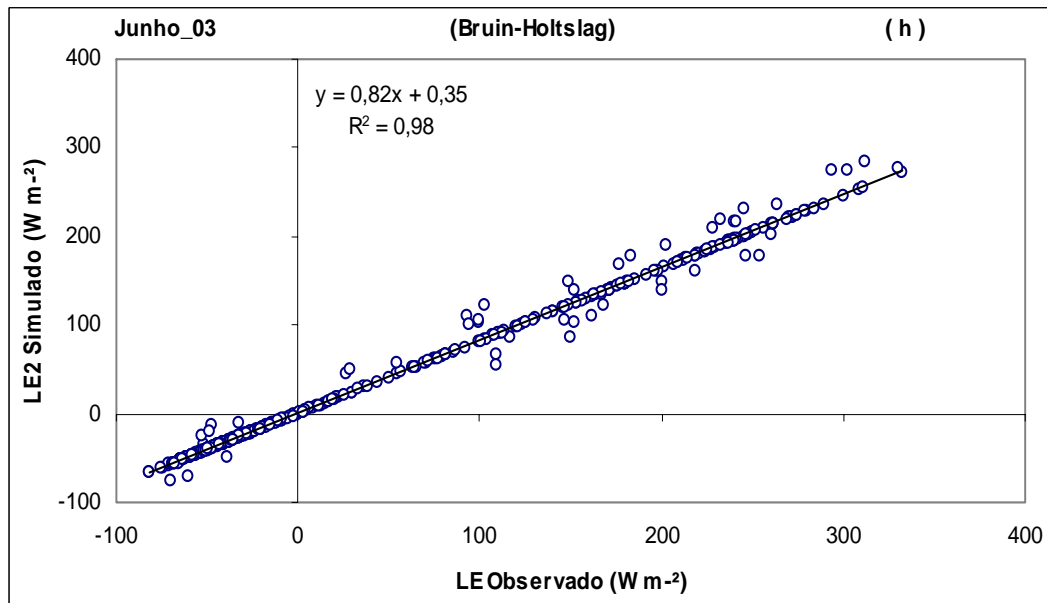


Figura 18(h) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtzlag para o mês de junho de 2003.

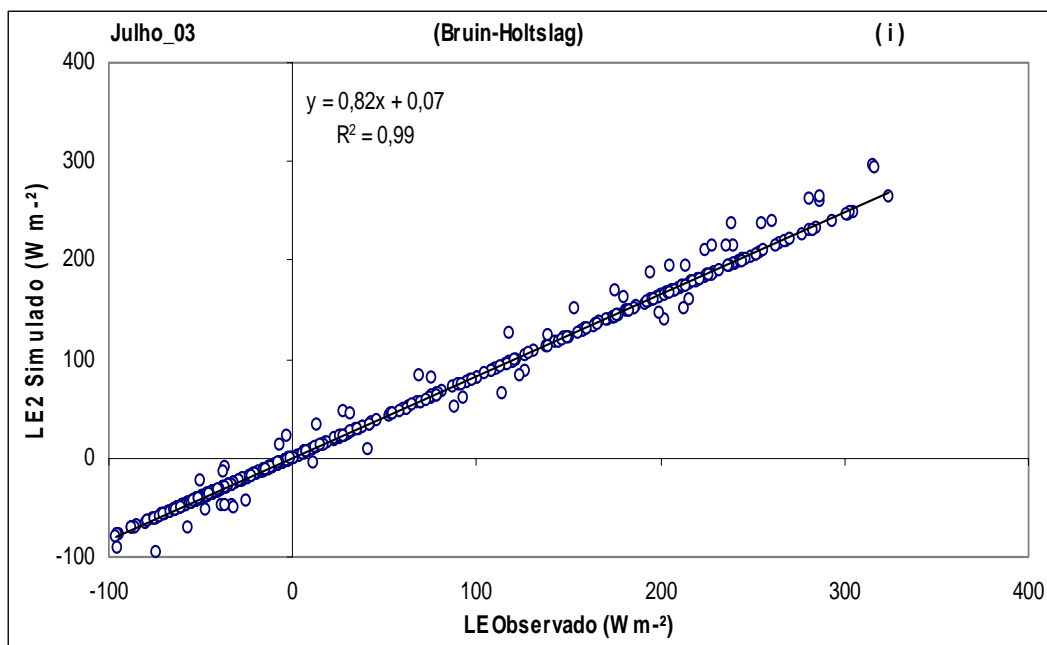


Figura 18(i) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de julho de 2003.

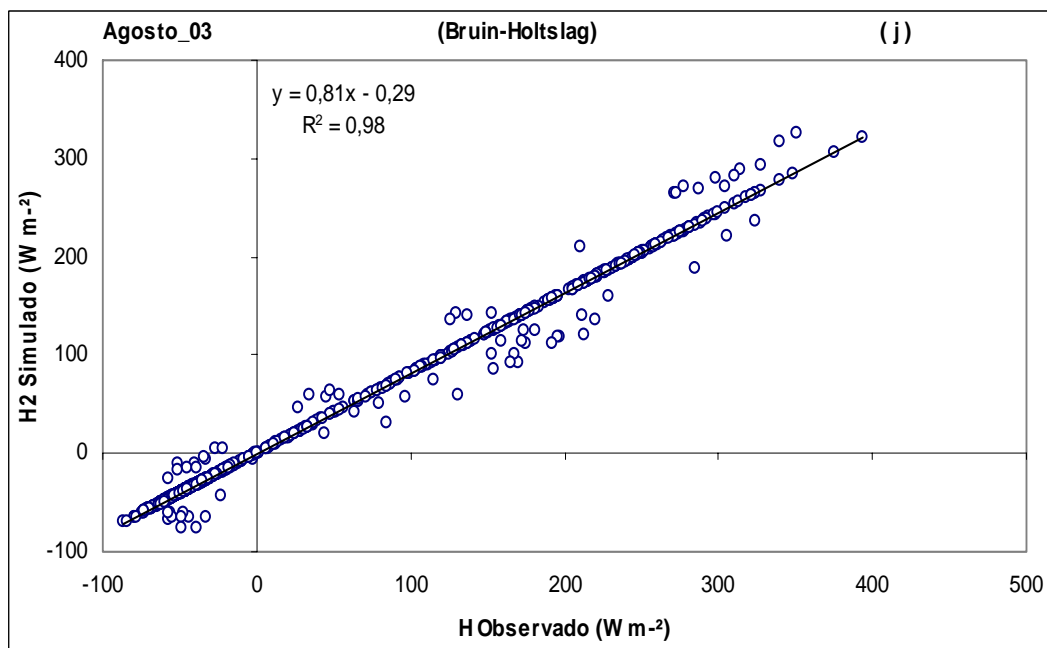


Figura 18(j) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de Agosto de 2003.

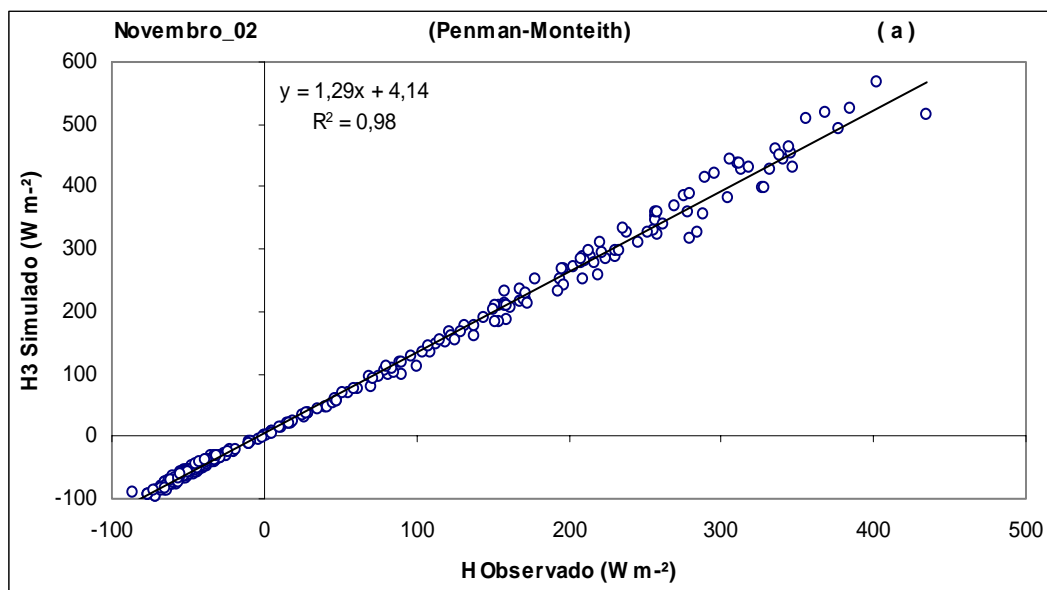


Figura 19(a) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de novembro de 2002.

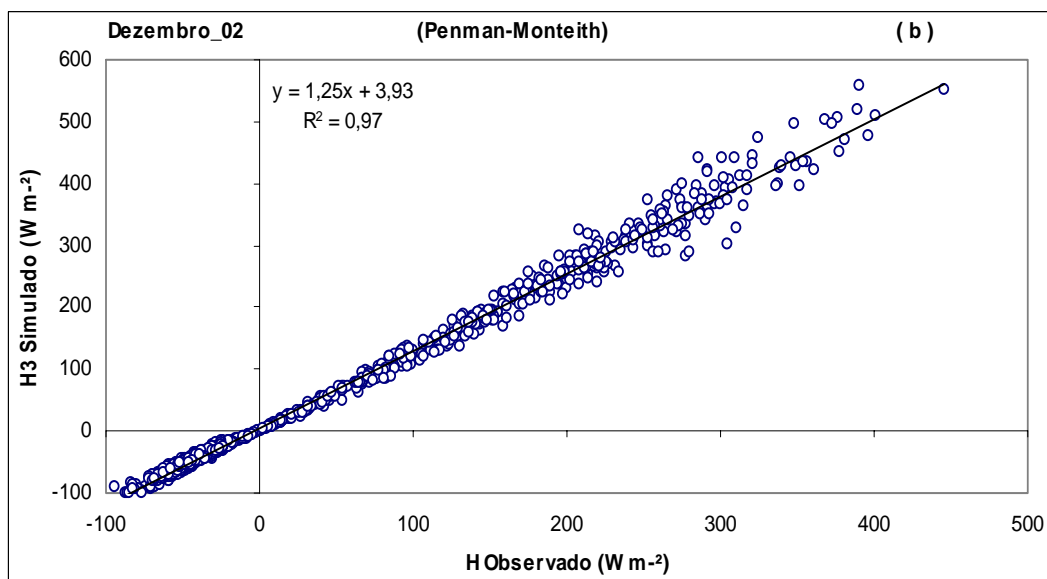


Figura 19(b) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de dezembro de 2002.

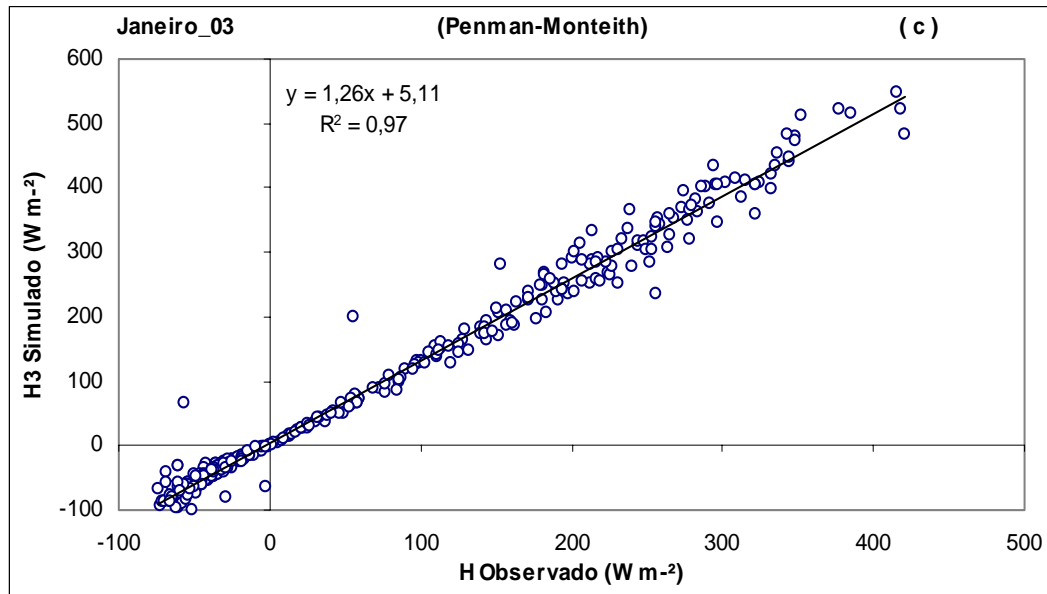


Figura 19(c) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de janeiro de 2003.

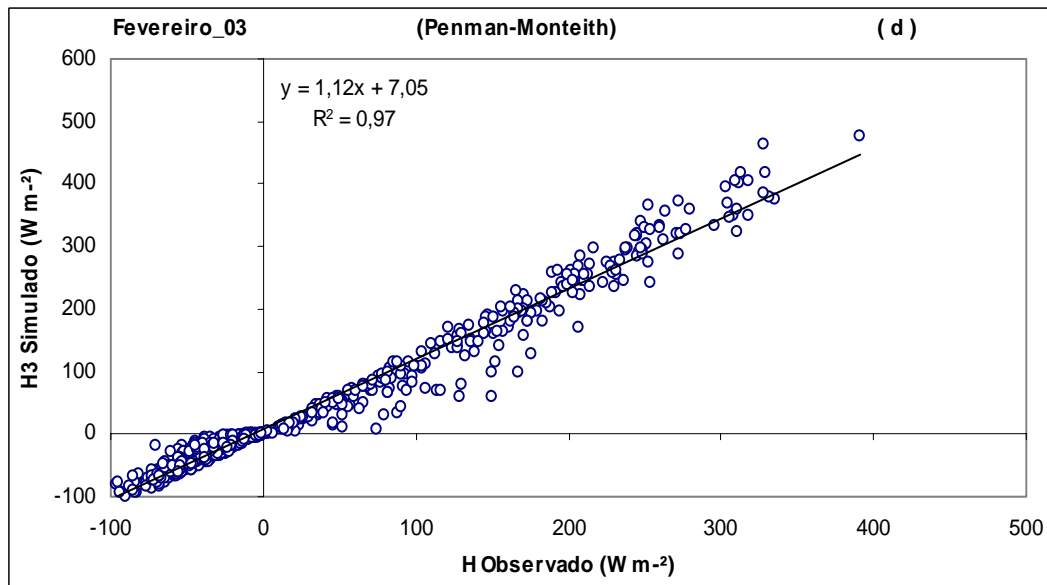


Figura 19(d) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de fevereiro de 2003.

