

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo foi testado durante todo o mês de maio de 2006. Neste período foi realizado, também, o seu ajuste.

4.1 Parâmetros de Entrada

O *modelo* foi aplicado, considerando dados de temperatura de solo e do ar, correspondentes ao período de vinte e três anos, de 1966 a 1988, bem como informações do índice de área foliar e coeficiente de extinção obtidos, numa área onde fica localizada na Estação Agroclimatológica, convênio EMBRAPA/UFPel, nas profundidades de cinco, dez e vinte centímetros.

Os parâmetros de entrada, do *modelo*, estão descritos na TAB. 1 e estão referenciados às três profundidades consideradas, as quais também constituem parâmetros.

As *difusividades térmicas* para as profundidades de dez e vinte centímetros, foram calculadas levando-se em consideração as faixas de solo acima destas, através de média, ou seja, para a primeira consideraram-se as faixas de dois a cinco e de cinco a dez centímetros, para a segunda consideraram-se todas as três faixas (dados nas TAB. 2 e 3, do Apêndice).

Os respectivos valores encontrados para *razão úmida*, diferem de acordo com a profundidade, pois dependem da *difusividade térmica* em seu cálculo, e foram usados na determinação das temperaturas de solo iniciais, a cada profundidade.

A temperatura do ar do primeiro dia Juliano da série, dado necessário, também, à estimação das temperaturas de solo iniciais, foi de 24,7°C.

TABELA 1
Parâmetros de Entrada do Modelo

Parâmetros de Entrada	Profundidade (cm)	5	10	20
Difusividade Térmica (cm ² /s)		0,004219864946	0,004623572287	0,005226825969
Coefficiente de Extinção (Adimensional)		0,008	0,008	0,008
Índice de Área Foliar Médio (m ² /m ²)		0,48	0,48	0,48
Razão Úmida (Adimensional)		0,975999087	0,954643207	0,916389539
Temperatura de Solo Inicial (°C)		24,1	23,6	22,6
Período (segundos)		86.400	86.400	86.400

Fonte: Estação Agroclimatológica, Convênio EMBRAPA/UFPel (dados p/ cálculos).

4.2 Resultados

Os resultados, de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, obtidos com a aplicação do *modelo*, para o período de 1966 a 1988, nas profundidades relativas a 5, 10 e 20 cm, estão apresentados nas FIG. 2, 3 e 4, respectivamente, junto aos valores, medidos, de temperatura do solo.

Com base nos resultados apresentados nas citadas figuras, construíram-se as FIG. 5 e 6, que representam a melhor e a pior situação, a partir de uma avaliação visual dos dados referentes à profundidade de 5 cm, e as FIG. 7 e 8, que mostram a melhor situação, dos dados gerados, a 10 e 20 cm, respectivamente, observados visualmente.

Para se verificar o comportamento dos dados, de temperatura de solo, gerados e medidos durante cada ano, buscando apresentar as variações sazonais, confeccionaram-se as FIG. 9, 10 e 11, que representam o valor médio diário da temperatura de solo, sob vegetação rasteira nativa, observada e gerada no período de tempo considerado (1966 -1988), representados intra-anualmente. Assim, obtiveram-se, também, os gráficos de desvio padrão dos dados de temperatura, observada e gerada, os quais estão apresentados nas FIG. 12, 13 e 14, referentes a 5, 10 e 20 cm de profundidade, respectivamente.

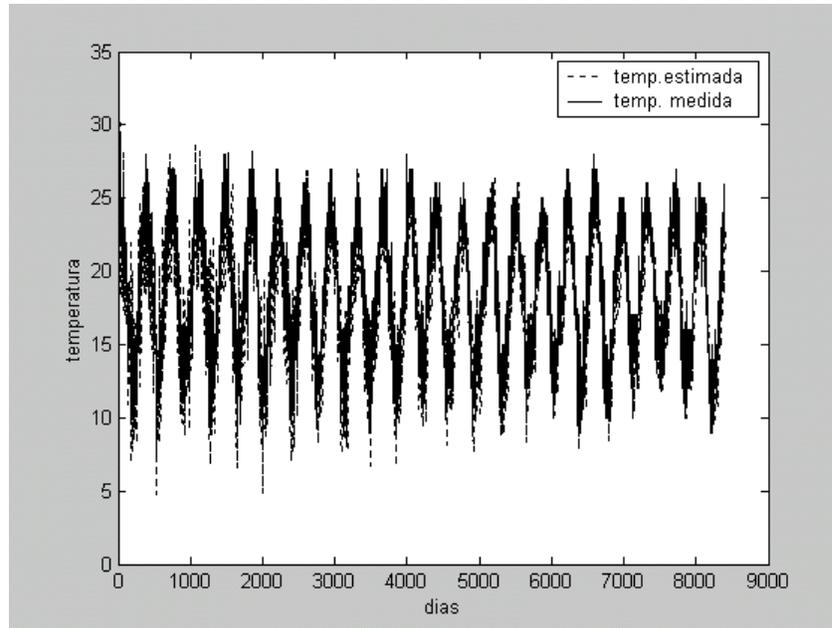


FIGURA 2 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados; profundidade de 5 cm, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

