

DESEMPENHO DO MÉTODO DO INVERSO DA DISTÂNCIA PONDERADA, NA INTERPOLAÇÃO DE DADOS HORÁRIOS DE TEMPERATURA DO AR

Raniéri Carlos Ferreira de Amorim¹; Aristides Ribeiro²; Brauliro Gonçalves Leal³
Gilberto Chohaku Sedyama⁴

[1] Pesquisador DCR do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus de Marechal Deodoro.

Rua Lourival Alfredo, 176. CEP 57160-000, Marechal Deodoro - AL. Email: rcfamorim@gmail.com

[2] Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. Pesquisador CNPq.

[3] Professor adjunto do Departamento Engenharia da Computação da Universidade Federal Vale do São Francisco, Campus Petrolina-PE.

[4] Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. Pesquisador CNPq.

Apresentado no XVII Congresso de agrometeorologia 2011 – 18 a 21 de Julho de 2011 –
SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

Resumo: O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o desempenho do interpolador Inverso da Distância Ponderada (IDP), com a potência 2, para a espacialização de dados horários de temperatura do ar, para o estado de Minas Gerais combinando o método de interpolação com o modelo digital de elevação GTOPO30, a fim de fornecer subsídios para o planejamento agroclimático em regiões onde não há disponibilidade de dados meteorológicos. Em virtude dos resultados encontrados, foi possível observar que, o método de interpolação IDP, com potência 2.0, para dados horários de temperatura do ar, apresentou erros relativamente pequenos, quando comparados aos erros encontrados em outros estudos que utilizaram dados diários e anuais realizados em regiões comparativamente menores. De acordo com as estatísticas calculadas, os valores dos erros foram bastante próximos, para as três áreas de estudo, porém, a área de estudo 3 obteve os menores valores, tanto do EAM quanto do REQM, enquanto que a área de estudo 2 apresentou os valores mais elevados. O VM mostrou que a temperatura foi superestimada em até 3.0°C nas três áreas de estudo e para todos os períodos analisados.

Palavras Chaves: Variáveis climáticas, interpolação espacial, Inverso da Distância Ponderada.

PERFORMANCE OF THE INVERSE DISTANCES WEIGHTED METHOD IN THE INTERPOLATION OF HOURLY DATA AIR TEMPERATURE IN THE STATE OF MINAS GERAIS

Abstract: The main objective of this study was to evaluate the performance of the Inverse Distance Weighted interpolator (IDW), with the power 2 for the spatialization of the hourly data air temperature for the state of Minas Gerais combining the interpolation method with the digital model elevation GTOPO30, to provide grants for planning agroclimatic regions where there isn't availability of meteorological data. According to the results, it is possible to observe that the interpolation method IDW, with power 2.0, for hourly data of air temperature, showed relatively small errors compared to errors found in other studies using daily data and conducted annual in regions comparatively small. According to the statistics calculated, the values of the errors were very similar for the three study areas, however, the area of study 3 had the lowest values of both the MAE and the RMSE, while the area of study 2 showed the higher values. The MBE showed that the temperature was overestimated by up to 3.0 ° C in the three study areas and for all periods analyzed. .

Key words: Climate variables, spatial interpolation, Inverse distance weighted.

Introdução: As variáveis meteorológicas requeridas para aplicações no gerenciamento dos recursos hídricos e estudos agrometeorológicos e climáticos, dentre outros, são usualmente medidas em estações meteorológicas. A abrangência desses dados está limitada às áreas próximas aos pontos onde são medidos. Para estimar variáveis meteorológicas em locais onde não há estações pode-se usar a interpolação espacial (Caruso & Quarta 1998, Campling et al. 2001). A temperatura do ar é uma variável meteorológica importante em muitos estudos climáticos. Numerosos métodos de interpolação espacial têm sido aplicados para estimar a distribuição espacial dessa variável (Collins e Bolstad, 1996). Estes métodos funcionam bem sobre terrenos homogêneos, porém, em terrenos montanhosos, Dodson and Marks (1997); Hulme et al. (1997) recomendam incorporar a informação da topografia nestes métodos através de um Modelo Digital de Elevação (MDE) para responder pelos efeitos da elevação na temperatura.

