

Caracterização espacial e temporal da temperatura média do ar, em escala diária e mensal, no Estado de Mato Grosso

Spatial and temporal characterization of average air temperature on daily and monthly scale in the Mato Grosso State

Bruno Gherardi¹; Durval Dourado² Neto; Paulo César Sentelhas³

Resumo: As condições climáticas de determinada região são de importância estratégica para o planejamento agrícola, sendo comum encontrar localidades distantes de alguma estação meteorológica. O objetivo deste trabalho foi fazer a caracterização espacial e temporal da temperatura média do ar, em escala diária e mensal, para qualquer localidade do Estado de Mato Grosso. Os dados de temperatura foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estimaram-se equações para dados diários, através da regressão linear múltipla entre as variáveis: temperatura média do ar (T_m) *versus* altitude, latitude e longitude, desvio-padrão da temperatura (σ_T) *versus* altitude, latitude e longitude, correlação da temperatura (ρ) com o dia anterior *versus* altitude, latitude e longitude para cada dia do ano; verificou-se a significância pelo método t de student, a 5% de probabilidade. Dessa forma, qualquer localidade passou a ter parâmetros necessários para gerar séries sintéticas, assumindo o processo multivariado contínuo. Para a criação da série sintética de temperatura, usou-se T_m , σ_T , ρ . Foram geradas séries de 100 anos, em 507 localidades, para temperatura média diária e mensal. A validação do modelo gerador de séries sintéticas foi feita utilizando índices de correlação entre a média da série histórica e a série sintética. Usou-se a ERP (erro relativo percentual), o coeficiente de correlação de Pearson (r), o índice de concordância (d) e o produto entre o coeficiente de correlação e o índice de concordância, chamado de índice de confiança (c). Obtiveram-se índices de confiança baixos para a estimativa de temperatura média diária. No entanto, o modelo teve bom desempenho para dados mensais, obtendo índices de boa correlação linear e concordância.

Palavras-chave: temperatura média, série sintética, regressão linear, coeficiente de correlação

Abstract: The climatic conditions of determined regions are of strategic importance for agricultural planning. However, it's very common find places far away of any meteorological station. The objective of this work was to do a Spatial and temporal characterization of average air temperature, on daily and monthly scale, in the Mato Grosso State. The temperature data were obtained from the National Meteorological Institute (INMET). Equations were estimated for daily data, using linear multiple regression among the variables: average air temperature (T_m) *versus* altitude, latitude and longitude; standard deviation of air temperature (σ_T) *versus* altitude, latitude and longitude, air temperature correlation (ρ) with the day before *versus* altitude, latitude and longitude for every day of the year; it was verified significance by t student method with 5% of probability. In this way, any location became able to have the necessary parameters to generate synthetic series assuming the continuous multivariate process. To create de synthetic series of air temperature it was used T_m , σ_T , ρ . It was generated series of 100 years in 507 locations for daily and monthly air temperature. The model validation of synthetic series generator was made using correlation indexes between observed and estimated values of the histories and synthetic series. It was used the relative percent error (ERP), the linear correlated Pearson coefficient (r) the concordance index (d), and the product between the correlation coefficient and the concordance index, known reliable index (c). It was obtained low reliable indexes for the daily air temperature average estimation. However, the model presented a good performance for monthly air temperature data prediction, having a good linear correlation and concordance indexes.

Key words average air temperature, synthetic series, linear multiple regression, correlation coefficient.

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestre em fitotecnia, Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900. gherardi@esalq.usp.br

² Engenheiro Agrônomo, Professor titular, Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900. dourado@esalq.usp.br

³ Engenheiro Agrônomo, Professor associado, Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900. pcsentel@esalq.usp.br

Introdução

O zoneamento agroclimático apresenta-se como uma ferramenta de fundamental relevância, capaz de recomendar áreas prioritárias de plantio, além de direcionar políticas públicas com minimização dos riscos de perdas de produção na agricultura, por adventos climáticos. O zoneamento, nesse sentido, é peça-chave para a tomada de decisão e planejamento do agronegócio, uma ferramenta eficaz para a análise das áreas aptas à atividade produtiva.

A caracterização da temperatura média do ar é uma importante etapa do zoneamento agroclimático. Deve-se determinar seu comportamento probabilístico no espaço, para inferir sobre o parâmetro, em regiões desprovidas de estação meteorológica, e no tempo, para determinar sua variação ao longo do ciclo da cultura estudada.

CARGNELUTTO FILHO et al. (2006) descrevem que a temperatura média do ar pode ser estimada por meio de coordenadas geográficas e que a altitude e a latitude exercem influência sobre essa temperatura.

A estimativa da temperatura do ar mínima, média e máxima mensal e anual, a partir das coordenadas geográficas, tem sido estudada nos estados de Minas Gerais (COELHO et al., 1973; SEDIYAMA & MELO JÚNIOR, 1998), Espírito Santo (FEITOZA et al., 1980a, 1980b) e Piauí (LIMA & RIBEIRO, 1998).