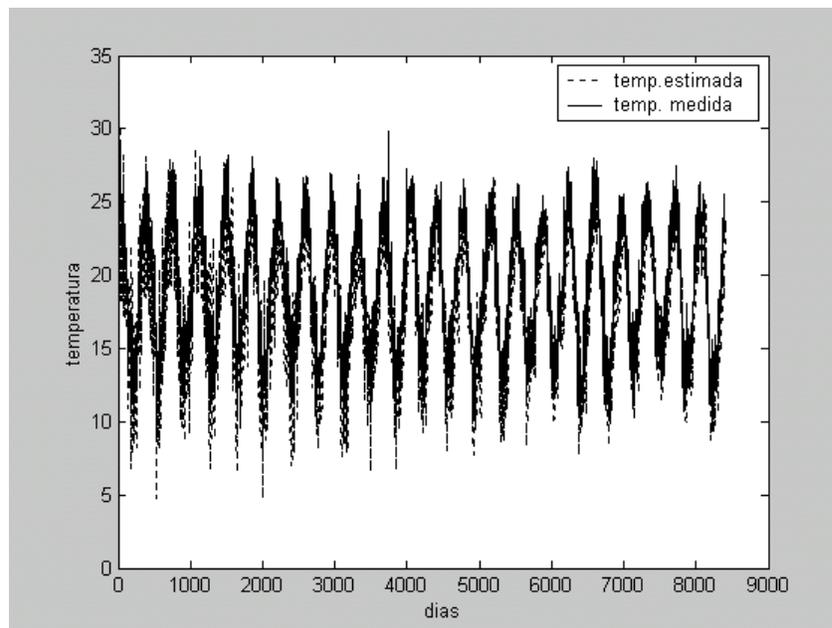


FIGURA 3 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados; profundidade de 10 cm, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

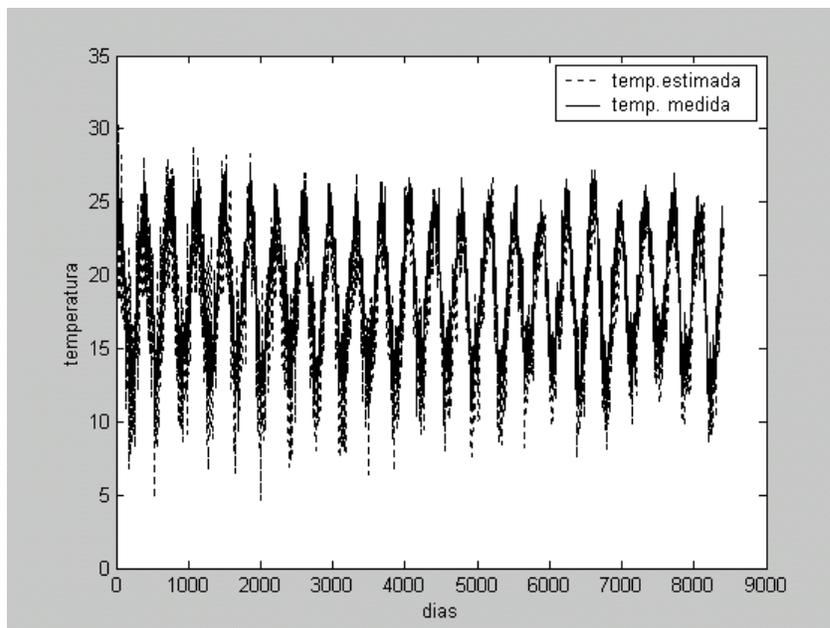


FIGURA 4 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados; profundidade de 20 cm, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

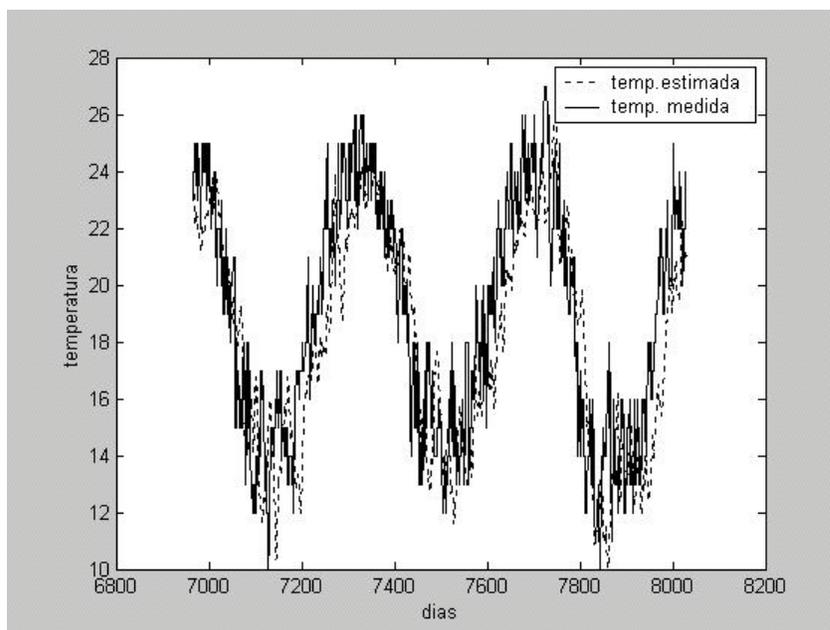


FIGURA 5 – Valores da temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, a 5 cm de profundidade, correspondendo ao período de 1985 a 1987.