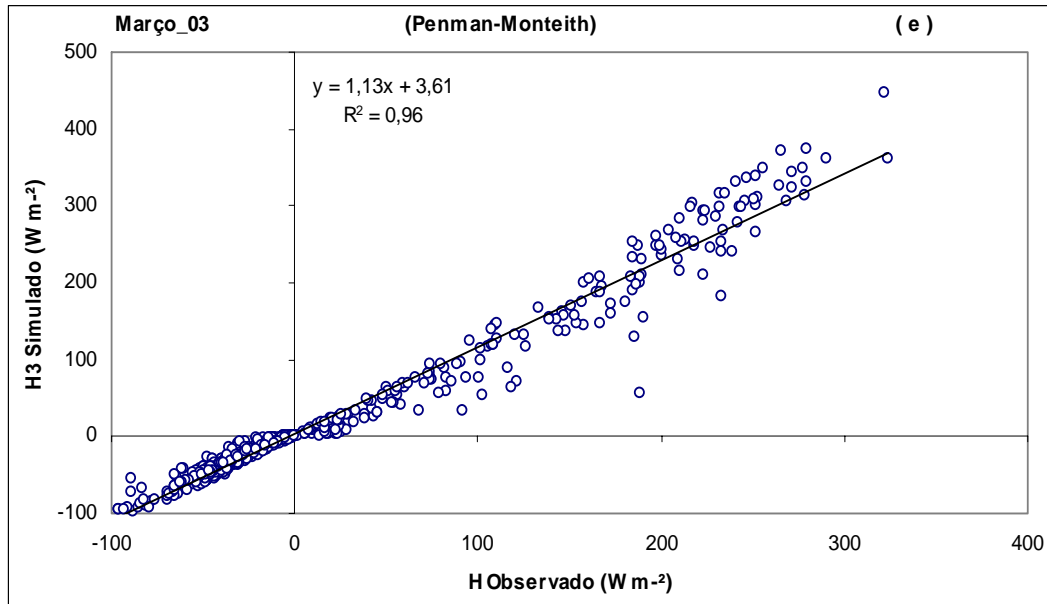


Figura 19(e) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de março de 2003.

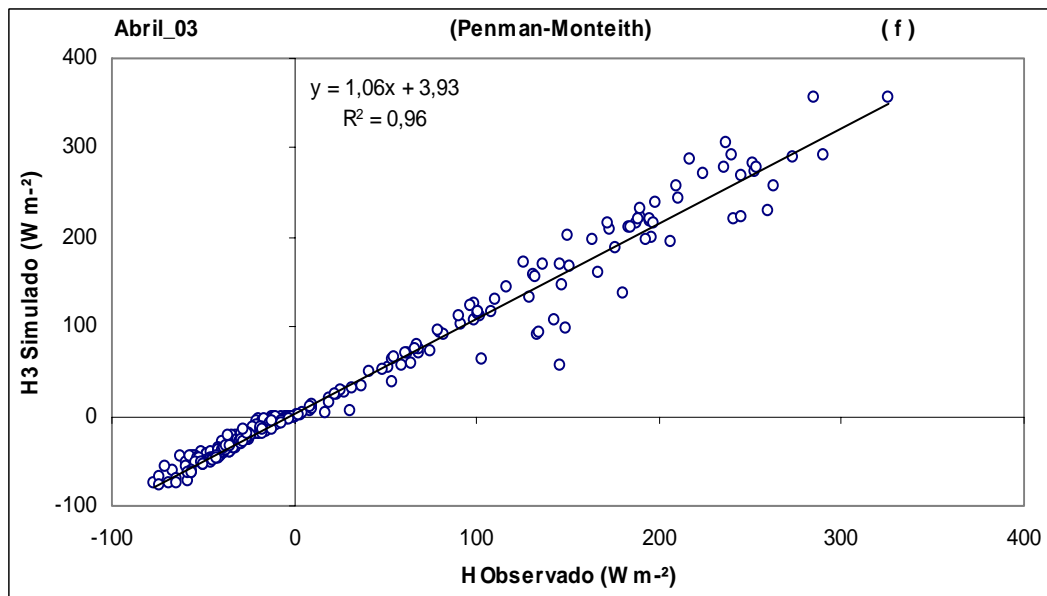


Figura 19(f) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de abril de 2003.

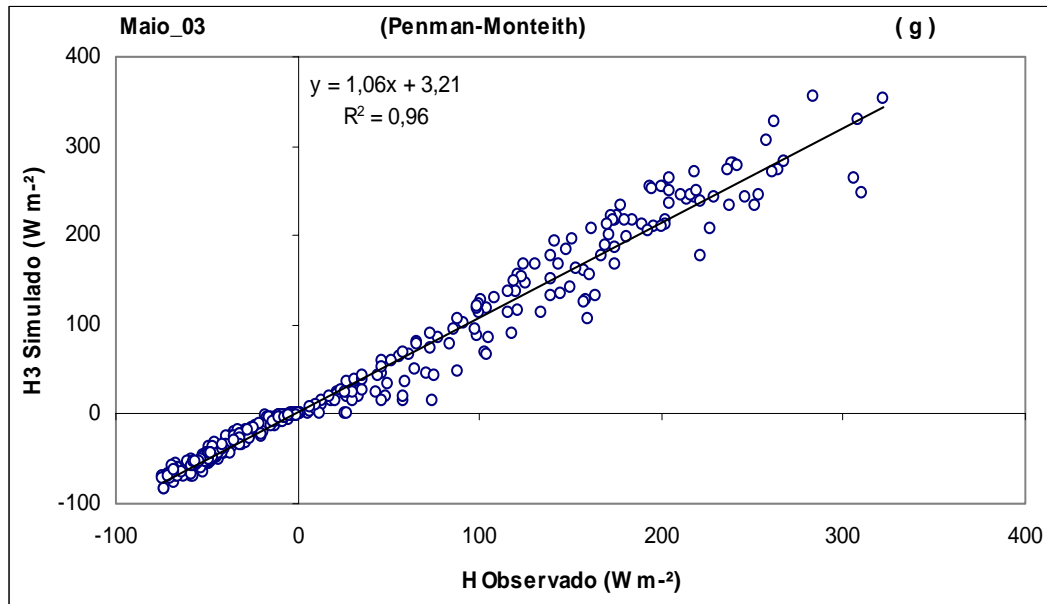


Figura 19(g) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de maio de 2003.

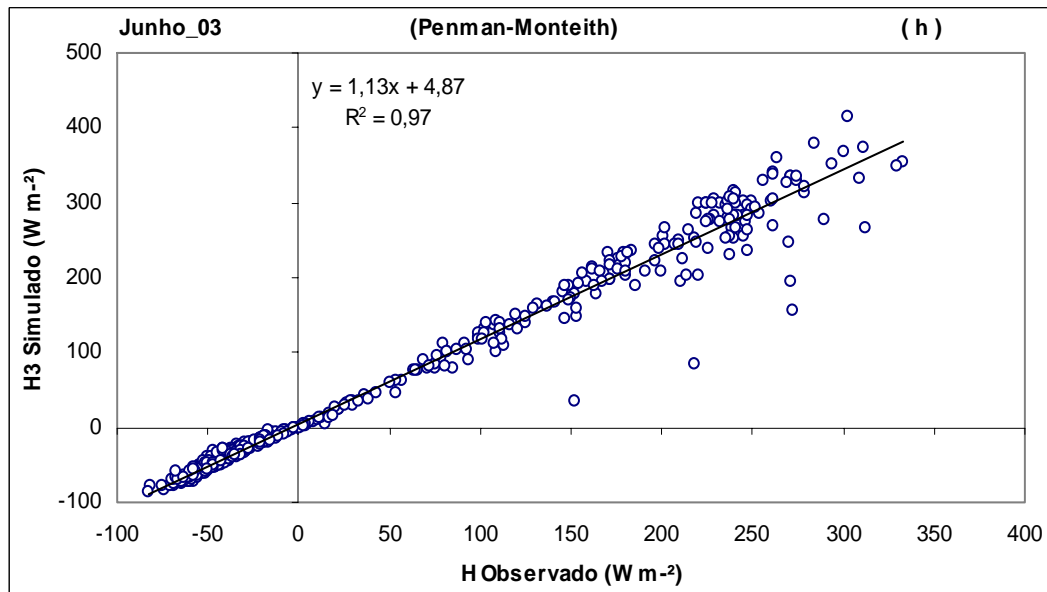


Figura 19(h) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de junho de 2003.

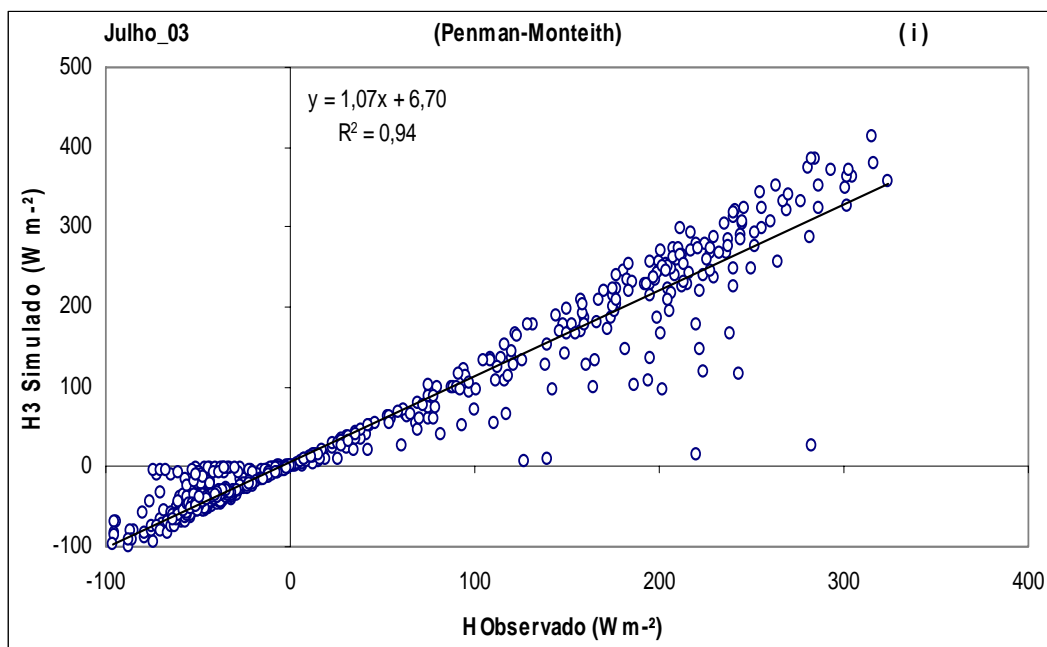


Figura 19(i) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de julho de 2003.

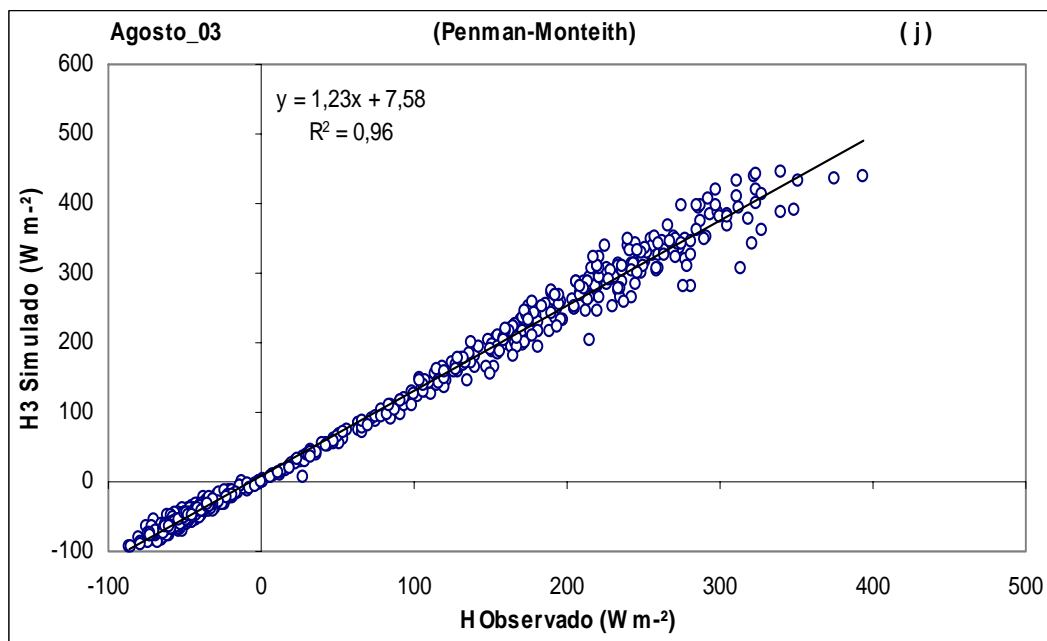


Figura 19(j) – Gráfico de dispersão da variação horária do fluxo de calor sensível, utilizando o método de Penman-Monteith para o mês de agosto de 2003.

Tabela 6 – Valores do desvio médio do erro (MBE) e raiz do erro quadrado médio (RMSE) para variação horária do fluxo de calor sensível simulado pelos métodos de Shuttleworth, Bruin-Holtslag e Penman-Monteith.