Segundo MEDEIROS et al. (2005), o ajuste das equações de regressão para estimativa das normais de temperaturas mínimas, médias e máximas é uma alternativa viável para ampliar a base de dados climáticos, através de mapas temáticos de temperatura, fornecendo subsídios para um melhor planejamento agropecuário.

Além da espacialização de dados de temperatura, é importante caracterizar sua variação no tempo. Nos modelos matemáticos de quantificação do crescimento e de previsão da época adequada de semeadura, a temperatura média diária entra como um parâmetro importante tanto na promoção (10°C a 30°C), como na inibição do crescimento e desenvolvimento da cultura (ASPIAZU, 1971; SIERRA & MURPHY, 1973).

A utilização de técnicas de simulação estocástica permite a geração de valores diários, através de um programa computacional (DOURADO NETO et al., 2005). Admite-se que a distribuição normal de frequências proporcione um ajuste razoável para a maioria das variáveis climáticas que não possuam limites inferiores e superiores, tais como a pressão atmosférica, a temperatura do ar e a radiação solar (SEDIYAMA et al., 1978).

O uso de dados diários para compor médias mensais da temperatura média do ar é útil no cálculo de balanços hídricos normais. Segundo ROLIM et al.

(1998), o BH Normal é importante para o planejamento agrícola e a caracterização climática de uma região, servindo de subsídio para a determinação da melhor época e tipo de manejo para a exploração agrícola.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar espacialmente a temperatura média do ar, em escala diária e mensal, para todo o Estado de Mato Grosso, utilizando o método da regressão linear múltipla, além da caracterização temporal do parâmetro, em qualquer localidade do Estado, em escala diária e mensal, através de geradores climáticos.

Material e métodos

Foram obtidos dados diários de temperatura média do ar de 17 estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas no estado de Mato Grosso. As estações meteorológicas usadas neste trabalho são apresentadas na Figura 1, com sua respectiva localização, altitude e a série histórica observada.

Cada uma das estações meteorológicas forneceu a média aritmética da temperatura do ar de cada dia, o desvio-padrão da média histórica da temperatura de cada dia, além da correlação com o dia anterior. Esses valores foram calculados a partir da população de dados formada pela série observada. O coeficiente de autocorrelação (ρ) entre dois dias consecutivos é calculado a partir da equação 1.

$$\rho = \frac{(n-1) \sum_{i=1}^{n-1} x_{p,i} x_{p,i+1} - \sum_{i=1}^{n-1} x_{p,i} \sum_{i=1}^{n-1} x_{p,i+1}}{\sqrt{(n-1) \sum_{i=1}^{n-1} (x_{p,i})^2 - (\sum_{i=1}^{n-1} x_{p,i})^2} \sqrt{(n-1) \sum_{i=1}^{n-1} (x_{p,i+1})^2 - (\sum_{i=1}^{n-1} x_{p,i+1})^2}} \quad (1)$$

Em que $x_{p,i}$ é a temperatura média no ar na p-ésima observação do i-ésimo dia e $x_{p,i+1}$ é a temperatura média do ar na p-ésima observação do dia seguinte ao i-ésimo dia, n é o número de dias no ano.

Estimaram-se os coeficientes lineares da regressão linear múltipla entre temperatura média (T_m) versus altitude, latitude e longitude, desvio-padrão da temperatura (σ_T) versus altitude, latitude e longitude e correlação da temperatura com o dia anterior (ρ) versus altitude, latitude e longitude para cada dia do ano. Verificou-se a significância pelo método t de student, a 5% de probabilidade.

Em cada dia do ano, foi usado o modelo de regressão linear múltipla com k variáveis independentes, igualmente para os parâmetros T_m , σ_T , ρ , conforme a equação 2:

$$Y_j = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{ij} + \varepsilon_j \quad (2)$$

em que Y_j é o valor observado da T_m , σ_T , ρ , β_0 é o coeficiente linear; β_i é o coeficiente de regressão das variáveis independentes, X_i ; X_{ij} são as variáveis independentes X_i no j-ésimo dia; e ε_j é o erro associado