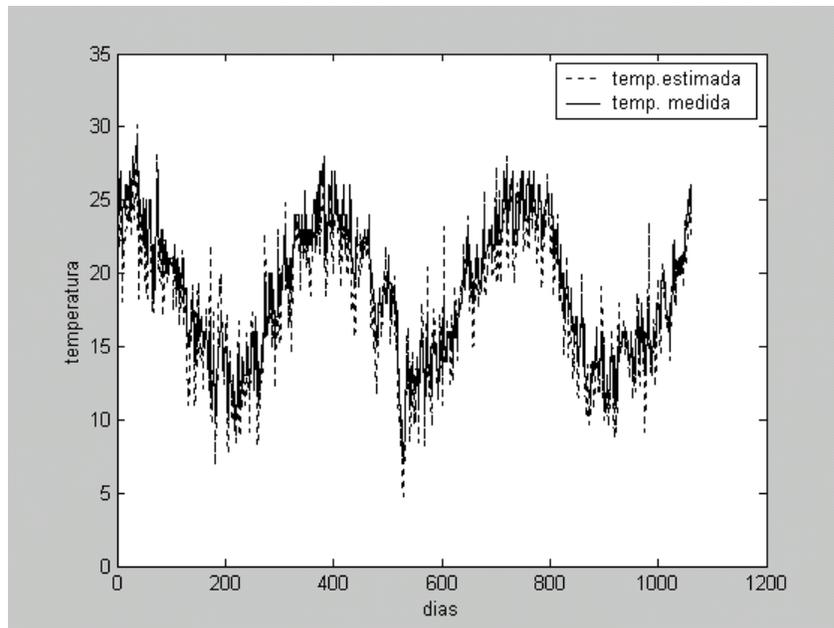


FIGURA 6 – Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, a 5 cm de profundidade, correspondendo ao período de 1966 a 1968.

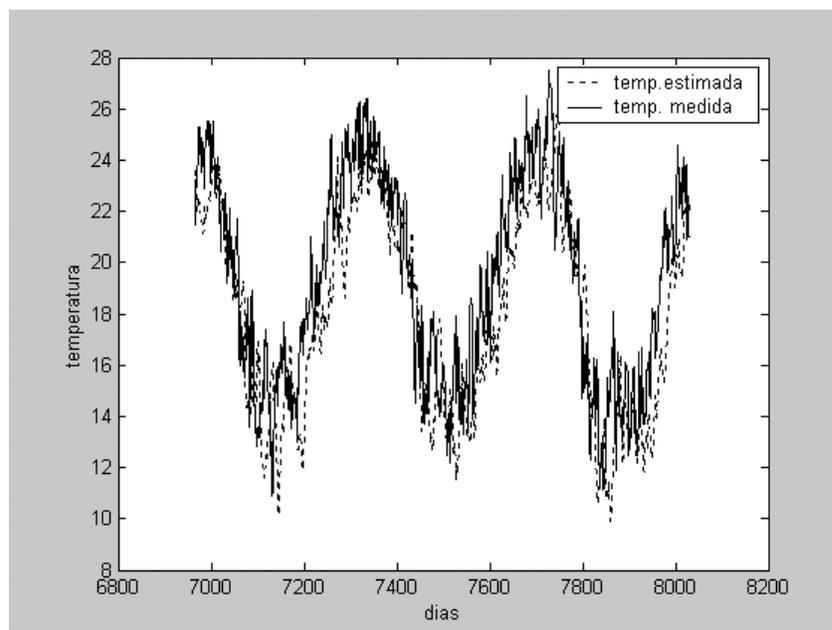


FIGURA 7 – Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, a 10 cm de profundidade, correspondendo ao período de 1985 a 1987.