Meses	Shuttleworth		Bruin-Holtslag		Penman-Monteith	
	M BE	RMSE	M BE	RMSE	M BE	RMSE
nov/02	10,54	35,10	-7,33	24,43	16,08	42,58
dez/02	10,82	32,67	-7,53	22,73	14,32	34,98
jan/03	8,85	33,80	-6,16	23,52	16,59	41,72
fev/03	4,10	25,32	-14,44	24,70	8,93	22,23
mar/03	6,41	25,25	-10,41	21,14	6,69	22,93
abr/03	6,49	24,80	-15,14	23,77	12,51	35,26
mai/03	8,17	26,00	-5,69	18,09	5,08	18,08
jun/03	11,62	32,86	-8,09	22,87	10,67	26,99
jul/03	9,79	30,68	-6,82	21,35	9,38	32,20
ago/03	11,20	33,84	-7,79	23,55	17,64	35,91

Tabela 7 – Valores de t-calculado e t-crítico ao nível de significância de 95% e 99% de probabilidade para variação horária do fluxo de calor sensível simulado pelos métodos de Shuttleworth, Bruin-Holtslag e Penman-Monteith.

Meses	SHUTTLEWORTH			BRUIN-HOLTSLAG			PENMAN-MONTEITH		
	t (calc.)	t (95%)	t (99%)	t (calc.)	t (95%)	t (99%)	t (calc.)	t (95%)	t (99%)
nov/02	3,87	1,97	2,59	3,97	1,97	2,59	3,31	1,97	2,59
dez/02	4,51	1,96	2,58	4,12	1,96	2,58	3,88	1,96	2,58
jan/03	4,19	1,96	2,59	3,89	1,96	2,59	3,76	1,97	2,60
fev/03	3,91	1,96	2,58	4,01	1,97	2,59	3,67	1,96	2,58
mar/03	4,19	1,96	2,58	4,25	1,97	2,59	4,02	1,96	2,58
abr/03	3,68	1,97	2,59	3,79	1,98	2,61	3,17	1,97	2,59
mai/03	4,61	1,97	2,59	4,27	1,97	2,59	4,02	1,97	2,59
jun/03	4,35	1,96	2,59	4,12	1,96	2,59	3,87	1,96	2,59
jul/03	4,31	1,96	2,58	4,02	1,96	2,58	3,89	1,96	2,58
ago/03	3,45	1,96	2,58	3,74	1,96	2,58	3,25	1,96	2,58

4.6.2. Simulação do fluxo de calor sensível em base média horária

As estimativas da variação média horária do fluxo de calor sensível e seu valor observado podem ser visualizados nas Figuras 20a a 20j. Os picos máximos de fluxo de calor sensível ocorrem em torno de 12 horas e variam entre $179,44 \text{ W.m}^{-2}$ na época chuvosa (março) e $298,18 \text{ W.m}^{-2}$ na época menos chuvosa (novembro). Durante o período noturno até o início da manhã predominam valores negativos de H, indicando transferência de energia no sentido da atmosfera para a superfície vegetada, e que esta transferência é maior no período menos chuvoso devido a maior demanda de radiação, e tende a reduzir no período chuvoso em que os gradientes térmicos entre superfície vegetada e atmosfera são menores. Na estação menos chuvosa os máximos diurnos de calor sensível tendem a ocorrer em torno de 12 horas. Porém, ao iniciar a estação chuvosa, esses máximos tendem a deslocar-se, passando a ocorrer entre 12 e 14 horas. Essa defasagem horária deve estar associada ao maior desenvolvimento e adensamento de nuvens no período chuvoso, fazendo variar o valor de H (Figuras 20b a 20e).

Os métodos utilizados na estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível no manguezal apresentaram desempenho satisfatório, com destaque para os métodos baseados em Shuttleworth e Bruin-Holtslag que mostraram pequena diferença entre valores observados e simulados em todo período, com coeficiente de determinação r^2 variando entre 0,94 e 0,98. Contudo, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 8 dos testes MBE e RMSE, esses métodos fazem ligeira subestimativa do comportamento de H (MBE negativo) e o melhor desempenho é atribuído ao modelo baseado em Shuttleworth que apresentou os menores valores da raiz do erro quadrado médio (RMSE).

O método de Penman-Monteith têm seu melhor desempenho nos meses da estação chuvosa (Figuras 20d a 20i) em que apresenta os menores valores de RMSE, fazendo estimativas muito próximas aos demais métodos e apresenta ligeira superestimativa no ciclo diurno dos meses menos chuvosos, o que é representado pelos valores positivos do teste MBE apresentado na Tabela 8. Para o ciclo noturno, as estimativas dos modelos são muito próximas do valor observado e praticamente não há defasagem de valores de H que possa ser considerada significativa entre os modelos.

De acordo com a Tabela 9 o método de Shuttleworth é o que apresenta melhor significância estatística ao nível de confiança de 99%. Os métodos de Bruin-Holtslag e Penman-Monteith apresentam nível de significância variando entre 95% e 99%, contudo o método de Bruin-Holtslag apresenta maior significância estatística em relação ao método de Penman-Monteith para variação média horário do fluxo de calor sensível.

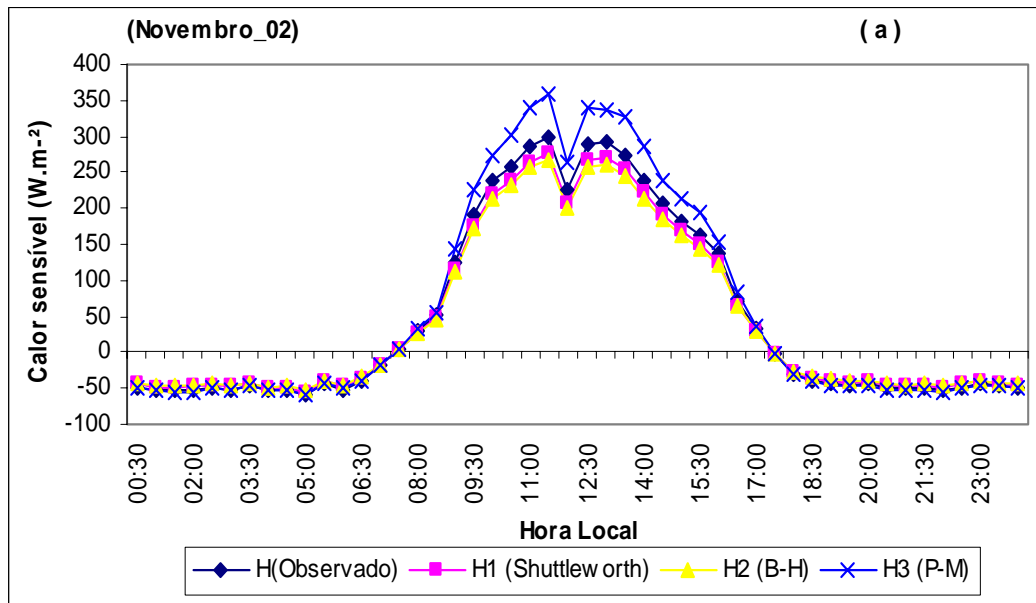


Figura 20(a) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de novembro de 2002.

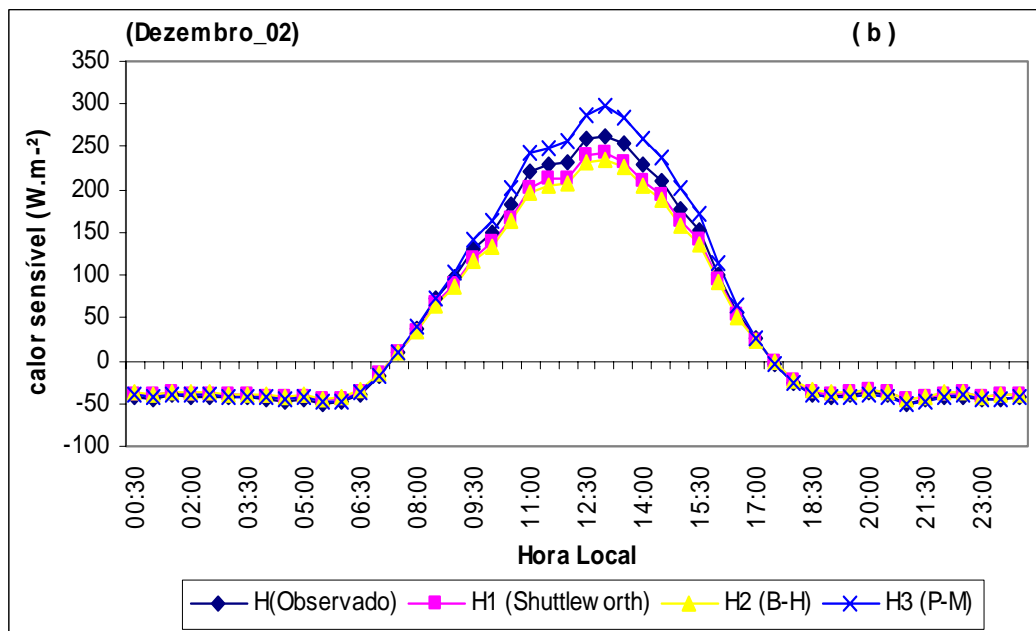


Figura 20(b) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de dezembro de 2002.

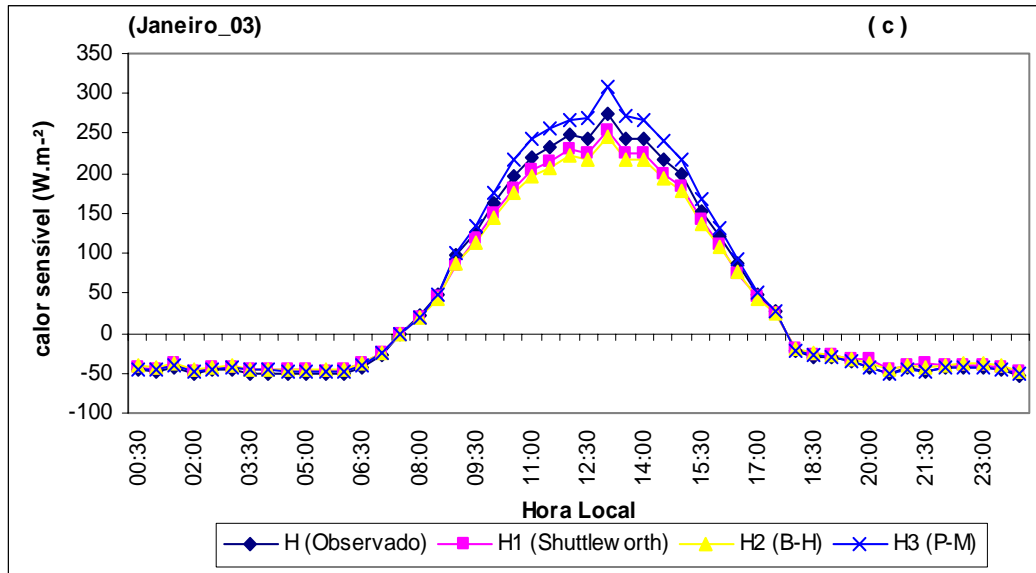


Figura 20(c) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de janeiro de 2003.

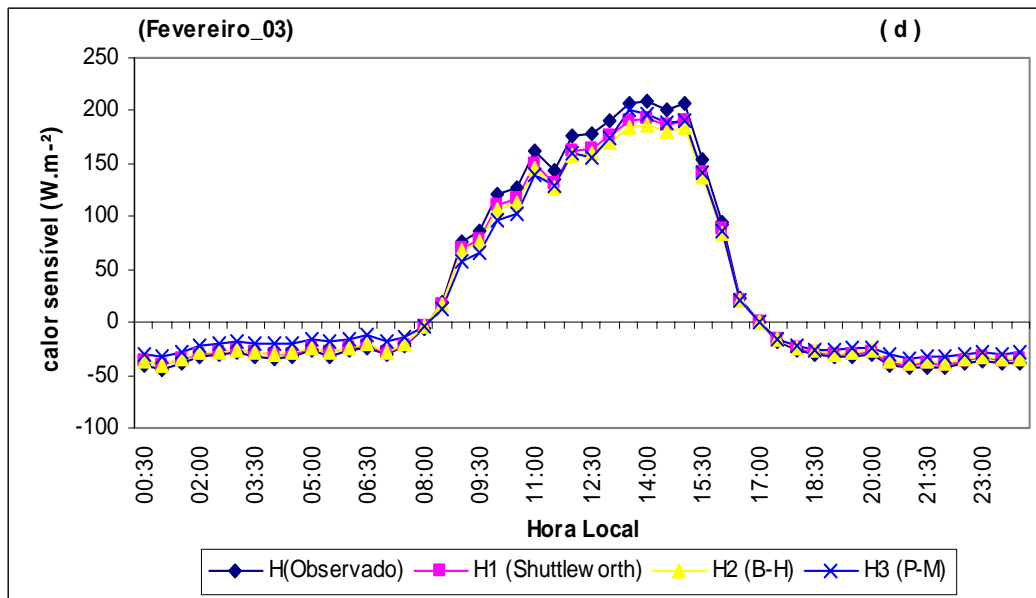


Figura 20(d) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de fevereiro de 2003.

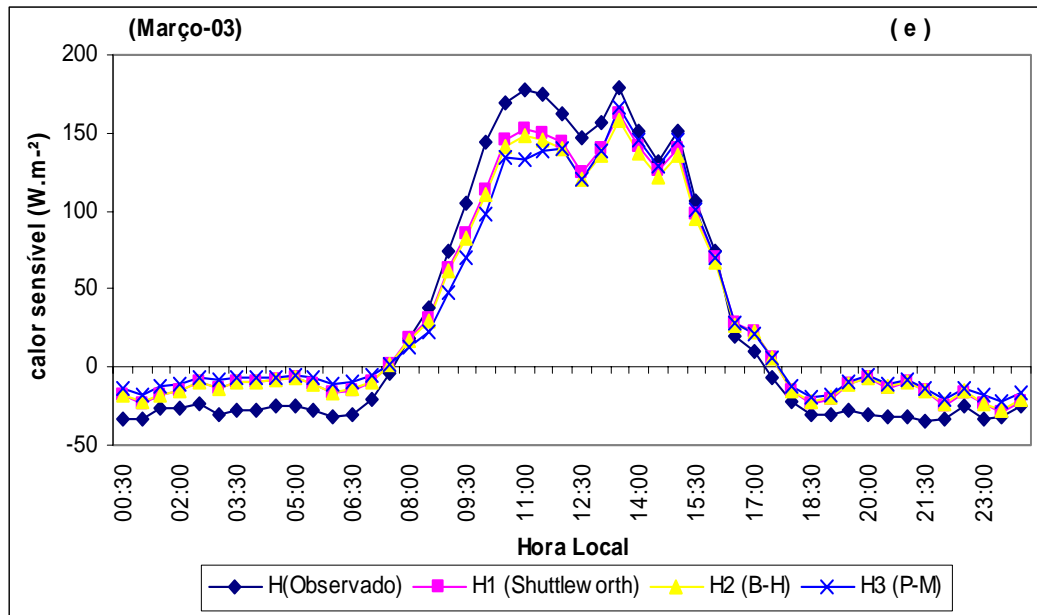


Figura 20(e) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de março de 2003.