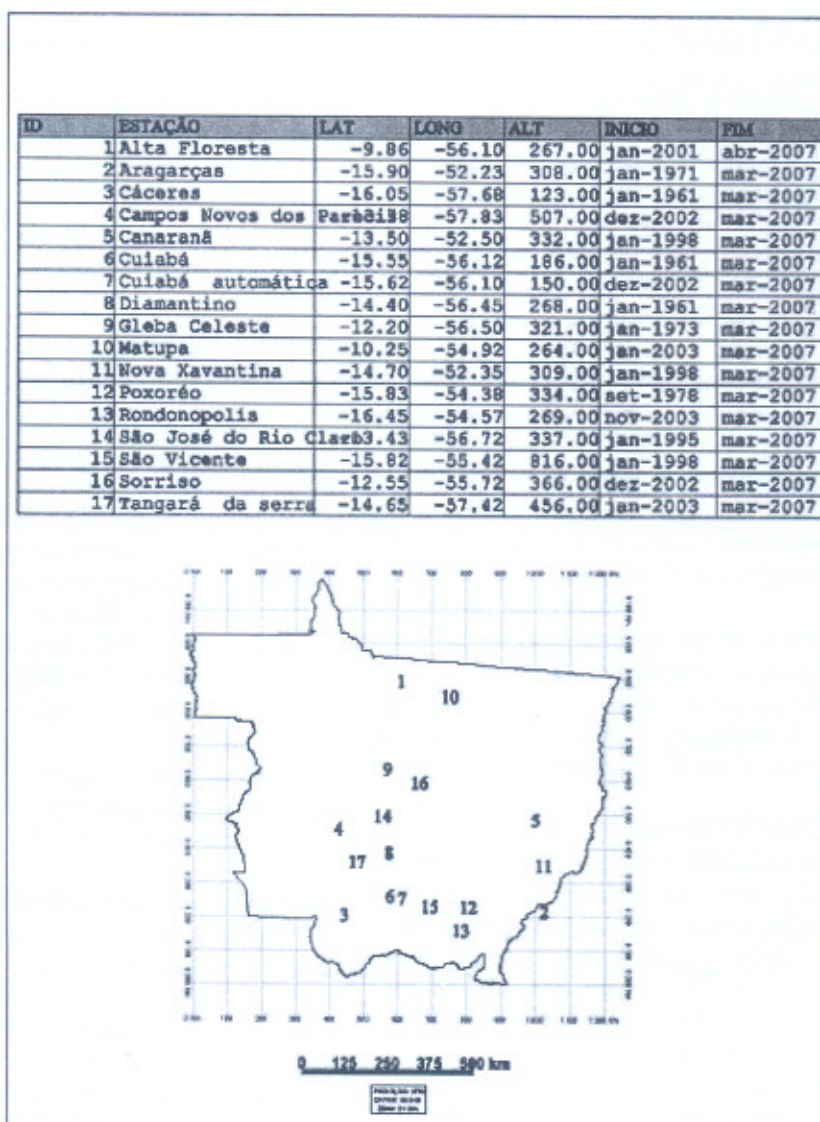


Figura 1. Mapa das estações meteorológicas, com a definição do município, localização (graus), altitude (m), data de início e fim da observação.

a variável Y no j -ésimo dia. Nesse modelo, a variável Y é função linear das variáveis independentes, os valores das variáveis independentes são fixos e os erros têm média zero, são homocedásticos, independentes e de distribuição normal (DRAPER & SMITH, 1996; NETER, 1997; HOFFMANN & VIEIRA, 1998; SOUZA, 1998). Os parâmetros do modelo das equações de regressão linear múltipla foram estimados considerando T_m , σ_T , ρ , respectivamente, como variável dependente e as demais, altitude (em metros), latitude (em graus - valores negativos) e longitude (em graus - valores negativos), foram consideradas como independentes.

Todos esses valores foram obtidos para cada dia do ano, obtendo-se, ao final, 366 valores de cada uma das três variáveis, em todas as estações meteorológicas.

O modelo para gerar séries sintéticas foi adaptado do raciocínio proposto por RICHARDSON, (1981), assumindo o processo multivariado contínuo usado por MATALAS, (1967) para gerar séries de resíduos de temperatura média do ar.

O resíduo estimado (Z_i) referente à temperatura média do ar de cada dia do ano foi calculado a partir da equação 3. O modelo básico usado para a geração de séries sintéticas, como definido por MATALAS (1967), é o processo mostrado na equação 4. A simulação da temperatura média do ar diária ($\hat{T}_{p,i}$) pode ser calculada através da equação 5:

$$Z_i = \frac{\bar{T}_{i-1} - \bar{T}_i}{\sigma_i} \quad (3)$$

$$\hat{Z}_{p,i} = \rho_i Z_i + \varepsilon_{p,i} \quad (4)$$

$$\hat{T}_{p,i} = \hat{Z}_{p,i} \sigma_i + \bar{T}_i \quad (5)$$

em que \bar{T}_{i-1} é a média da temperatura do dia anterior ao i-ésimo dia, \bar{T}_i é a média da temperatura no i-ésimo dia, σ_i é o desvio padrão da temperatura do ar no i-ésimo dia, $\hat{Z}_{p,i}$ é a estimativa do residual Z_i na p-ésima vez que se usa o componente randômico $\varepsilon_{p,i}$ independente de \bar{T}_{i-1} , de distribuição normal com média zero e desvio-padrão de cerca de 1,96. r_i é a correlação entre a temperatura do i-ésimo dia com o dia anterior.

Foram geradas séries de 100 anos de valores diários de temperatura média do ar para 507 estações climatológicas sintéticas, sempre usando dados resultantes das regressões lineares múltiplas.

Os valores mensais são calculados a partir da média aritmética da temperatura média do ar dos dias de cada mês, tanto nas estações observadas quanto nas estações geradas.

A avaliação do desempenho do processo de simulação de dados de temperatura média do ar foi feita através da comparação entre a média dos valores simulados com a média dos valores observados em escala diária e mensal nas 17 localidades com estação meteorológica.