Diferentes métodos de interpolação, tais como Spline e Inverso da Distância Ponderada (IDP) têm sido usados em análises de temperatura em área de relevo montanhoso (Kurtzman e Kadmon, 1999). O IDP é um estimador determinístico, nele considera-se que os pontos próximos dos locais não amostrados são mais representativos do que aqueles mais afastados. Assim, a ponderação muda de acordo com a distância linear das amostras aos pontos não amostrados. O objetivo deste estudo é avaliar o desempenho do interpolador IDP com a potência 2.0 para a espacialização de dados horários da temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar para o estado de Minas Gerais, a fim de fornecer subsídios para o planejamento agroclimático em regiões onde não há disponibilidade desses dados.

Materiais e Métodos: A região de estudo abrange o Estado de Minas Gerais e seu entorno, situado na Região Sudeste do país, entre os paralelos 12° e 24° de latitude Sul e os meridianos 38° e 52° a Oeste de Greenwich, altitudes variando de 3 a 1800 m e com uma área de 586.528 km². A região sudeste se caracteriza por apresentar uma topografia irregular, e regiões montanhosas.

Foram selecionadas 80 estações meteorológicas automáticas (Vaisala, MAWS301) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instaladas no estado de Minas Gerais e seu entorno, com dados horários de temperatura do ar para os anos de 2007 e 2008. Foram realizados testes estatísticos para definir subáreas dentro da área de estudo, assim as estações foram organizadas em 3 (três) áreas de estudos contendo as mesorregiões do Estado e foram denominadas Área de estudo 1 (A1), Área de estudo 2 (A2) e Área de estudo 3 (A3), descritas a seguir:

- A1 - Vale do Jequitinhonha, Vale do Rio Doce e Vale do Mucuri;
- A2 - Região Metropolitana de BH, Oeste de Minas Gerais, Sul de Minas Gerais, Sudoeste de Minas, Campo das Vertentes e Zona da Mata;
- A3 - Triângulo Mineiro, Central Mineiro, Noroeste de Minas, Norte de Minas e Oeste de Minas.

Os períodos de estudo selecionados para análise foram: 14 a 28/06/2007; 14 a 28/09/2007; 14 a 28/12/2007 e 14 a 28/03/2008, num total de 1440 dados horários. Estes períodos foram escolhidos para representarem as transições entre as estações do ano (solstícios e equinócios). Para as interpolações dos dados de temperatura do ar foi utilizado um modelo digital de elevação (MDE) de resolução espacial de 30'' (~ 900m). Os dados horários de temperatura do ar foram ajustados ao nível do mar, considerando os efeitos da atitude em terrenos montanhosos, através da temperatura potencial (θ_0), com isso, os dados de temperatura do ar foram interpolados e convertidos a temperaturas atuais para as elevações de superfície do MDE. Sendo assim, os dados da temperatura atual estimada e pressão observada na estação

foram usadas sob condições de estabilidade atmosférica neutra para a equação da temperatura potencial retornando, em seguida, para a temperatura do ar (Ver mais detalhes em Amorim, 2008). Os dados foram submetidos aos procedimentos do método determinístico IDP. O algoritmo IDP calcula estimativas de valores desconhecidos dependendo dos valores vizinhos conforme a equação (1):

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{x_j}{d_{ij}^k} \right)}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{d_{ij}^k} \right)} \quad (1)$$