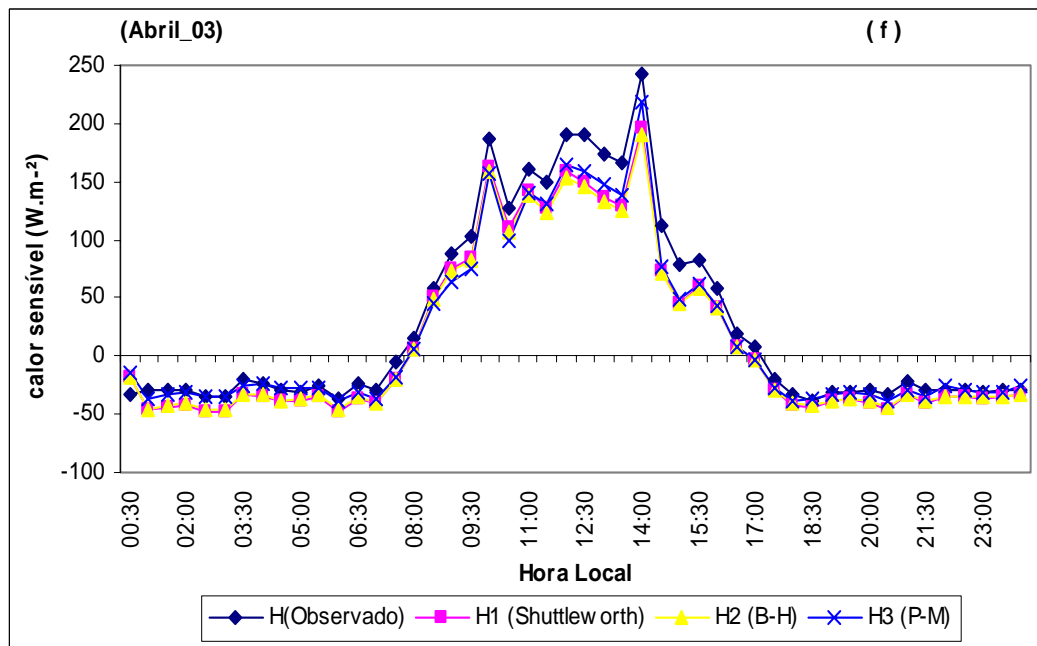


Figura 20(f) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de abril de 2003.

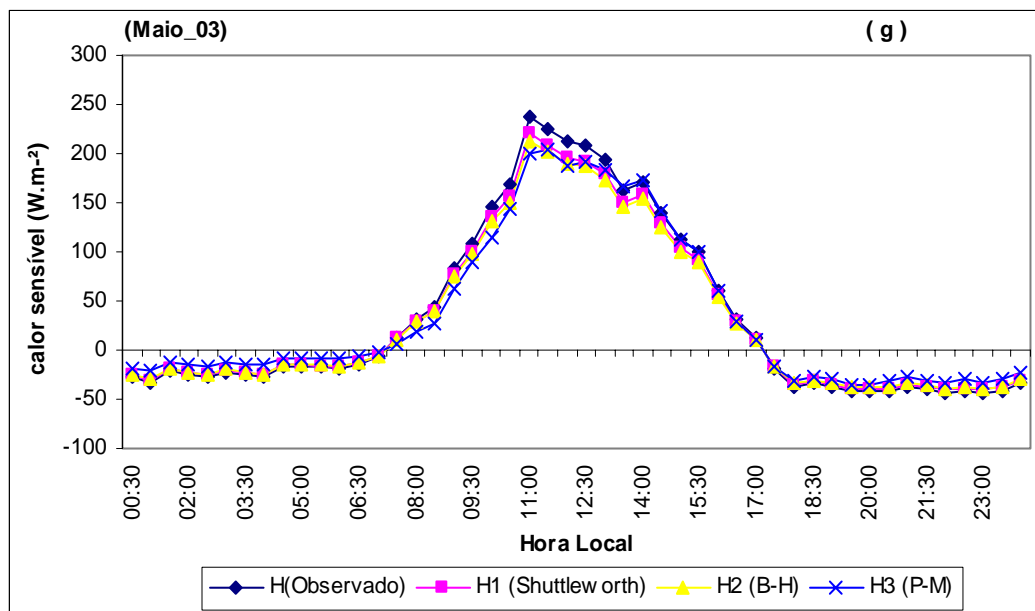


Figura 20(g) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de maio de 2003.

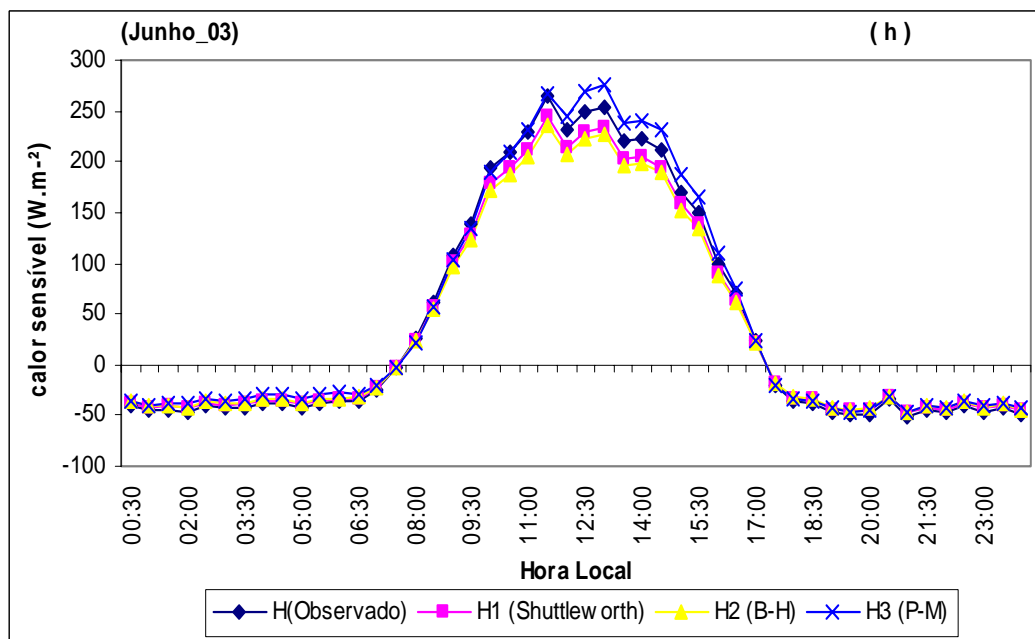


Figura 20(h) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de junho de 2003.

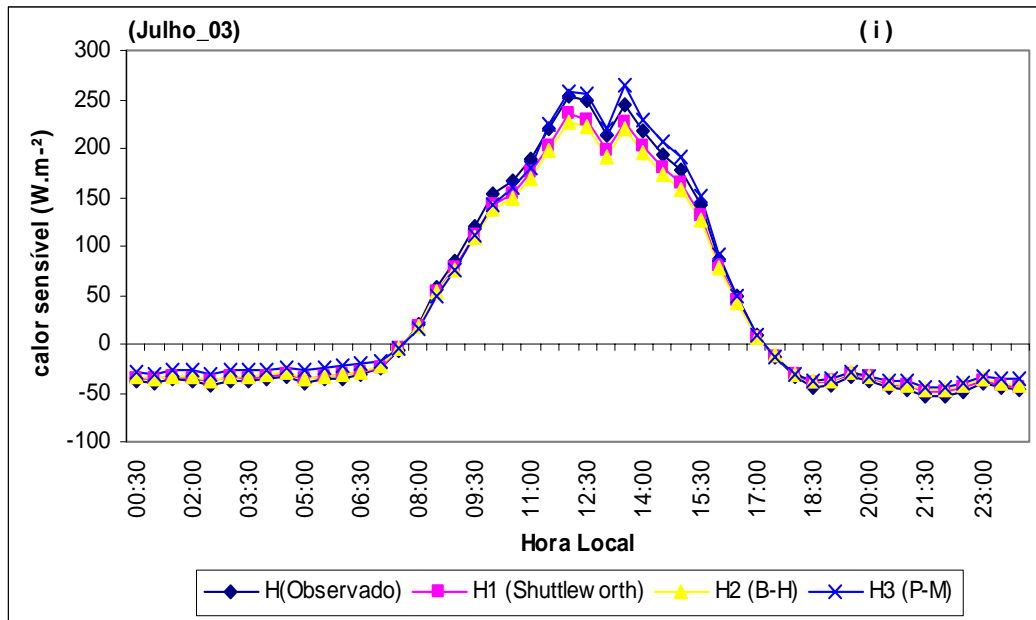


Figura 20(i) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de julho de 2003.

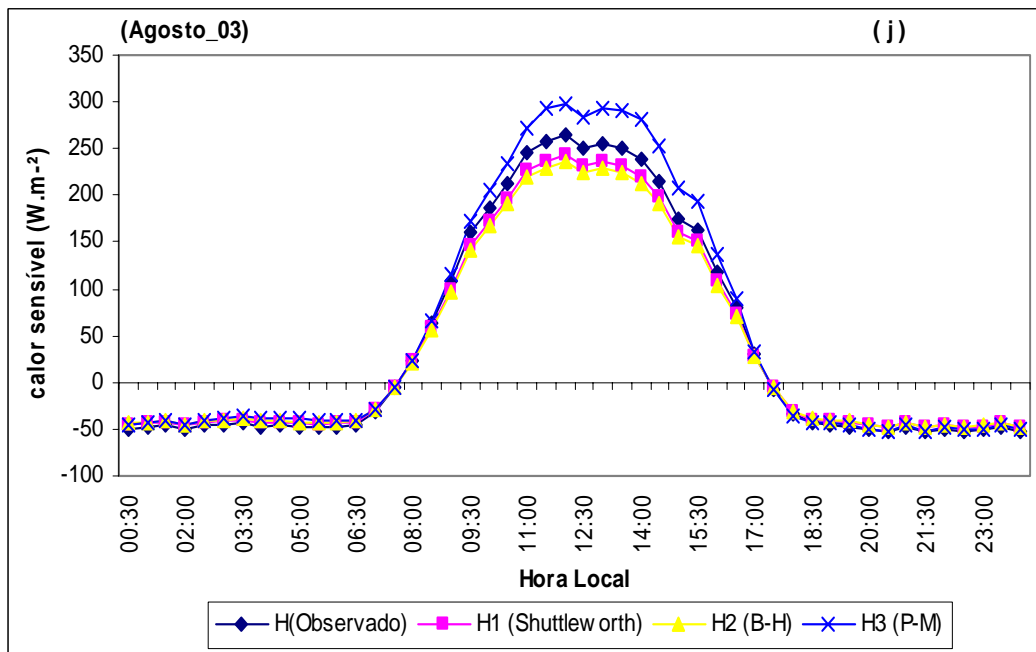


Figura 20(j) – Estimativa da variação média horária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de agosto de 2003.

Tabela 8 – Valores do desvio médio do erro (MBE) e raiz do erro quadrado médio (RMSE) para variação média horária do fluxo de calor sensível simulado pelos métodos de Shuttleworth, Bruin-Holtslag e Penman-Monteith

Meses	Shuttleworth		Bruin-Holtslag		Penman-Monteith	
	M BE	RMSE	M BE	RMSE	M BE	RMSE
nov/02	-3,75	10,52	-5,14	14,39	11,87	23,16
dez/02	-3,15	9,03	-4,31	12,36	7,19	12,98
jan/03	-3,28	9,32	-4,48	12,75	6,80	11,59
fev/03	-2,25	7,27	-3,07	9,95	0,61	12,36
mar/03	3,11	15,10	2,12	16,72	3,18	20,17
abr/03	-5,04	18,68	-5,46	20,12	-3,14	15,65
mai/03	-2,61	7,35	-3,58	10,06	0,38	13,42
jun/03	-3,17	9,16	-4,33	12,54	6,36	9,11
jul/03	-2,82	8,50	-3,86	11,64	5,71	9,02
ago/03	-3,24	9,64	-4,44	13,20	11,43	17,61

Tabela 9 – Valores de t-calculado e t-crítico ao nível de significância de 95% e 99% de probabilidade para variação média horária do fluxo de calor sensível simulado pelos métodos de Shuttleworth, Bruin-Holtslag e Penman-Monteith

Meses	SHUTTLEWORTH			BRUIN-HOLTSLAG			PENMAN-MONTEITH		
	t (calc.)	t (95%)	t (99%)	t (calc.)	t (95%)	t (99%)	t (calc.)	t (95%)	t (99%)
nov/02	2,82	2,01	2,68	2,63	2,01	2,68	2,57	2,01	2,68
dez/02	2,85	2,01	2,68	2,57	2,01	2,68	2,56	2,01	2,68
jan/03	2,77	2,01	2,68	2,53	2,01	2,68	2,97	2,01	2,68
fev/03	2,83	2,01	2,68	2,73	2,01	2,68	2,69	2,01	2,68
mar/03	2,45	2,01	2,68	2,28	2,01	2,68	2,10	2,01	2,68
abr/03	2,81	2,01	2,68	2,77	2,01	2,68	2,97	2,01	2,68
mai/03	2,91	2,01	2,68	2,61	2,01	2,68	2,19	2,01	2,68
jun/03	2,52	2,01	2,68	2,55	2,01	2,68	2,88	2,01	2,68
jul/03	2,81	2,01	2,68	2,43	2,01	2,68	2,70	2,01	2,68
ago/03	2,89	2,01	2,68	2,47	2,01	2,68	2,09	2,01	2,68

4.6.3. Simulação do fluxo de calor sensível em base diária

As estimativas médias diárias do fluxo de calor sensível e seu valor observado estão ilustrados nas Figuras 21a a 21j e correspondem ao período de novembro de 2002 a agosto de 2003.