Os seguintes indicadores de desempenho estatístico foram utilizados: erros relativos percentuais (ERP), em que a diferença entre o valor estimado e observado é mostrada em valores percentuais, conforme a equação 6; o coeficiente de correlação de Pearson entre as médias de valores estimados *versus* observados (r), para medir a precisão, a qual indica o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média, conforme equação 7; o índice de concordância de Willmott proposto por WILLMOTT (1981) (d), para avaliar a exatidão que está relacionada ao afastamento dos valores estimados em relação aos observados, conforme equação 8; o índice de confiança (c) proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997), calculado pelo produto entre o coeficiente de correlação (r) e o índice de concordância (d), conforme a equação 9.

$$ERP = \frac{E - O}{O} 100 \quad (6)$$

$$r = \frac{n \sum O_i E_i - \sum O_i \sum E_i}{\sqrt{(n \sum O_i^2 - (\sum O_i)^2) (n \sum E_i^2 - (\sum E_i)^2)}} \quad (7)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (8)$$

$$c = r.d \quad (9)$$

em que r se refere ao coeficiente de correlação linear simples de Pearson; d ao índice de concordância de Willmott; E_i à temperatura simulada no i-ésimo dia, quando comparados os dados diários, e i-ésimo mês, quando comparados os dados mensais; O_i à temperatura observada no i-ésimo dia, quando comparado os dados diários, e i-ésimo mês, quando comparado os dados mensais; \bar{O} é a média da temperatura observada na série histórica e n o número de dias do ano, ou número de meses, quando comparadas as médias mensais.

Resultados e Discussão

As séries sintéticas geradas neste trabalho, inclusive em localidades que possuem observações de temperatura média do ar, usaram sempre parâmetros estimados pelas regressões lineares múltiplas, responsáveis pela espacialização dos dados. Esse fato fez com que as séries fossem geradas de forma diferente dos trabalhos de modelagem estocástica dos valores médios de temperatura do ar. Esse tipo de simulação foi usada por alguns autores (DOURADO NETO, et al., 1995; STERN & DENNETT, 1982) na mesma coordenada geográfica dos dados originais. Esse procedimento é importante porque ao utilizar séries históricas reduzidas, existem maiores chances dos resultados provenientes desses valores serem tendenciosos, para uma determinada região (GENNEVILLE & BOOK, 1983).

O modelo de simulação estocástica em localidades sem estação meteorológica partiu sempre do valor fixo da temperatura média do dia anterior, para gerar os 100 valores da série sintética, assumindo a distribuição normal para a simulação. Esse procedimento não é igual aos geradores climáticos em localidades com série observada, apesar de muito similar. Nessas condições, pode-se assumir valores de entrada diferentes a cada simulação, para o mesmo dia, já que a série observada oferece esses valores.

A Figura 2 mostra o resultado de algumas das séries sintéticas, em comparação à série observada, usando o procedimento em que cada dia do ano oferece apenas um valor de média, desvio-padrão e correlação com o dia anterior, sendo usado como valor de entrada na simulação a temperatura média do ar do dia anterior. A Tabela 1 mostra o desempenho estatístico dessa simulação, quando comparada às médias observadas. Percebe-se que o resultado não foi tão expressivo quando comparado com séries sintéticas geradas sobre a mesma localidade dos dados observados, já que, na maioria desses trabalhos, o índice de confiança (c) é sempre superior a 0,85. No entanto, a tendência da variação da temperatura foi respeitada, de forma que localidades sem estação meteorológica passaram a ter uma série sintética de temperatura média do ar específica. A dispersão entre a série sintética e a série observada não teve a linearidade tão bem estabelecida, quando comparada às simulações feitas por geradores

climáticos como o CLIGEN - Climate Generator (NICKS et al., 1995). No entanto, fica bem evidenciada a tendência linear dessa dispersão.

As séries de temperatura média do ar, em escala diária, foram transformadas em séries mensais, calculando-se a média aritmética de cada mês, em todas as observações e simulações dos dados. Isso foi feito