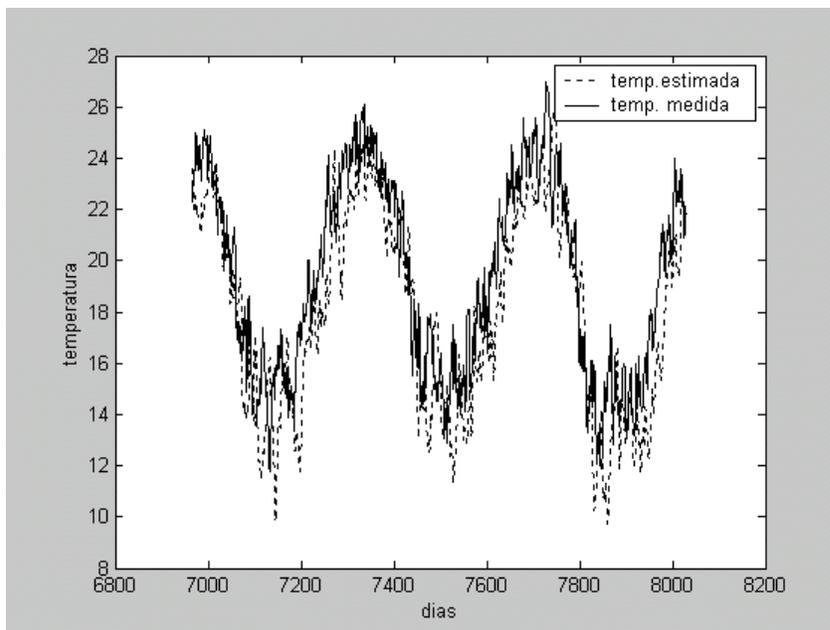


FIGURA 8 - Valores de temperatura média diária do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e estimados, a 20 cm de profundidade, correspondendo ao período de 1985 a 1987.

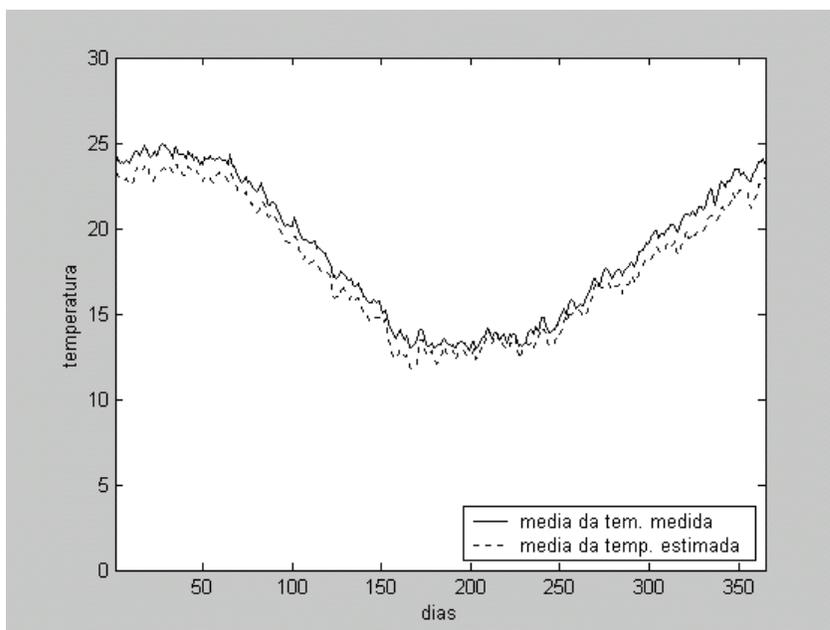


FIGURA 9 – Valores médios diários de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 5 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

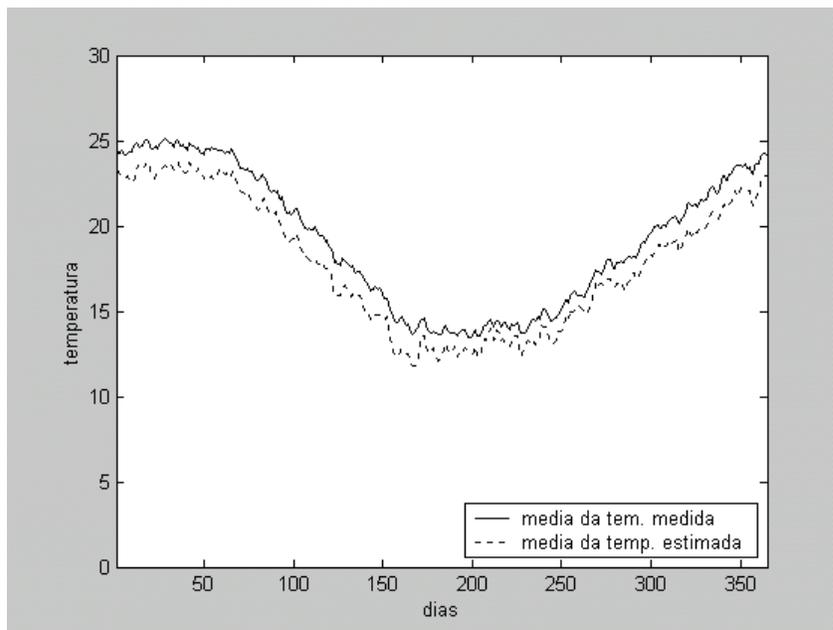


FIGURA 10 - Valores médios diários de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 10 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