As flutuações do fluxo de calor sensível apresentam uma tendência crescente no período menos chuvoso, devido a maior disponibilidade da radiação solar, e decrescente na época chuvosa. Os fluxos médios diários de calor sensível são predominantemente positivos, indicando transferência de calor no sentido da superfície para a atmosfera. Os dias que aparecem negativos ocorrem devido à ausência de dados no ciclo diurno e a simulação é feita apenas com dados noturnos. Daí o aparecimento de valores negativos para variação média diária do fluxo de calor sensível em determinados dias.

As análises de erro obtidas pelos testes MBE e RMSE (Tabela 10), confirmam que os três métodos utilizados na estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível podem ser considerados satisfatórios, o que resultou em baixos valores de MBE e RMSE. Os métodos propostos por Shuttleworth e Bruin-Holtslag apresentam ligeira subestimativa em todos os meses analisados, com valores negativos de MBE e resultados muito semelhantes entre si e próximos do valor medido no manguezal.

O método de Penman-Monteith difere um pouco dos dois, porém com simulações também muito próximas do valor observado. Este método apresenta ligeira superestimativa no período menos chuvoso e meses de transição para o período chuvoso e ligeira subestimativa no período chuvoso como pode ser constatado na Tabela 10 em que MBE é positivo para os meses de novembro, dezembro e janeiro e negativo entre os meses de fevereiro a agosto. Contudo, a utilização de qualquer dos métodos pode ser recomendada para estimar valores médios diários de fluxo de calor sensível no manguezal.

O teste de significância estatística apresentado na Tabela 11 confirma os resultados das análises de regressão linear em que a maior significância estatística é conferida ao método de Shuttleworth, seguido do método de Bruin-Holtslag que apresentam significância estatística variando entre 95% e 99%. O método de Penman-Monteith apresenta menor significância estatística em relação aos demais métodos principalmente nos meses menos chuvosos. Contudo, todos os métodos apresentam significância estatística acima de 95%, confirmando a aplicabilidade desses métodos na estimativa do fluxo de calor sensível em ecossistema de manguezal.

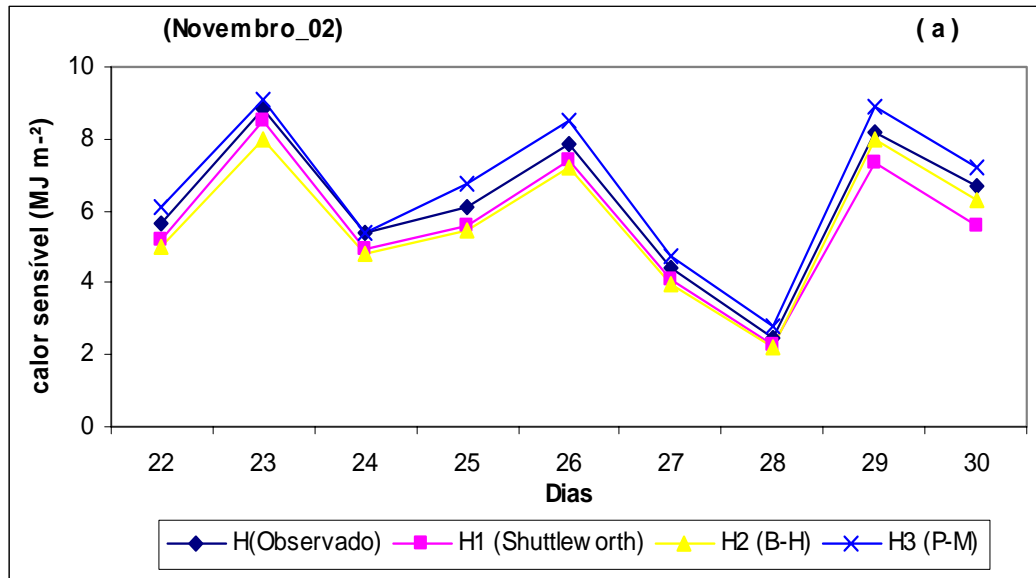


Figura 21(a) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de novembro de 2002.

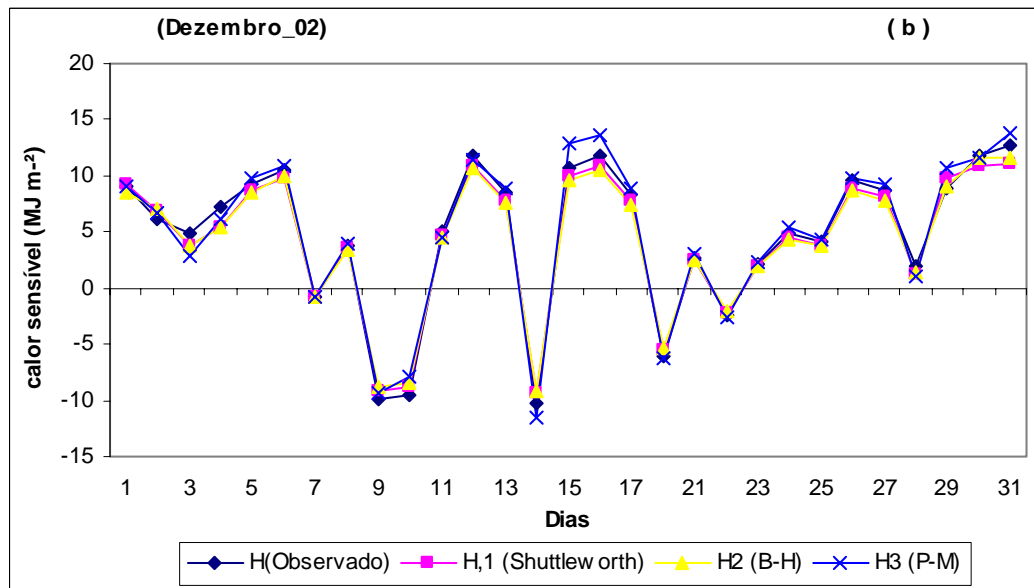


Figura 21(b) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de dezembro de 2002.

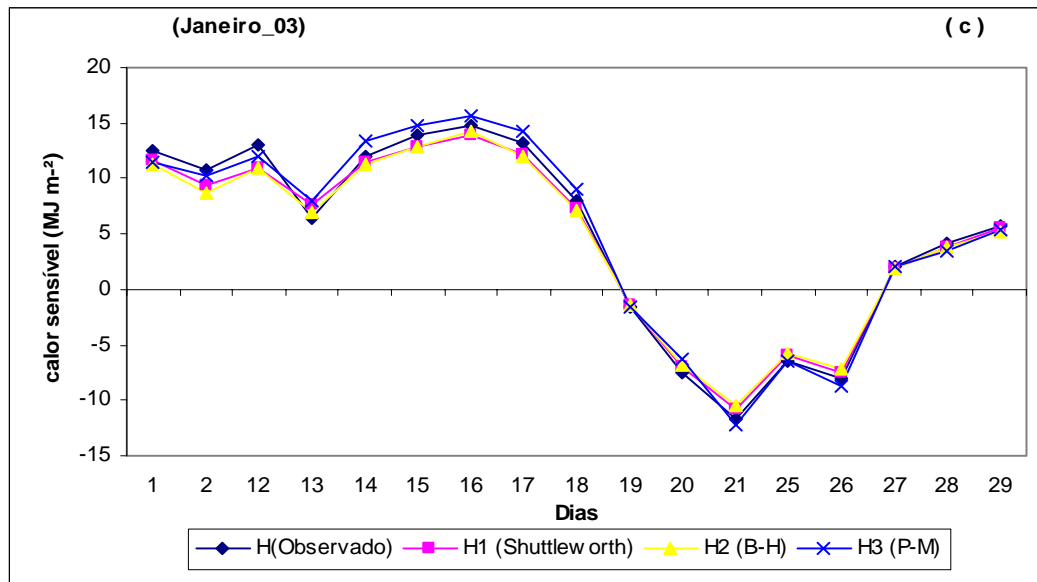


Figura 21(c) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de janeiro de 2003.

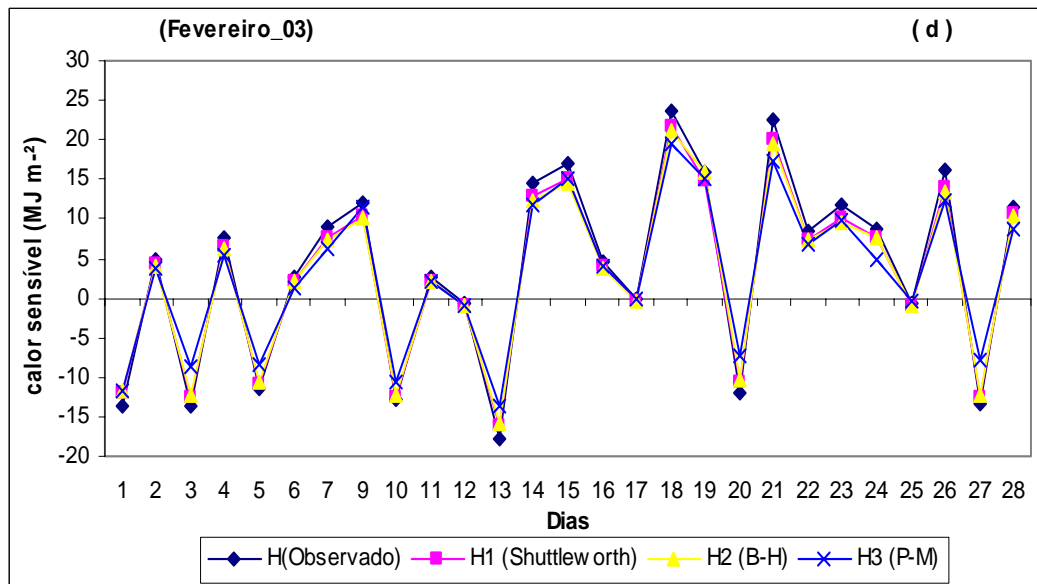


Figura 21(d) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de fevereiro de 2003.

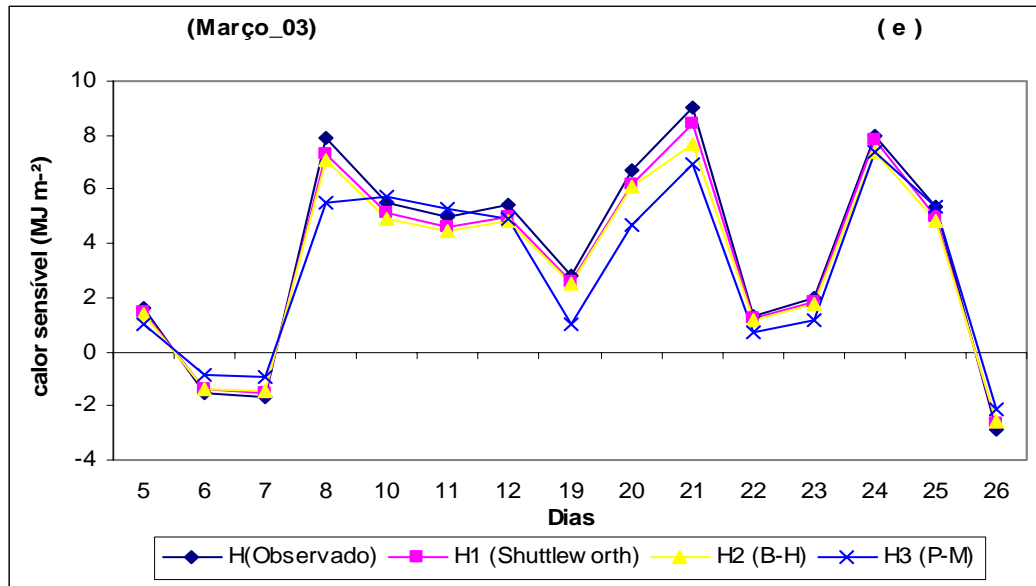


Figura 21(e) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de março de 2003.

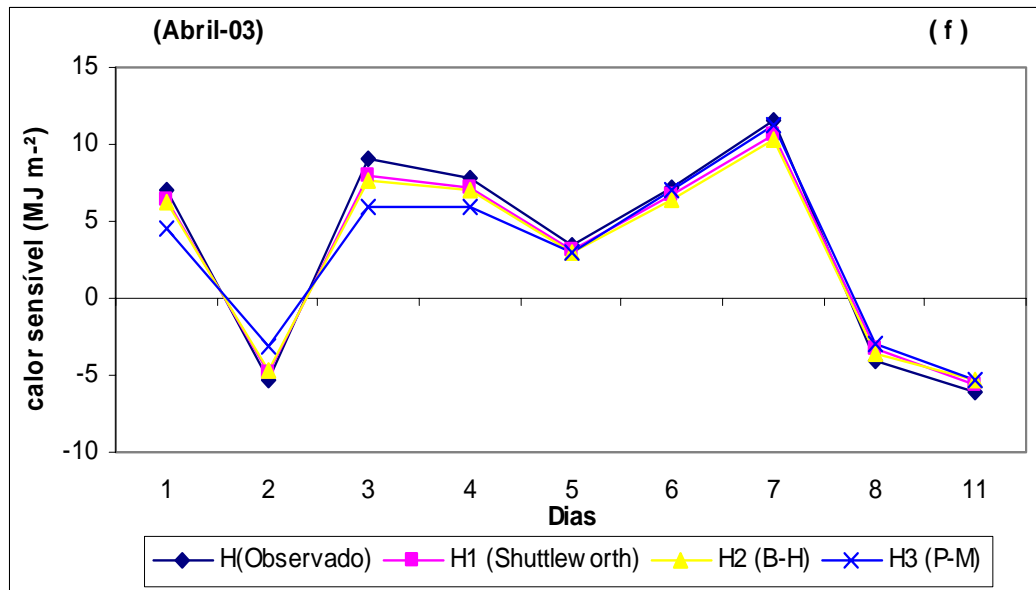


Figura 21(f) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de abril de 2003.