Os dados horários de temperatura do ar observados nas estações foram interpolados usando o coeficiente da potência $k \in \{2,0\}$, sendo esse o mais utilizado na literatura. O desempenho do IDP foi avaliado por meio de análises estatísticas obtidas usando a validação cruzada (Issaks & Srivastava, 1989). Este método consiste em estimar um valor retirado de um conjunto de dados amostrais a partir de seus demais elementos. Neste caso, obtêm-se dois valores para o mesmo ponto, o amostrado e o estimado pelo método do IDP. Para o teste de validação, o período utilizado compreende 28 dias ao longo dos anos de 2007 e 2008 para cada estação do ano (outono, inverno, primavera e verão), sendo 14 a 21/03/2007; 14 a 21/06/2007; 14 a 21/09/2007 e 14 a 21/03/2008. As medidas estatísticas utilizadas para avaliar o desempenho do IDP foram: Viés Médio (VM), Erro Absoluto Médio (EAM) e Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM) entre os dados observados e estimados.

Resultados e discussão: A Tabela 1 apresenta os resultados estatísticos das temperaturas do ar interpoladas pelo IDP, com potência 2, para as três subáreas de estudo. A área de estudo 2 (A2) obteve os maiores valores de EAM (variando de 2,66 a 2,81°C) e REQM (variando de 3,33 a 3,52°C), para a temperatura do ar, quando comparado as outras áreas de estudo. De acordo com VM, a temperatura foi superestimada em até 2,80°C na área de estudo 3 (em março de 2008) e no mínimo 1,54°C na área A2 (em setembro de 2007). ANDERSON (2001) encontrou, para área metropolitana de Phoenix, utilizando o IDP para dados diários, um EAM de 1,63°C e um REQM de 1,69°C e TASLINNEN et al. (2003) encontraram, para a Finlândia, um EAM de 0,70°C e um REQM de 1,11°C também para dados diários. Enquanto que, para dados anuais, APAYDIN et al. (2004) encontraram, para a região da Turquia, um EAM de 1,81°C e um REQM de 2,33°C e VICENTE-SERRANO et al. (2003) verificaram, para a região nordeste da Espanha, um EAM de 0,46°C e um REQM de 0,56°C. Os coeficientes de determinação entre os valores observados e estimados da temperatura do ar, encontrados neste trabalho, foram melhores que o encontrado por VICENTE-SERRANO et al. (2003), que foi de 0,72, principalmente nos meses de dezembro de 2007 e março de 2008 (0,83 e 0,81, respectivamente) para área de estudo 2 e para os meses de junho e setembro de 2007 (0,81) na área de estudo 3.

Tabela 1. Resultados estatísticos entre os dados horários observados e estimados da temperatura do ar para as subáreas de estudos 1, 2 e 3

Área de estudo	Mês/ano	Temperatura do Ar		
		VM (°C)	EAM (°C)	REQM (°C)
A1	06/2007	1,79	2,42	2,89
	09/2007	1,69	2,40	2,82
	12/2007	2,63	2,87	3,31
	03/2008	2,66	2,88	3,29
A2	06/2007	1,83	2,73	3,52
	09/2007	1,54	2,66	3,50
	12/2007	2,42	2,78	3,33
	03/2008	2,46	2,81	3,31
A3	06/2007	1,91	2,28	2,88
	09/2007	1,97	2,30	3,07
	12/2007	1,75	2,64	3,45
	03/2008	2,80	2,84	3,24

A Tabela 2 apresenta as equações ajustadas e a correlação entre os valores horários observados e estimados de temperatura do ar interpolados pelo método IDP, com potência 2, para o Estado de Minas Gerais. Podemos observar que, de maneira geral, os coeficientes de determinação variaram entre 0,74 e 0,83. Para a área de estudo 2, o r^2 oscilou entre 0,83 e 0,74 nos meses de setembro de 2007 e março de 2008 e para a área de estudo 3 os valores do coeficiente de determinação variaram entre 0,75 a 0,81. Nota-se, também, que na área de estudo 2, o mês março de 2008, obteve um r^2 mais significativo (0,83) que os demais meses, podendo esta área está relacionada a uma maior uniformidade desta variável climática no Estado. O teste t mostra que não houve evidências estatísticas ao nível de 5%.