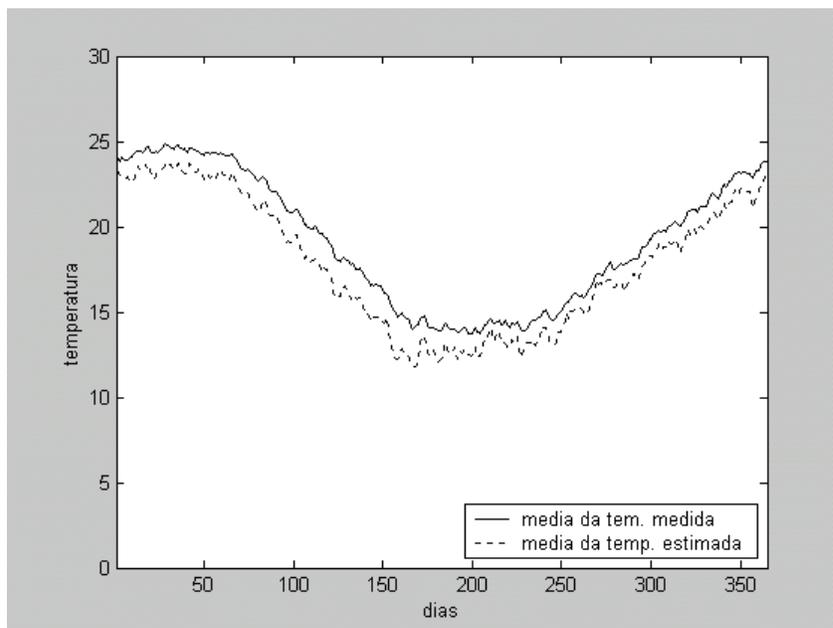


FIGURA 11 - Valores médios diários de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 20 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

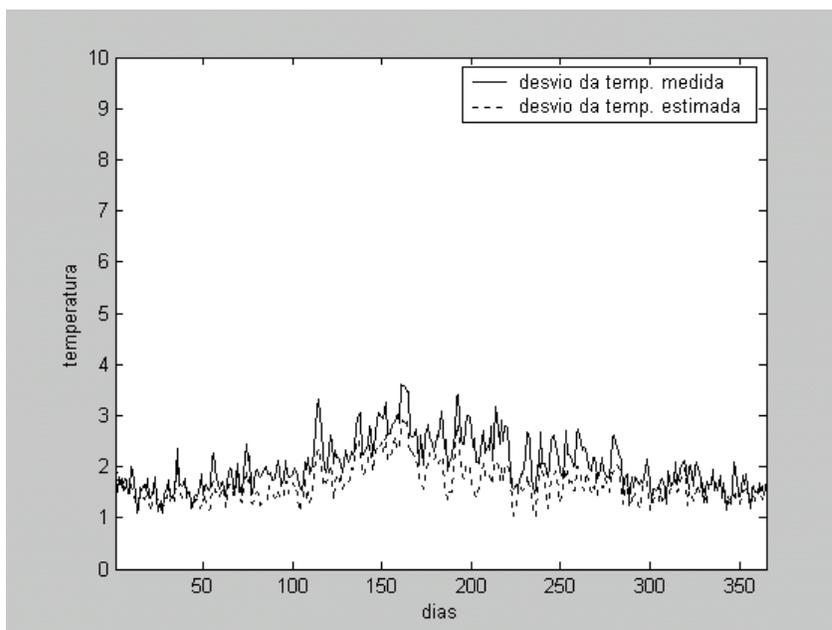


FIGURA 12 – Valores de desvio padrão dos dados de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 5 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

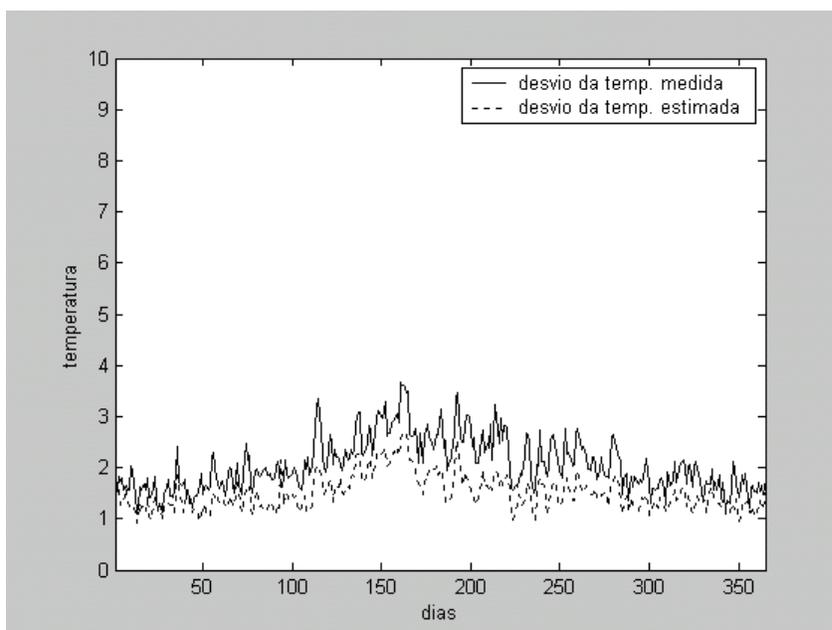


FIGURA 13 - Valores de desvio padrão dos dados de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 10 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