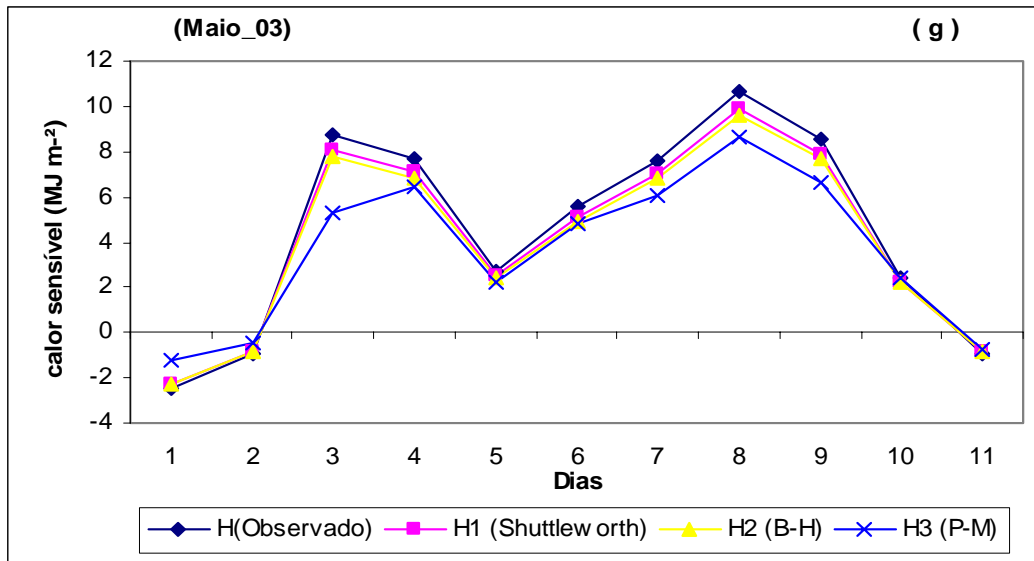


Figura 21(g) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de maio de 2003.

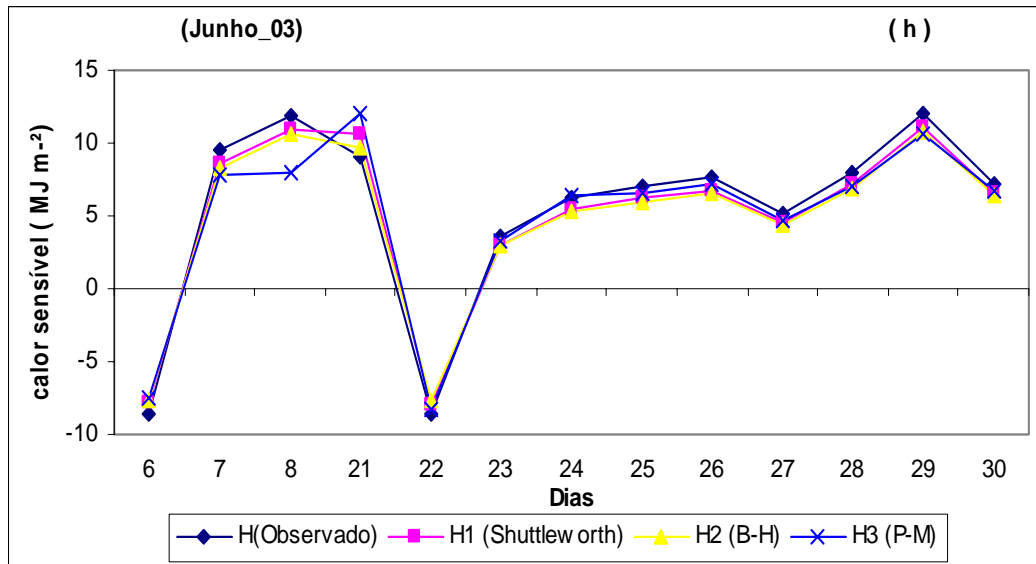


Figura 21(h) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de junho de 2003.

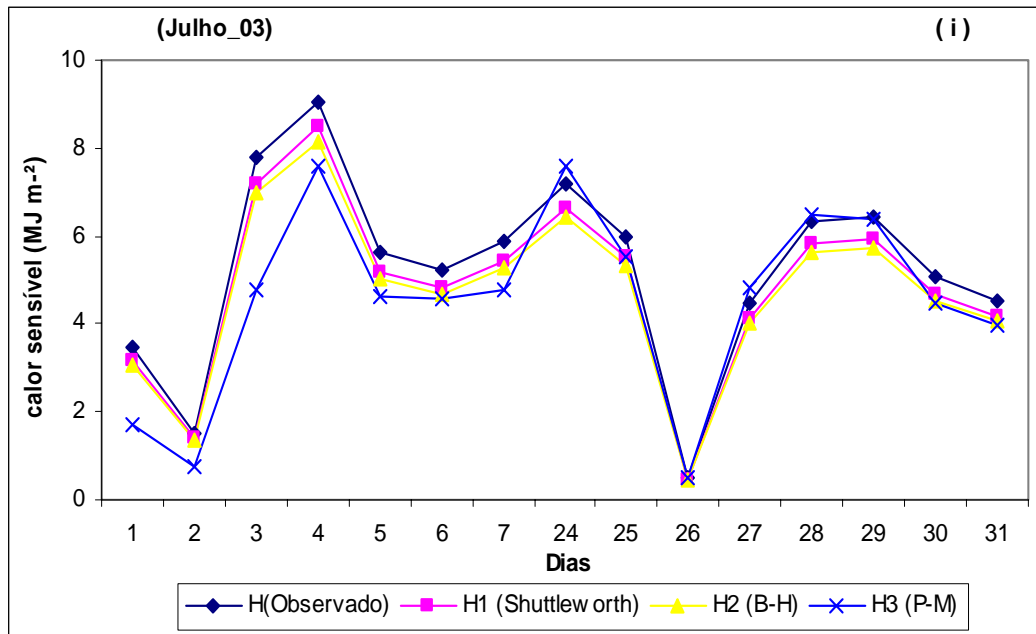


Figura 21(i) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de julho de 2003.

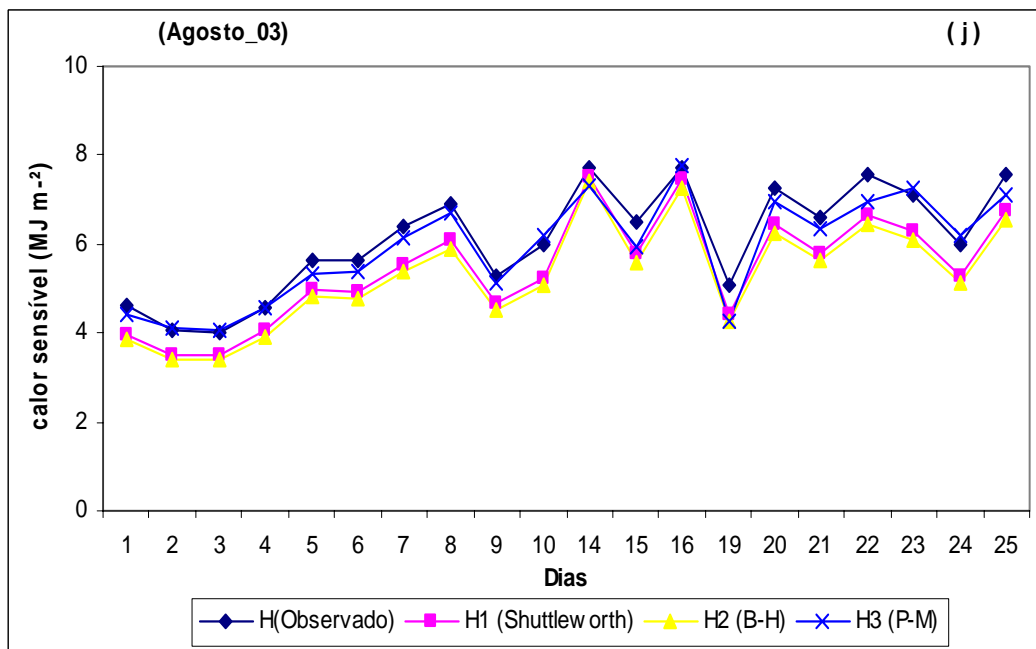


Figura 21(j) – Estimativa da variação média diária do fluxo de calor sensível, utilizando modelos empíricos baseados em Shuttleworth (H1), Bruin-Holtslag (H2) e Penman-Monteith (H3) para o mês de janeiro de 2003.

Tabela 10 – Valores do desvio médio do erro (MBE) e raiz do erro quadrado médio (RMSE) para variação diária do fluxo de calor sensível simulado pelos métodos de Shuttleworth, Bruin-Holtslag e Penman-Monteith

Meses	Shuttleworth		Bruin-Holtslag		Penman-Monteith	
	M BE	RMSE	M BE	RMSE	M BE	RMSE
nov/02	-2,70	3,36	-3,69	4,60	3,10	4,43
dez/02	-2,03	3,28	-2,77	4,48	1,50	3,59
jan/03	-1,77	3,29	-2,42	4,51	2,01	3,86
fev/03	-1,78	3,85	-2,07	4,79	-1,75	4,24
mar/03	-1,60	2,30	-2,18	3,15	-3,85	7,71
abr/03	-1,00	1,45	-1,37	1,93	-1,36	1,93
mai/03	-1,79	2,51	-2,45	3,44	-4,96	8,82
jun/03	-4,21	6,27	-5,41	8,30	-4,39	8,08
jul/03	-2,52	3,41	-3,45	4,66	-5,82	8,63
ago/03	-3,19	6,32	-3,37	6,52	-1,65	2,58

Tabela 11 – Valores de t-calculado e t-crítico ao nível de significância de 95% e 99% de probabilidade para variação diária do fluxo de calor sensível simulado pelos métodos de Shuttleworth, Bruin-Holtslag e Penman-Monteith

Meses	SHUTTLEWORTH			BRUIN-HOLTSLAG			PENMAN-MONTEITH		
	t (calc.)	t (95%)	t (99%)	t (calc.)	t (95%)	t (99%)	t (calc.)	t (95%)	t (99%)
nov/02	3,82	2,31	3,36	3,81	2,31	3,36	2,77	2,31	3,36
dez/02	4,17	2,05	2,76	4,17	2,05	2,76	2,43	2,05	2,76
jan/03	2,55	2,12	2,92	2,54	2,12	2,92	2,44	2,12	2,92
fev/03	2,66	2,06	2,78	2,44	2,06	2,78	2,32	2,06	2,78
mar/03	3,59	2,14	2,98	3,58	2,14	2,98	2,16	2,14	2,98
abr/03	2,69	2,31	3,36	2,85	2,31	3,36	2,81	2,31	3,36
mai/03	3,21	2,23	3,17	3,20	2,23	3,17	2,15	2,23	3,17
jun/03	3,15	2,18	3,05	2,98	2,18	3,05	2,24	2,18	3,05
jul/03	4,12	2,14	2,98	4,10	2,14	2,98	3,42	2,14	2,98
ago/03	2,55	2,09	2,86	2,63	2,09	2,86	3,63	2,09	2,86

4.7. Fluxo de calor latente (LE)

4.7.1. Simulação do fluxo de calor latente em base horária

De uma forma geral, os modelos apresentam um menor desempenho nas simulações dos fluxos de LE (Figuras 22 a 24) quando comparado com as simulações para H. Este resultado pode estar relacionado aos parâmetros utilizados no cálculo de LE, indicando a necessidade de melhor ajuste, principalmente os parâmetros responsáveis pelo controle estomático e conseqüentemente pela transpiração. Na parametrização da resistência estomática, os erros podem ser decorrentes da não consideração de todos os processos biológicos e fatores ambientais que controlam os mecanismos fisiológicos, tais como sombreamento, déficit de pressão de vapor, potencial hídrico foliar, umidade do solo e concentração de CO₂, que têm reflexos na condutância estomática, ou seja, este conjunto de fatores inter-relacionados influencia na resposta fisiológica da planta e conseqüentemente na transpiração. Contudo, as simulações representam valores 70 a 80% daqueles observados (Figuras 25 a 27), o que confere aos modelos razoável concordância entre dados observados e estimados. Os resultados observados na forma gráfica e análise de regressão linear estão de acordo com os valores de MBE e RMSE apresentados na Tabela 12, em que a principal característica observada no modelo baseado em Shuttleworth é a superestimativa dos dados tanto no ciclo diurno como noturno em praticamente todo período estudado, o que resultou em valores positivos de MBE. O modelo baseado em Bruin-Holtslag, apresenta como característica a subestimativa dos dados no ciclo diurno em todos os meses (MBE negativo), porém simula satisfatoriamente durante o período noturno. O método de Penman-Monteith é o que apresenta melhor desempenho, uma vez que apresenta menos diferença entre valores observados e simulados, o que é constatado pelos menores valores de MBE e RMSE observados na maioria dos meses avaliados, podendo ser considerado como o mais apropriado para simulação de LE no manguezal. O melhor desempenho observado no método de Penman-Monteith se deve principalmente à consideração de informações sobre o potencial hídrico foliar e déficit de pressão de vapor, uma vez que a abertura estomatal é em grande parte controlada pela turgescência e o movimento de água é governado pelo gradiente de potencial hídrico entre a superfície vegetada e a atmosfera. Um potencial hídrico baixo induz ao fechamento estomatal, o que reduz a condutância foliar e inibe a transpiração. O teste “t” utilizado nas análises estatísticas indicou uma significância estatística no nível de 95% nas estimativas com os modelos de Bruin-Holtslag e Penman-Monteith, e o modelo de Shuttleworth não apresentou significância estatística ao nível de 95% (Tabela 13).