Tabela 2. Equações de regressões ajustadas à temperatura e umidade relativa do ar entre os valores horários observados e estimados e seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) para o Estado de Minas Gerais

Área de estudo	Mês/ano	Temperatura do ar = a x + b			
		a	b	r^2	Teste t-5% $t_{tab} = 1,64$
A1	06/2007	1,046	0,875	0,79	1,9606
	09/2007	1,005	1,583	0,78	1,9606
	12/2007	1,074	0,842	0,78	1,9606
	03/2008	1,089	0,510	0,80	1,9606
A2	06/2007	0,996	1,896	0,75	1,9602
	09/2007	0,948	2,626	0,74	1,9602
	12/2007	1,117	-0,211	0,81	1,9602
	03/2008	1,153	-0,860	0,83	1,9602
A3	06/2007	0,890	4,197	0,81	1,9602
	09/2007	0,840	6,078	0,81	1,9602
	12/2007	0,864	5,825	0,75	1,9602
	03/2008	0,898	5,097	0,79	1,9602

Conclusões: Tendo em vista os resultados encontrados, é possível observar que, o método de interpolação IDP, com potência 2.0, para dados horários de temperatura do ar, apresentou-se adequado a realização da espacialização dessa variável, por apresentar erros relativamente pequenos, quando comparados aos erros encontrados em outros estudos que utilizaram dados diários e anuais realizados em regiões comparativamente menores em todo o globo. De acordo com as estatísticas calculadas, os valores dos erros foram bastante próximos, para as três áreas de estudo, porém, a área de estudo 3 obteve os menores valores, tanto do EAM quanto do REQM, enquanto que a área de estudo 2 apresentou os valores mais elevados. O VM mostrou que a temperatura foi superestimada em até 2,8°C nas três áreas de estudo e para todos os períodos analisados.

Referências

- AMORIM, R. C. F. Espacialização de variáveis meteorológicas combinando estimativas de imagens de satélites com técnicas de interpolação para o estado de Minas Gerais. Tese de doutorado em Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2008.
- ANDERSON, SHAROLYN. An Evaluation of Spatial Interpolation Methods on Air Temperature in Phoenix, AZ. Online paper at <http://www.ucgis.com> from UCGIS Summer Assembly 2001 Program July 20 - 23, 2001 in Buffalo, NY, 2001.
- APAYDIN, H.; SOMEZ, F. K.; YILDIRIM, E. Spatial interpolation techniques for climate data in the GAP region in Turkey. *Climate research*. Vol. 28, p. 31 - 40, 2004.
- CAMPLING, P; GOBIN, A; FEYEN, J. Temporal and spatial rainfall analysis across a humid tropical catchment. *Hydrologic Process*. Vol. 15. p. 359 - 375, 2001.
- CARUSO, C; QUARTA, F. Interpolation methods comparison. *Computers & Mathematics with Applications*. Vol. 35, n. 12, p. 109 - 126, 1998.
- COLLINS F., BOLSTAD, P. A Comparison of Spatial Interpolation Techniques in Temperature Estimation NCGIA Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, NM USA, 1996.
- DODSON, R.; MARKS, D. Daily air temperature interpolated at high spatial resolution over a large mountainous region. *Climate research*. Vol. 8. p.1-20, 1997.
- HULME, M., NEW, M. Dependence of large-scale precipitation climatologies on temporal and spatial sampling. *Journal Climate*. Vol. 10, p. 1099 - 1113. 1997.
- ISAAKS, E. H. & SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, p. 561, 1989.
- KURTZMAN, D. AND R. KADMON. Mapping of temperature variables in Israel: a comparison of different interpolation methods, *Climate Research*, vol. 13, p. 33-43, 1999.
- TASKINEN, A.; SIRVIO, H.; VEHVILAINEN, B. Interpolation of daily temperature Finland. *Nordic Hydrology*, vol. 34, p. 161-180, 2003.
- VICENTE-SERRANO, S.M. et al. Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): application to annual precipitation and temperature. *Clim. Res.*, Silver Spring, Vol. 24, p. 161-180, 2003.