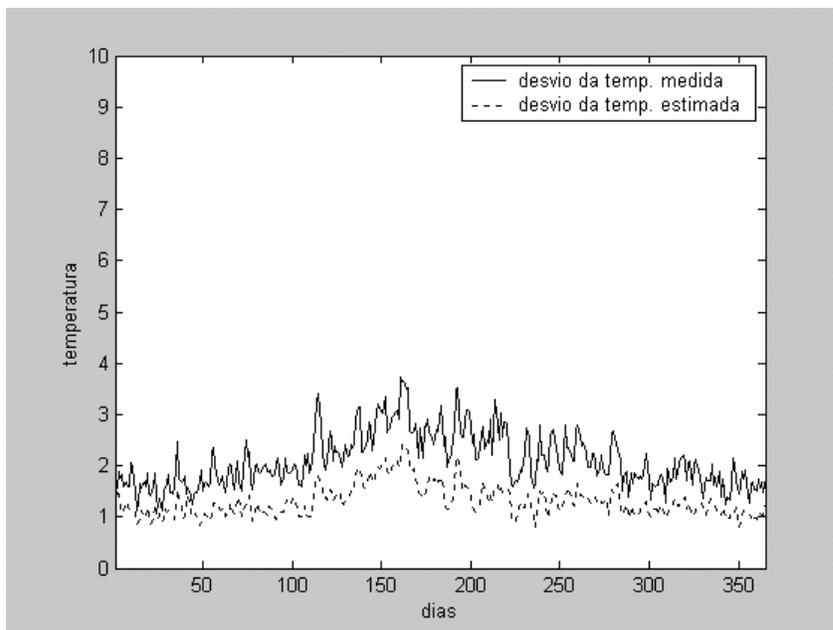


FIGURA 14 - Valores de desvio padrão dos dados de temperatura do solo, sob vegetação rasteira nativa, medidos e gerados, na profundidade de 20 cm, representados intra-anualmente, correspondendo ao período de 1966 a 1988.

4.3 Discussão dos Resultados

Observando os resultados apresentados nas FIG. 2, 3 e 4, verifica-se que o *modelo* descreveu, visualmente, de forma adequada os dados de temperatura do solo nas três profundidades. Ele se mostrou mais consistente na parte final da série, onde as subestimações foram minimizadas, chegando até a desaparecerem, praticamente, no final da série de cinco centímetros.

Através da FIG. 2, observa-se a predominância de uma subestimação nos anos correspondentes ao início da série, o que é, claramente, revertido nos anos finais, proporcionando, aí, um excelente acoplamento, visual, entre as curvas.

Pequena, porém perceptível, superestimação no início da série, em todos os casos, é verificada.

Em vinte e três anos, a diferença entre as curvas é da ordem de 4,78%, no geral, constituindo, a previsão, uma concordância representativa com a realidade.

Neste caso a diferença na média geral, para vinte e três anos, apresenta-se num valor próximo de 0,9°C.

As profundidades de dez e vinte centímetros apresentam subestimação, facilmente percebível, na duração de todo o período, porém mostrando atenuações, significativas, nos anos finais.

Na FIG. 5, que destaca um intervalo de, aproximadamente, três anos, no final da série de vinte e três anos de dados de temperatura média do solo a cinco centímetros, as curvas, apesar de não coincidirem, exatamente, mostram ótimo acordo em suas fases, freqüências e amplitudes, apresentando compatibilidade, sob o aspecto visual, entre os dados estimados e os medidos.

Analisando FIG. 6, nota-se uma conformidade entre as duas curvas, embora haja detalhamento de subestimação nos resultados, mais especificamente na parte inferior desta curva. Em sua parte superior existe boa concordância entre elas, havendo algumas situações de superestimações, contudo em quantidade muito reduzida.

Esta figura, proporciona uma melhor percepção visual dos problemas afetos ao modelo, observados, primeiramente, no início da série da FIG. 2. A qualidade dos dados medidos constitui fator imprescindível à verificação da adequação do *modelo*, como discutido no capítulo Revisão de Literatura (2.10), já que representam um retrato da realidade. Uma possibilidade coerente, seria supor a existência de uma diferença na obtenção destes, durante o período utilizado aqui, seja nos tipos de equipamentos usados, no modo de conservação da vegetação rasteira nativa, no modo de observação, entre outros. Por outro lado, sabe-se que o Modelo Híbrido apresenta característica, principal, determinista, portanto, não sendo probabilístico; o que pode explicar uma não previsão de variação aleatória dos dados medidos, caso este fato tenha ocorrido no início da série.

Para dez centímetros de profundidade, o melhor comportamento da curva de estimação, dentro dos vinte e três anos, ocorreu no final da série, como pode ser observado através da FIG. 7, da mesma forma como na profundidade de cinco centímetros.

A FIG. 8 detalha o final da série de simulação e dados coletados, para a profundidade de vinte centímetros, de 1966 a 1988 (aproximadamente de 1985 a 1987), onde se pode verificar, com melhor acuidade, o efeito do aumento de subestimação, gerado no modelo, quando a profundidade cresce, através de comparação desta, com as FIG. 5 e 7.

As FIG. 9, 10 e 11 mostram que o *modelo* reproduziu, visualmente, o comportamento sazonal da temperatura do solo, nas três profundidades, porém o

valor médio diário da temperatura gerada a cinco centímetros, aproximou-se melhor, do valor médio simulado, do que os das outras profundidades. Em dez houve maior subestimação. Em vinte, apresenta subestimação maior nos períodos do outono e inverno.