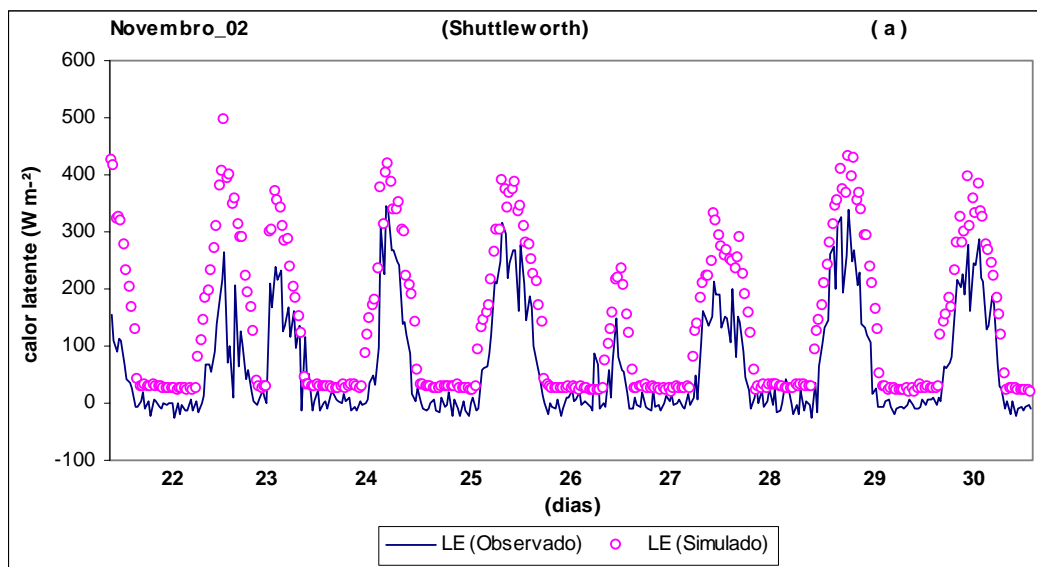


Figura 22(a) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de novembro de 2002.

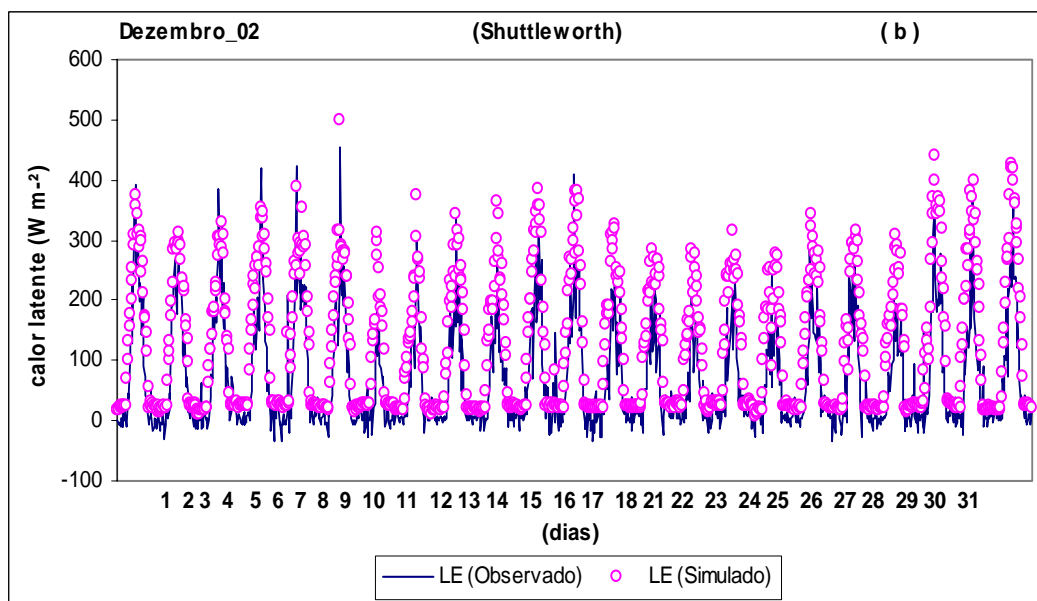


Figura 22(b) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de dezembro de 2002.

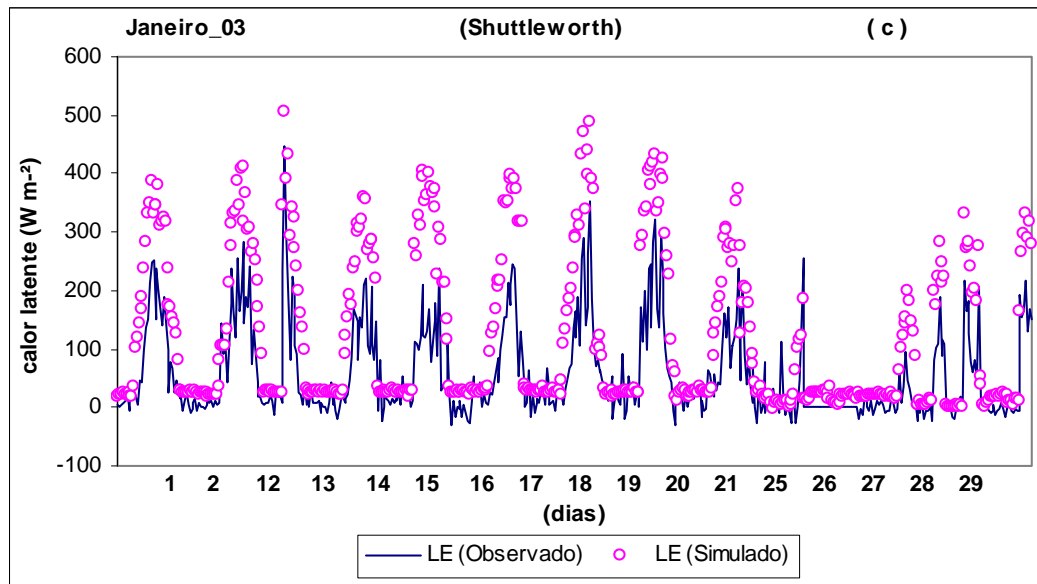


Figura 22(c) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de janeiro de 2003.

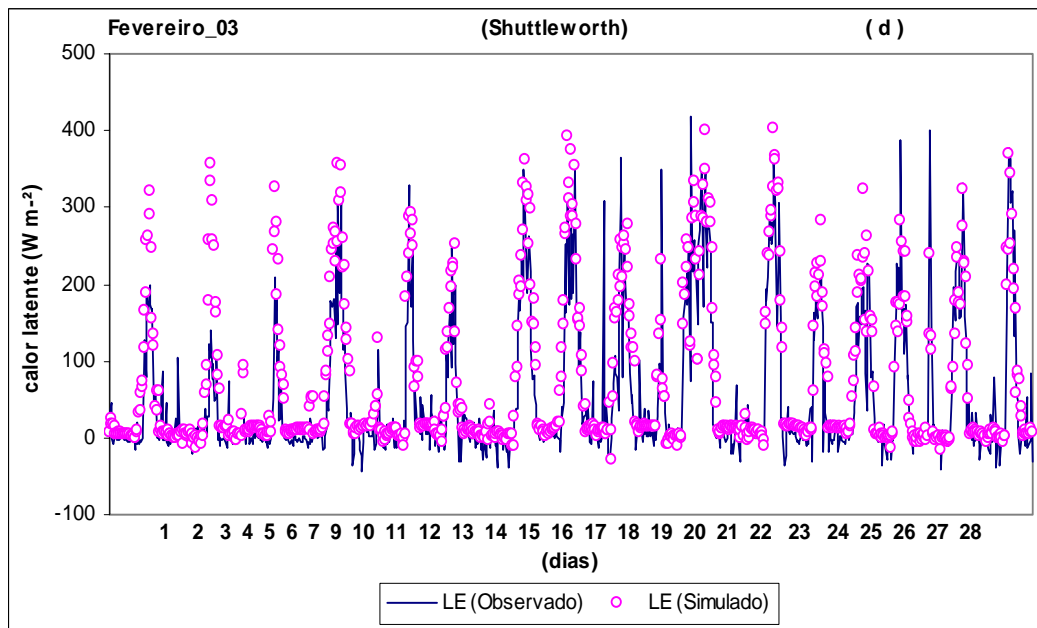


Figura 22(d) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de fevereiro de 2003.

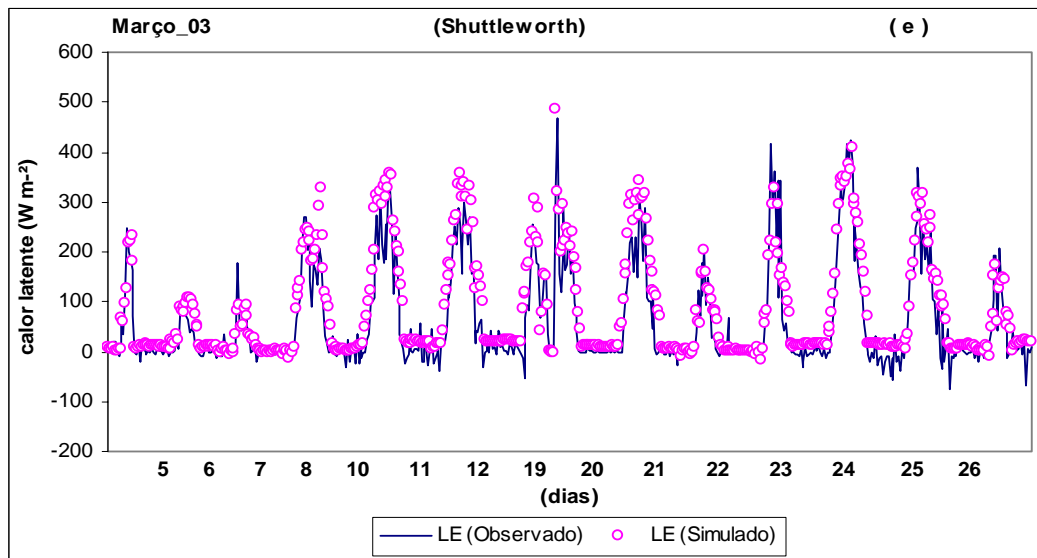


Figura 22(e) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de março de 2003.

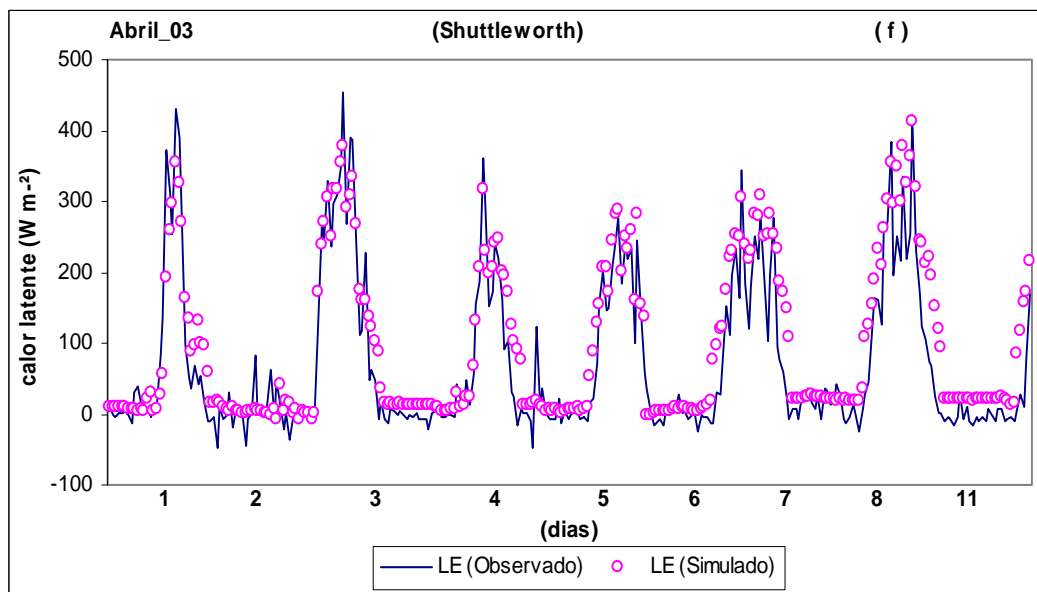


Figura 22(f) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de abril de 2003.

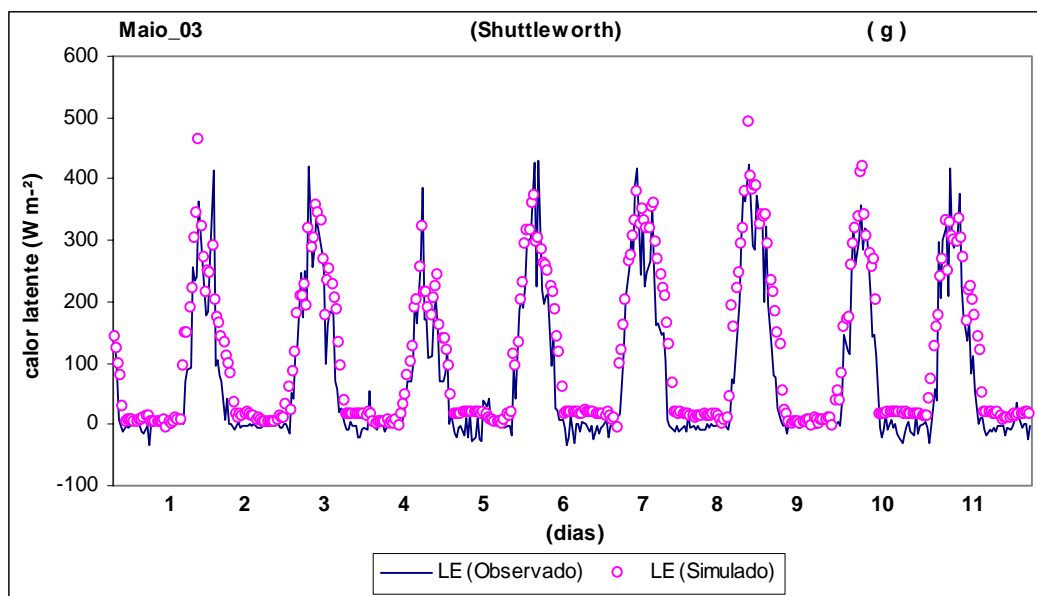


Figura 22(g) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de maio de 2003.