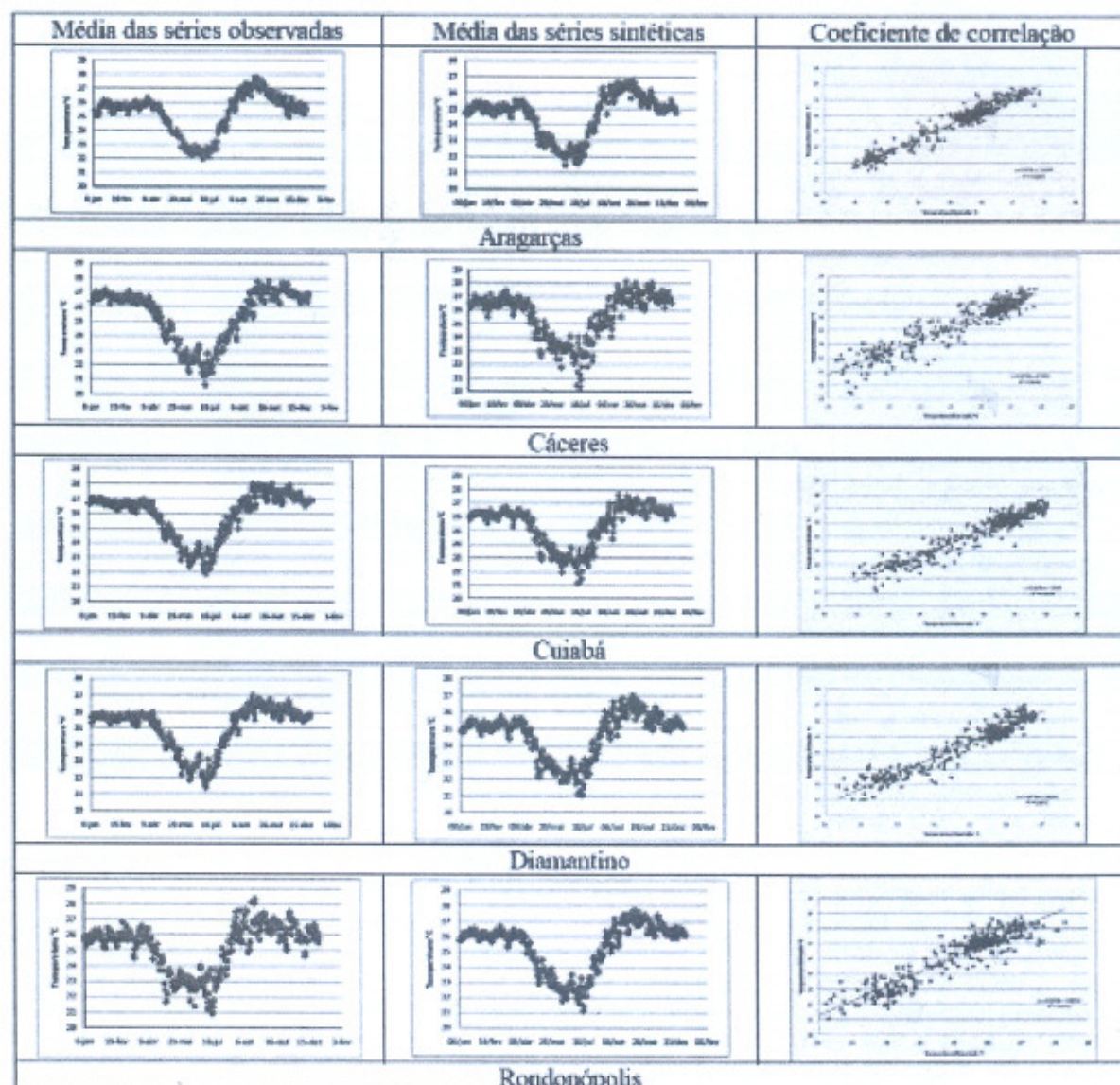


Figura 2. Gráficos de médias diárias das séries observadas e sintéticas de temperatura média do ar e diagramas de dispersão da média dos valores simulados e observados

Os resultados obtidos, inclusive em localidades sem estação meteorológica, podem ser usados, por exemplo, na simulação da data de florescimento de uma cultura, através da aplicação de um modelo agrometeorológico. Esse modelo permitirá datar a alteração de estágio fenológico em culturas dependentes de graus-dia, permitindo ao produtor desenvolver um planejamento agrícola estratégico para a data de plantio. Apesar de as simulações não terem oferecido desempenho excelente, foi possível estabelecer séries sintéticas que respeitam a tendência da variação da temperatura média do ar, no espaço e no tempo, em localidades sem estação meteorológica.

para avaliar o desempenho da simulação diária dos dados em escala mensal, sabendo-se que essa avaliação poderia trazer desempenhos mais satisfatórios. Segundo FONSECA & MARTINS (1996), quanto maior a população de dados de uma amostra, mais representativa é a sua média. Portanto, ao calcular a média mensal através dos dados diários, para comparar dados simulados com observados, obteve-se melhor desempenho estatístico da simulação. A Figura 3 mostra a média mensal das séries observadas e simuladas para algumas estações meteorológicas, além do diagrama de dispersão dos dados simulados em função dos observados. Em escala mensal, a dispersão dos dados

chegou bem mais próxima de uma função linear; isso comprova que a tendência da variação da temperatura média do ar ao longo do ano foi respeitada na simulação do parâmetro.

forte componente do resultado. A região nordeste teve suas maiores temperaturas nos meses de setembro e outubro; a altitude dessa região, que é de baixa latitude, está por volta de 230 metros. A região sudeste possui

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), índice de confiança de Camargo (c), na avaliação do desempenho da média das séries sintéticas *versus* média das séries observadas de temperatura média do ar, em escala diária.