A partir da FIG. 9, percebem-se curvas de médias diárias, intra-anuais, entre os dados coletados e a estimação, que, em vinte e três anos, parece apresentar, uma diferença muito pequena.

Neste caso observa-se que, em todo o período, o *modelo* gerou médias que ficaram abaixo das médias indicadas pelos dados coletados.

As médias se aproximam, uma da outra, no período correspondente ao inverno, sendo a maior diferença observada no verão. Nas estações de primavera e outono, ficam a uma distância intermediária entre essas duas.

Pensou-se, primeiramente, em verificar se uma mudança nos valores de IAF, mantendo-se a média estimada anteriormente de 0,48, resolveria o problema.

Foram simuladas várias situações de valores de IAF no *modelo*; como levando em consideração uma maior pluviosidade no inverno; como combinação de pluviosidade e baixa temperatura; como em manter um valor fixo, igual à média estimada. Não se conseguiu ajuste melhor do que o citado anteriormente, onde as variações tentam refletir as estações do ano, de janeiro a dezembro, e considerando apenas as diferenças sazonais de temperatura.

Analisando-se o trabalho de Kang et al. (2000), verifica-se que as maiores diferenças também ocorreram coincidindo com o verão, agora, do Hemisfério Norte; bem como, diferenças no outono e na primavera. No inverno as temperaturas, medidas e estimadas, a dez centímetros de profundidade, estão muito próximas uma da outra e baixas, em torno de zero grau centígrado, já que as latitudes envolvidas são de 38°00' a 38°03' N e as altitudes variam entre 700 e 1424 m. Portanto, esta característica pode ser intrínseca ao modelo, como parece indicar esta análise.

Através da FIG. 10, pode-se verificar uma maior diferença nas médias diárias, entre os resultados estimados e as medidas reais, quando comparada à FIG. 9; apresentando, o *modelo*, uma resposta inferior para uma maior profundidade.

As curvas se aproximam, como no caso anterior, no período correspondente ao inverno. O maior afastamento, neste caso, não predominou somente no verão, mas também no outono e em parte da primavera. Este fato evidencia uma certa mudança no comportamento do modelo, quando ocorre um aumento, pequeno, na profundidade.

Há um excelente acordo, percebido visualmente, na forma, entre a curva dos dados estimados e o padrão da curva referente aos dados medidos, o que supõe credibilidade ao *modelo*.

Verificando-se a FIG. 11 e comparando-a com a FIG. 10, percebe-se que há algumas diferenças entre ambas. Um aspecto importante nesta comparação é observado no período que compreende o inverno, que, aqui, apresenta um afastamento maior entre as curvas, do que os mostrados em figuras similares de profundidades menores; em grande parte da primavera e num pequeno período do verão ocorre o contrário, ou seja, uma aproximação entre elas.

Importante se faz ressaltar, aqui, que existe um ótimo acordo no formato da curva produzida através da aplicação do *modelo*, quando ela é comparada ao padrão da curva obtida pela utilização dos dados reais medidos, em todo o intervalo de tempo de vinte e três anos.

Observando os gráficos de desvio padrão, nas FIG. 12, 13 e 14, constata-se que o *modelo*, também, reproduziu a variabilidade dos dados, mantendo o mesmo padrão de comportamento, sob uma perspectiva visual; contudo, na profundidade de cinco centímetros ele aproximou-se melhor da realidade, enquanto que, a dez e vinte centímetros há uma subestimação do desvio, ou seja, existe uma menor dispersão dos dados gerados.

No caso da FIG. 12, verifica-se que a estação de verão apresenta menor diferença, entre as curvas, do que as demais, demonstrando uma inversão em relação à característica analisada na FIG. 9.

O artigo de Kang et al. (2000), não apresenta esta comparação de dispersão entre resultados e medidas, porém, achou-se importante realizá-la aqui.

Os resultados, na média geral, dos vinte e três anos da série, do desvio padrão, entre dados coletados e resultados estimados, coincidem, exatamente, neste caso, no valor de $0,4054^{\circ}\text{C}$.

Analisando-se a FIG. 13, observa-se que a dispersão de resultados relativa ao modelo apresenta-se, praticamente durante todo o período, menor que a referente aos dados medidos.

As menores diferenças de dispersão, como anteriormente, acontecem durante o verão e as maiores no inverno, apresentando o outono e a primavera valores que estão entre os dois extremos.

Pode-se verificar que existe uma boa concordância, sob o aspecto visual, entre as formas destas curvas, mostrando aquilo que ocorre com as médias diárias simuladas, que acompanham o padrão das médias diárias observadas.

Por meio da apresentação contida na FIG. 14, percebe-se uma maior distância entre valores da curva de desvios padrão diários relativos aos dados coletados e a curva dos desvios diários estimados, quando se procede a uma avaliação desta, com a figura anterior referente à característica semelhante a esta (FIG. 13).

Apesar desta diferença, verifica-se uma boa concordância, em termos visuais, nas variações de ambas as curvas, o que contribui na adequação do *modelo*.