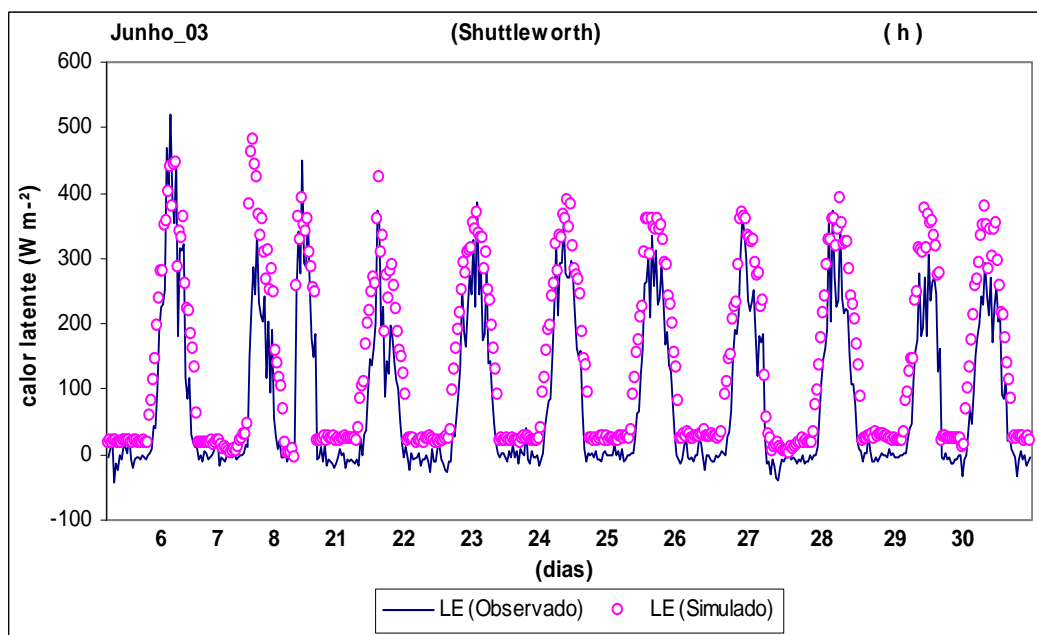


Figura 22(h) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de junho de 2003.

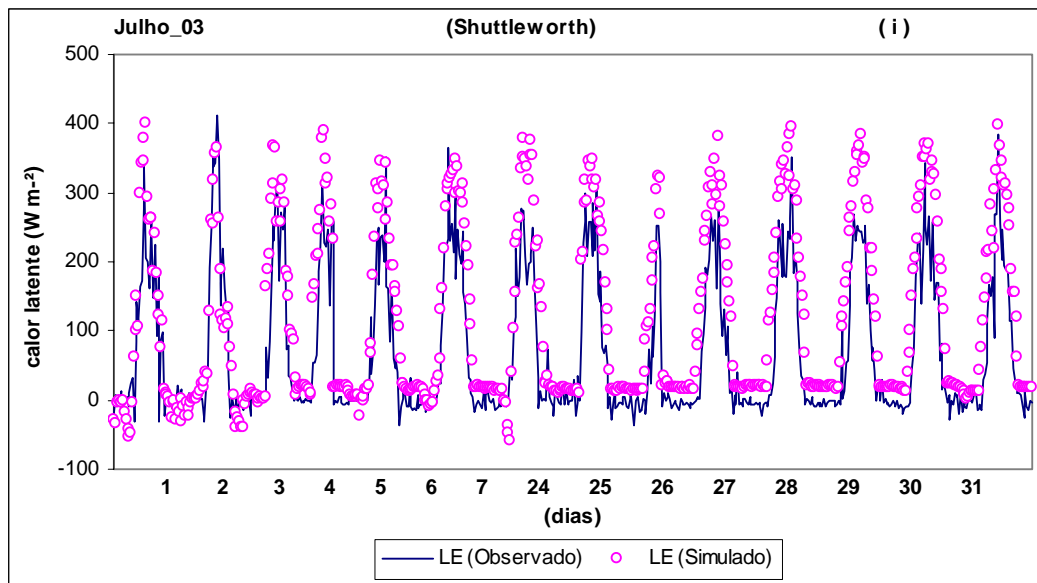


Figura 22(i) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de julho de 2003.

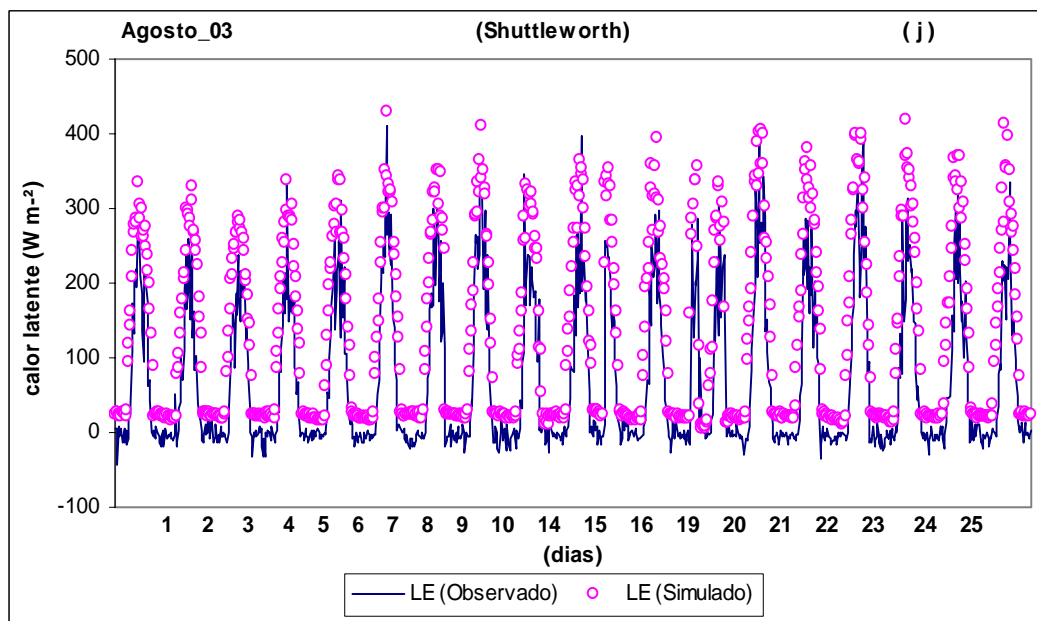


Figura 22(j) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Shuttleworth para o mês de Agosto de 2003.

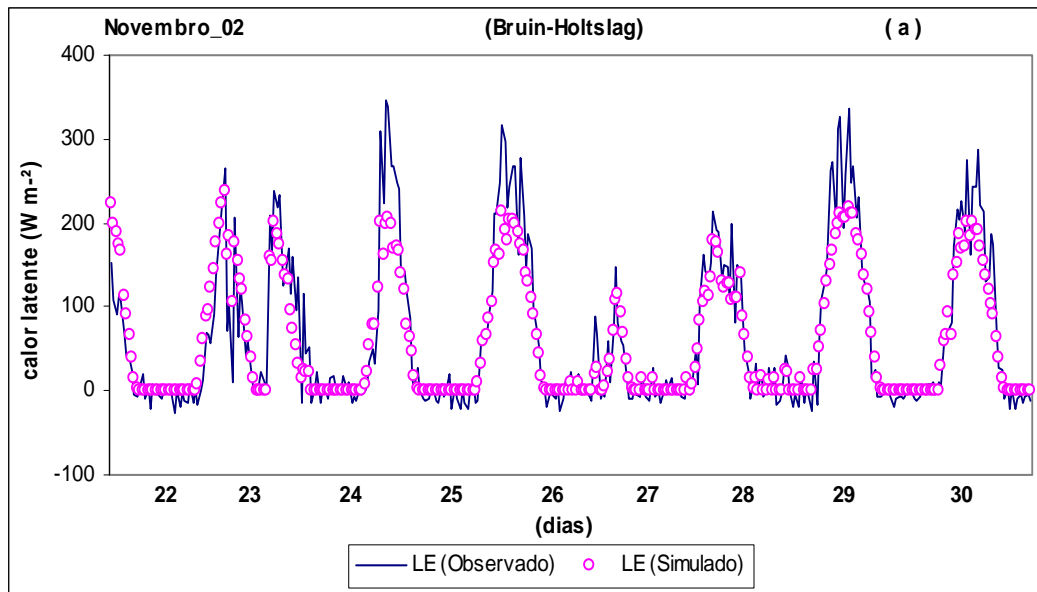


Figura 23(a) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de novembro de 2002.

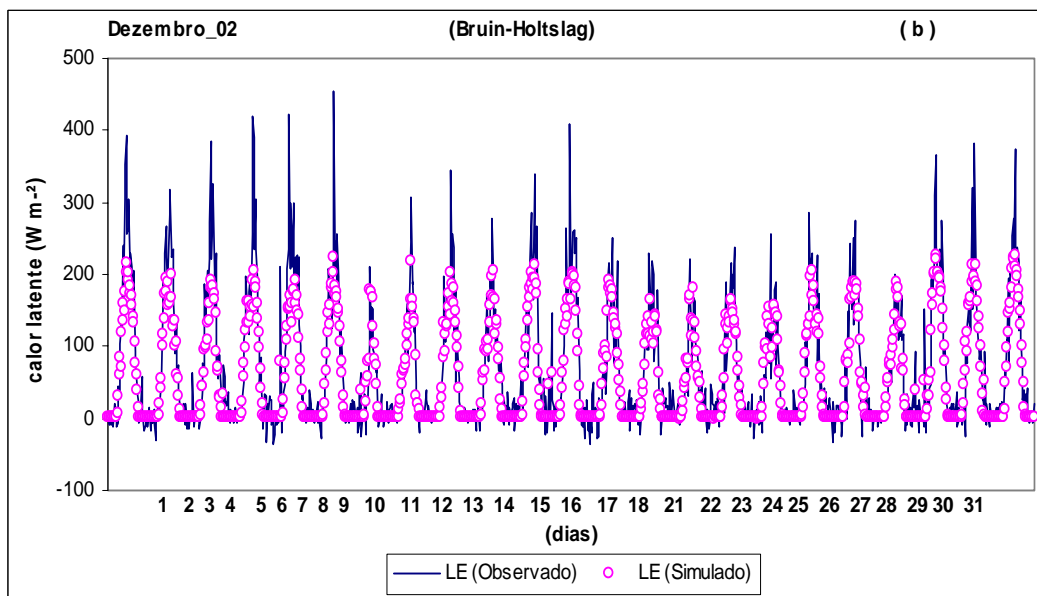


Figura 23(b) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de dezembro de 2002.

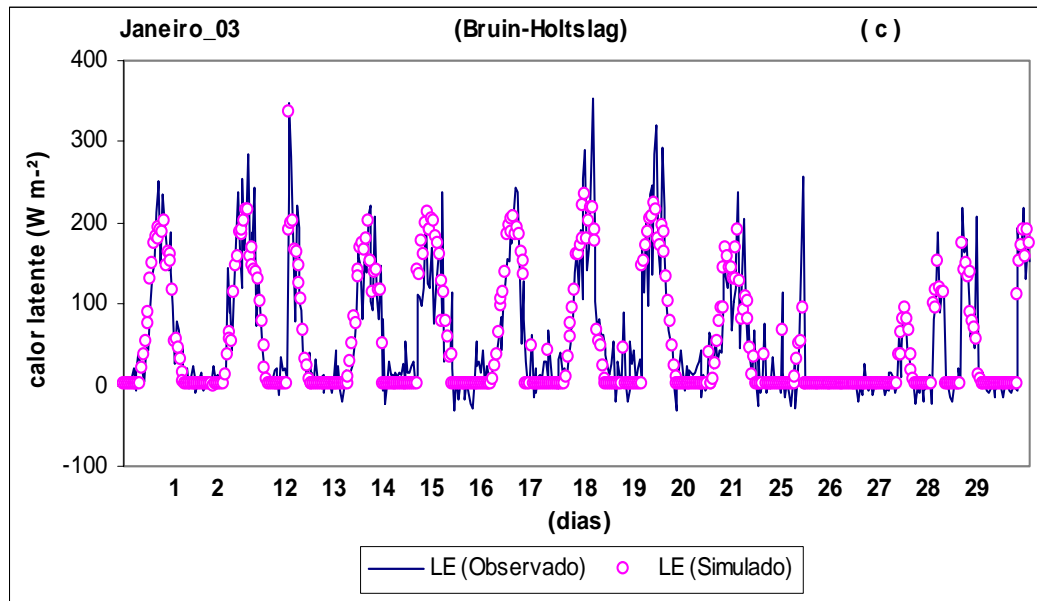


Figura 23(c) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de janeiro de 2003.

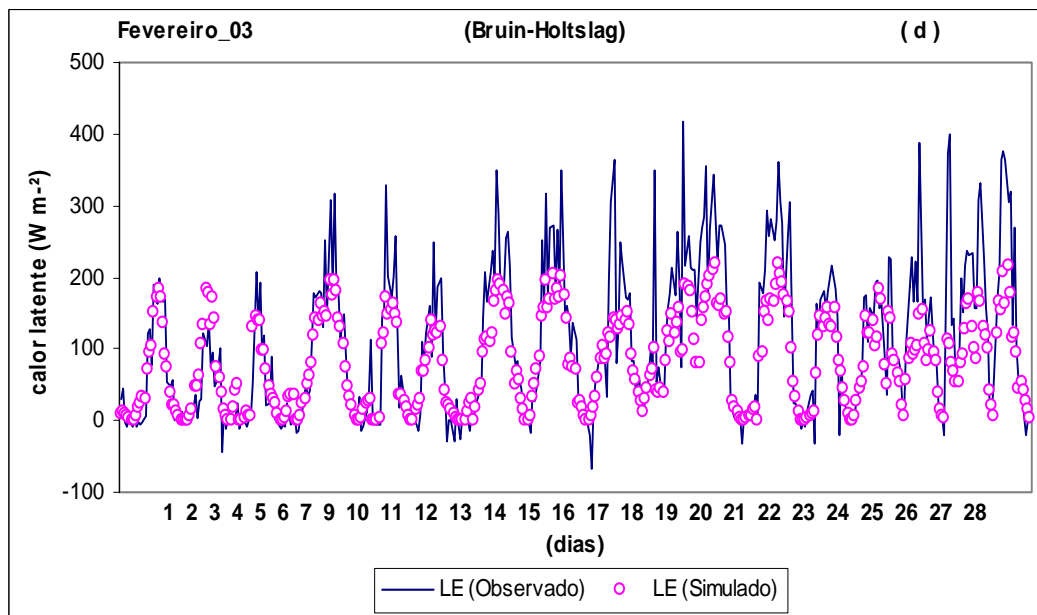


Figura 23(d) – Variação horária do fluxo de calor latente para valores observados e simulados, utilizando o método de Bruin-Holtslag para o mês de fevereiro de 2003.