ESTAÇÃO	LAT	LONG	ALT	ERP	r	d	c	Classificação
Alta Floresta	-9,86	-56,1	267	0,11	0,68	0,91	0,62	m
Araguarias	-15,9	-52,23	308	2,35	0,93	0,75	0,70	b
Cáceres	-16,05	-57,68	123	0,83	0,88	0,58	0,51	r
Campos Novos dos Parecis	-13,78	-57,83	507	0,01	0,49	0,70	0,34	p
Canarana	-13,5	-52,5	332	2,18	0,70	0,88	0,61	m
Cuiabá	-15,55	-56,12	186	1,95	0,91	0,67	0,61	m
Cuiabá (automática)	-15,62	-56,1	150	3,67	0,69	0,87	0,60	r
Diamantino	-14,4	-56,45	268	1,45	0,90	0,64	0,58	r
Gleba Celeste	-12,2	-56,5	321	1,46	0,76	0,79	0,60	r
Matupá	-10,25	-54,92	264	0,80	0,65	0,82	0,54	r
Nova Xavantina	-14,7	-52,35	309	0,62	0,91	0,64	0,58	r
Poxoréu	-15,83	-54,38	334	2,16	0,79	0,77	0,61	m
Rondonópolis	-16,45	-54,57	269	0,45	0,87	0,57	0,50	mr
São José do Rio Claro	-13,43	-56,72	337	0,07	0,79	0,63	0,50	mr
São Vicente	-15,82	-55,42	816	10,04	0,62	0,95	0,59	r
Sorriso	-12,55	-55,72	366	2,37	0,29	0,95	0,27	p
Tangará da serra	-14,65	-57,42	456	4,44	0,37	0,93	0,35	p

Classificação: (o) ótimo, (mb) muito bom, (b) bom, (m) mediano, (r) ruim, (mr) muito ruim e (p) péssimo.

A tabela 2 mostra o desempenho da simulação dos dados em escala mensal, ao se comparar a média da série sintética, na localidade de uma estação meteorológica, com a média da série observada. Percebe-se desempenho satisfatório do modelo em escala mensal, já que grande parte das estações obteve índice de confiança acima de 0,75. Esse resultado comprova que o modelo proposto pode ser usado em zoneamentos agroclimáticos, principalmente para o uso em balanços hídricos normais, em escala mensal, de forma a contribuir com taxas de evapotranspiração que respeitam a tendência espacial e temporal do parâmetro, em localidades sem estação meteorológica.

A Figura 4 mostra a espacialização da média das séries sintéticas da temperatura média do ar, de cada mês do ano. Percebe-se, em quase todo estado, que as temperaturas são menores no meio do ano, principalmente em junho e julho. A região sudoeste do estado apresentou temperaturas bastante elevadas no verão, sendo a altitude da região, em torno de 100 metros, uma razão provável para o fato. Nessa altitude, encontra-se, também, a região noroeste, que apresentou as maiores temperaturas do estado, em quase todos os meses, tendo a baixa latitude como

as temperaturas mais amenas do estado, estando em uma altitude de cerca de 800m. Os mapas dos meses de outubro e novembro, da Figura 4, evidenciam, devido a menores temperaturas, uma região de altitude elevada logo acima da região sudoeste do estado, que está a cerca de 600 metros.

Conclusões

Foi possível caracterizar a tendência espacial da temperatura do ar, em escalas diária e mensal, para qualquer localidade de Mato Grosso, utilizando o método da regressão linear múltipla.

Os geradores climáticos adaptados a qualquer localidade do estado tiveram baixo desempenho em escala diária, porém, a tendência espacial e temporal foi respeitada.

A caracterização temporal, em escala mensal, gerou valores simulados muito próximos aos valores observados, fato comprovado por índices estatísticos de desempenho satisfatório.