Existe a constatação de que as oscilações térmicas no solo diminuem à medida que as profundidades aumentam, como mostraram Goedert (1971), Mendez e Assis (1981); esta diminuição, segundo Bergamaschi e Guadagnin (1993), apresenta-se *acentuada nos primeiros centímetros*; além disto, Costa e Godoy (1962) apresentaram a profundidade de solo de vinte centímetros como sendo à de *transição das variações térmicas*; ou seja, acima dela verifica-se uma região de grandes oscilações enquanto que abaixo, uma zona de pequenas oscilações térmicas. Estes fatos, que foram constatados por pesquisadores, como Bastos e Sá (1976), Bastos e Diniz (1974), poderão estar associados à ocorrência de maiores diferenças, entre os resultados do *modelo* e os valores derivados dos dados reais, nesta profundidade, bem como, na de dez centímetros, já que uma das condições de contorno impostas à solução da equação (4), foi a existência de uma variação *senoidal* de temperatura do solo, na região mais próxima à superfície deste, e a outra condição considerava uma inexistência de variação apenas no infinito, quando a 20 cm já ocorre diminuição drástica desta, o que não deixa de constituir, também, uma *simplificação da Natureza*, que se denomina *reducionismo*. Pode-se dizer que, o que foi colocado acima significa desprezar muitos acontecimentos e relações inerentes ao fenômeno como um todo.

O modelo foi desenvolvido e ajustado, para uma região temperada, como a sua origem, na Coreia do Sul (latitudes em torno de 40° N). Isto é perfeitamente compreendido, na medida em que, em áreas tropicais não há grande variação sazonal de temperatura do solo, tornando este fator menos significativo nessas regiões.

Salienta-se, também, que não houve um acompanhamento experimental no local onde foram colhidos os dados medidos (Estação Agroclimatológica, convênio EMBRAPA/UFPEL).

4.4 Discussão acerca do método utilizado no Modelo Híbrido de S. Kang

O Modelo Híbrido de S. Kang, constitui uma combinação de características metodológicas, que, em um primeiro exame, admite a consideração da existência de fenômenos *interdependentes*, *interconectados*, *interligados*, *inter-relacionados*, que ocorrem, sempre, através de uma *estrutura organizada*, ou *teia*, de *relações* e de modo *sistêmico*, onde são importantes as *partes* e, ao mesmo tempo, *a totalidade*. Neste caso, o estudo não pode, de maneira alguma, *fragmentar* um fato natural, mas, sim, tratá-lo como um *todo*, ligado à *Natureza holística*. São fenômenos complexos que dependem de estudo *criativo*, não havendo lugar para descobertas baseadas em *deduções racionalistas*, ligadas à lógica cartesiana, vulgarmente chamadas de “*elucubrações*”. Aqui, a *exatidão* é descartada em prol das muitas *possibilidades* que são proporcionadas pelas *probabilidades* de acontecimentos. Há Influências de todo o Universo, nos fenômenos naturais.

Assim, a temperatura do ar, traz consigo várias informações sobre o solo, as quais não poderão ser estudadas, separadamente, para depois serem escolhidas apenas aquelas que se supõem de importância, para, então, compor o modelo. A temperatura do ar, aqui, *carrega* toda sua *coleção* de fatos sobre o local em estudo, sem que se despreze nenhum deles. Da mesma forma, ela contém particularidades específicas, como uma espécie de *sensibilidade* ligada aos acontecimentos que são característicos do lugar. Constitui, provavelmente, a informação que melhor retrata a natureza dos acontecimentos.

Por exemplo: pode ser que a informação de temperatura do ar, em determinado caso, carregue conhecimentos sobre a característica, a textura, a densidade, a capacidade de calor específico, a capacidade de absorção de radiação solar, o albedo de superfície, a elevação, o declive, a capacidade de absorção de água, a difusividade térmica, a condutividade de água, a porosidade e outras, de determinado terreno. Pois a maior parte da radiação infravermelha que produz a temperatura do ar, vem do solo (radiação terrestre).

Por outro lado, a parte, da estrutura do modelo, relacionada à física de transferência de calor, enfatiza um estudo fragmentado, cartesiano, baseado no *racionalismo* lógico cartesiano, numa perspectiva determinista e voltada para uma característica de exatidão na Natureza, no qual foram escolhidos alguns parâmetros considerados importantes, como difusividade térmica do solo, período de tempo de variação da temperatura do solo, profundidade, razão úmida. Esta parte pretendeu tornar o modelo com característica mais geral, ou seja, imprimir uma aplicabilidade facilitada, possivelmente, em qualquer lugar do Globo; o que pode ser verificado através de pesquisa, como se fez neste trabalho para a região de Pelotas-RS.

Então, o Modelo Híbrido mostra todas essas características, que provocarão, inevitavelmente, nos resultados estimados, influências específicas, inerentes a cada uma delas; quais sejam, influências fragmentárias e reducionistas, relativas à sua parte inter-relacionada ao Paradigma Científico Moderno, e influências holísticas¹, provindas de sua parte relativa ao Paradigma Pós-Moderno, da Ciência.

¹Tendência, que se supõe ser própria do Universo, a sintetizar unidades em totalidades organizadas.