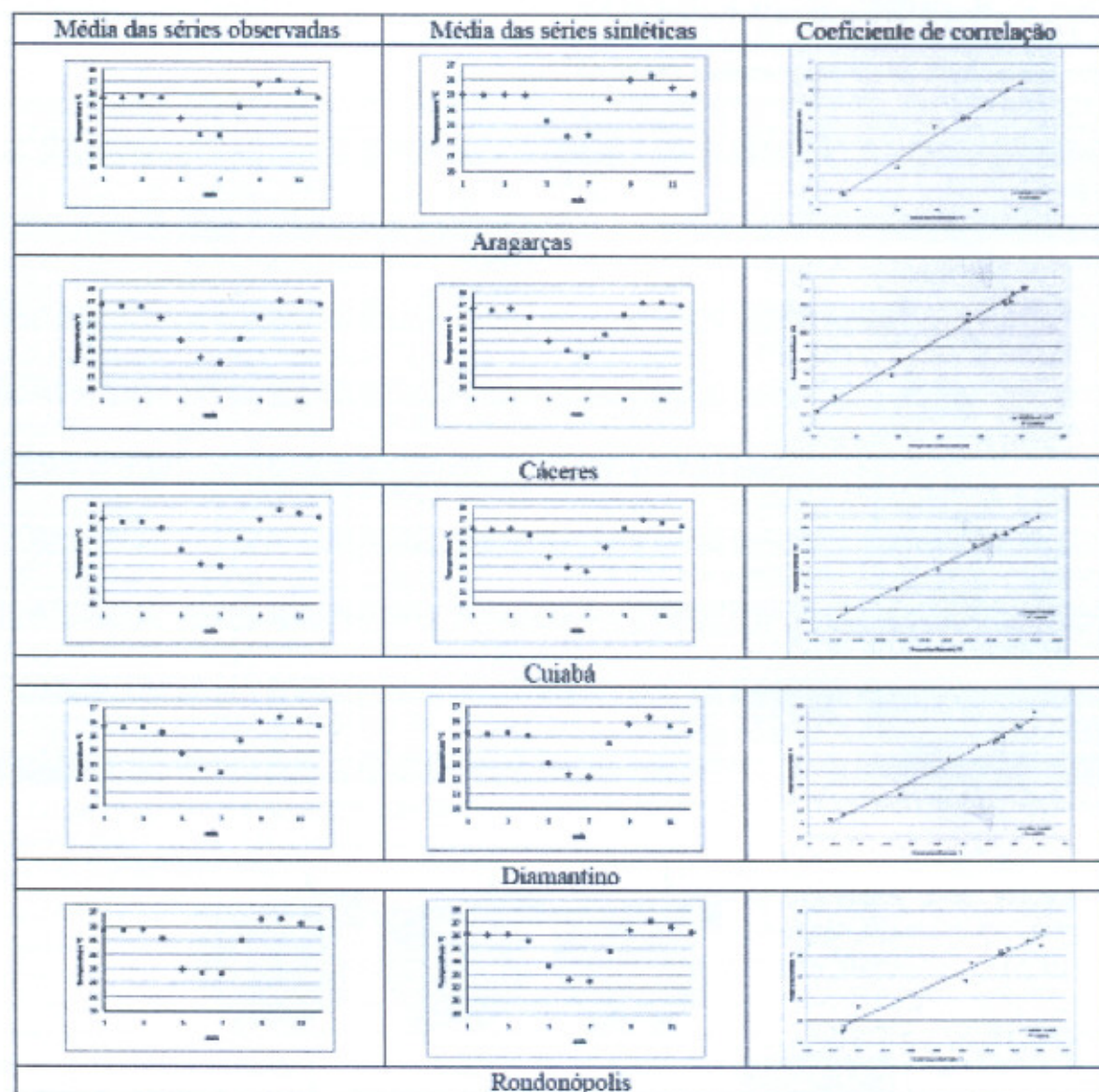


Figura 3. Gráficos de médias mensais das séries observadas e sintéticas de temperatura média do ar e diagramas de dispersão da média dos valores simulados e observados

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), índice de confiança de Camargo (c), na avaliação do desempenho da média das séries sintéticas *versus* média das séries observadas de temperatura média do ar, em escala mensal.

ESTAÇÃO	LAT	LONG	ALT	ERP	r	d	c	Classificação
Alta Floresta	-9,86	-56,1	267	0,08	0,80	0,94	0,75	mb
Araguaças	-15,9	-52,23	308	2,35	0,99	0,88	0,87	o
Cáceres	-16,05	-57,68	123	0,82	0,99	0,83	0,82	mb
Campos Novos dos Parecís	-13,78	-57,83	507	0,01	0,94	0,86	0,81	mb
Canaranã	-13,5	-52,5	332	2,16	0,82	0,94	0,77	mb
Cuiabá	-15,55	-56,12	186	1,94	0,99	0,86	0,86	o
Cuiabá auto	-15,62	-56,1	150	3,67	0,95	0,86	0,82	mb
Diamantino	-14,4	-56,45	268	1,46	0,99	0,88	0,87	o
Gleba Celeste	-12,2	-56,5	321	2,98	0,77	0,87	0,67	b
Matupá	-10,25	-54,92	264	0,82	0,88	0,97	0,86	o
Nova Xavantina	-14,7	-52,35	309	0,61	0,98	0,87	0,85	mb
Poxoréo	-15,83	-54,38	334	2,17	0,89	0,80	0,71	b
Rondonópolis	-16,45	-54,57	269	0,90	0,96	0,86	0,83	mb
São José do Rio Claro au	-13,43	-56,72	337	0,57	0,98	0,90	0,88	o
São Vicente	-15,82	-55,42	816	10,05	0,87	0,78	0,68	b
Sorriso	-12,55	-55,72	366	2,37	0,35	0,97	0,33	p
Tangará da serra	-14,65	-57,42	456	4,46	0,57	0,90	0,51	r

Classificação: (o) ótimo, (mb) muito bom, (b) bom, (m) mediano, (r) ruim, (mr) muito ruim e (p) péssimo.

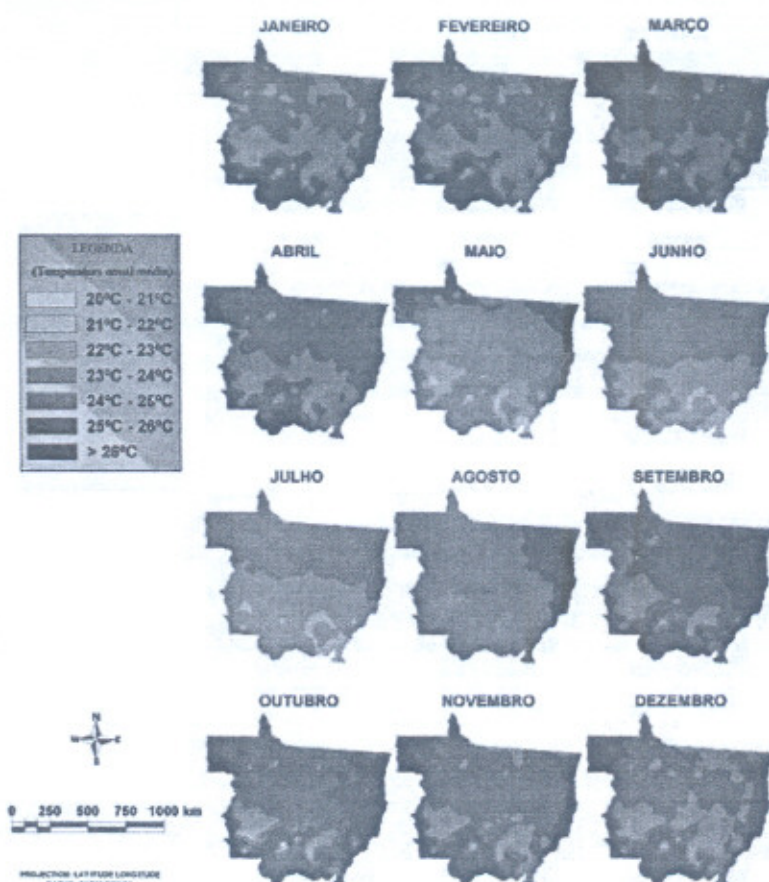


Figura 4. Mapa de classes de temperatura média do ar em escala mensal em todo o Estado de Mato Grosso.

Referências Bibliográficas

- ASPIAZÚ, C. Pronósticos de fases em cultivos de maíz dentado mediante sumas de temperaturas. **Revista de La Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires**. Buenos Aires, v. 19, n. 1-2, p. 61-69, 1971
- CAMARGO A. P.; SENTELHAS, P. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, p. 89-97, 1997.
- CARGNELUTTI FILHO, A. C.; MALUF, J.; MATZENAUER, R.; STOLZ, A. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decenal do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 6, p. 893-901, jun. 2006.
- COELHO, D.; SEDIYAMA, G.; VIEIRA, M. Estimativa das temperaturas médias mensais e anual no estado de minas gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 20, p. 455-459, 1973.
- DOURADO NETO, D. ; ASSIS, J. P.; MANFRON, P. A.; SPAROVEK, G.; BARRETO, A. G. O. P.; MARTIN, T. N. Simulação estocástica de valores médios diários de temperatura do ar e de radiação solar global para Piracicaba-SP, utilizando distribuição normal. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 225-235, 2005.
- DRAPER N. R.; SMITH, R. **Applied regression analysis**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1996. 706 p.
- FEITOZA, L.; SCÁRDUA, J.; SEDIYAMA, G.; VALLE, S. Estimativas das temperaturas médias das máximas mensais e anual do Estado do Espírito Santo. **Revista do Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10, p. 25-32, 1980a.
- FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996. 320 p.
- GENNEVILLE, M. S.; BOOCK, A. Modelo estocástico para simulação de precipitação pluviométrica diária de uma região. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 9, p. 959-966, 1983.
- HOFFMANN R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. 3. ed. São Paulo: São Paulo: HUCITEC: EDUSP, 1998. 339 p.
- LIMA, M.; RIBEIRO, V. Equações de estimativa da temperatura do ar para o estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, p. 221-227, 1998.
- MATALAS, N. Mathematical assessment of synthetic hydrology. **Water Resources Research**, Tucson, v. 3, p. 937-945, 1967.
- MEDEIROS, S. D. S.; CECÍLIO, R. A.; MELO JÚNIOR, J. C. F. D.; SILVA JÚNIOR, J. L. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 247-255, 2005.
- NETER, J. **Applied linear regression models**. 3. ed. New York: McGraw Hill, 1997. 532 p.
- NICKS, A. D.; LANE, L. J.; GANDER, G. A. Weather Generator. In: WATER erosion prediction project (WEPP). West Lafayette: USDA-ARS, 1995. Cap. p. 2.1-2.22
- RICHARDSON, C. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation. **Water Resources Research**, Tucson, v. 17, p. 182-190, 1981.
- ROLIM, G.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, p. 133-137, 1998.
- SEDIYAMA, G.; MELO JÚNIOR, J. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de minas gerais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 6, p. 57-61, 1998.
- SEDIYAMA, G. C.; CHANCELLOR, W. J.; BURKHARDT, T. H.; GOSS, J. R. Simulação de parâmetros climáticos para a época de crescimento das plantas. **Revista Ceres**. Viçosa, MG, v. 25, n. 141, p. 455-466, 1978.
- SIERRA, E. M.; MURPHY, G. M. **Aspectos bioclimáticos del cultivo del sorgo**. Viedna: IDEVI, 1973. p. 28-54. (Série Técnica, 3).
- SOUZA, G. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília, DF: EMBRAPA-SEA; EMBRAPA-SPI, 1998. 489 p.
- STERN, R. D.; DENNETT, M. D. I. Analyzing daily rainfall measurements to give agronomically useful results. ii. a modeling approach. **Experimental Agriculture**, London, v. 18, p. 237-253, 1982.
- WILLMOTT, C. On the validation of models. **Physical Geography**, Kelowna, v. 2, p. 184-194, 1981.