

ESPACIALIZAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA A REGIÃO SUBMÉDICA DO VALE DO SÃO FRANCISCO

SPATIALIZATION OF SOLAR RADIATION TO THE REGION SUBMEDIA OF THE
SÃO FRANCISCO VALLEY

Saulo Medrado dos Santos
Doutorando Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia
saulomedrado1@gmail.com

Brauliro Gonçalves Leal
Professor Doutor Colegiado de Engenharia da Computação da Universidade Federal do
Vale do São Francisco - UNIVASF
brauliro.leal@univasf.edu.br

RESUMO: O método do balanço hídrico, utilizando variáveis meteorológicas interpoladas a partir de dados da rede estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pode contribuir para o uso eficiente da água de irrigação na região. Desta forma, este trabalho teve por objetivo espacializar a radiação solar utilizando o método do Inverso da Potência da Distância (IPD) a partir dos dados medidos em 14 estações meteorológicas automáticas em operação na área, um raio de aproximadamente 250 km da cidade de Petrolina-PE. Os valores obtidos da potência do interpolador foram iguais a 2,7, 4,0, 2,7, 2,1 e 2,7 para a época anual, inverno, primavera, verão e outono, respectivamente, com erro relativo médio pequeno e comparável ao erro instrumental.

Palavras-chave: interpolação; validação cruzada; estação meteorológica.

ABSTRACT: The water balance method, using meteorological variables interpolated from data from the meteorological stations network of the National Institute of Meteorology (INMET), can contribute to the efficient use of irrigation water in the region. In this way, this work was aimed at espacializar solar radiation using the Inverse method of the Distance Power (IDP) from the data measured in 14 automatic meteorological stations in operation in the area, a radius of approximately 250 km from the city of Petrolina-PE. The obtained values of the power of the interpolator were equal to 2.7, 4.0, 2.7, 2.1 and 2.7 for the annual, winter, spring, summer and autumn seasons, respectively, with average relative error small and comparable to instrumental error.

Keywords: interpolation; cross-validation; weather station.

INTRODUÇÃO

Dados meteorológicos são essenciais no processo de tomada de decisões do agronegócio, pois o clima exerce considerável influência no crescimento e desenvolvimento das plantas, atuando de forma associada sobre os processos fisiológicos, como a fotossíntese, a evapotranspiração e a produção de matéria seca. Estes dados também são úteis no planejamento das atividades agrícolas,

como manejo de plantios, cálculo da irrigação, pós-colheita e armazenamento da produção (GRAÇA *et al.*, 2011).

Tendo o crescimento socioeconômico fundamentado no agronegócio, a Região do Vale do Submédio São Francisco é resultado de uma política pública voltada para o desenvolvimento do semiárido. Situado na zona mais árida do Nordeste Brasileiro, às margens do Rio São Francisco, no extremo Oeste de Pernambuco e Norte da Bahia. A região é caracterizada por forte incidência de radiação solar, altas temperaturas e regimes marcados pela escassez e irregularidade de chuvas, com precipitações concentradas durante três meses do ano (setembro, outubro e novembro). A oferta de água do Rio São Francisco, juntamente com a forte insolação diária e anual, favorece à produção de frutas tropicais com elevado padrão de exigência, voltadas ao mercado externo (ANGELOTTI *et al.*, 2009; SILVA, 2009).

No Brasil e no mundo o maior usuário de água é a irrigação para a produção de alimentos, com 69% do consumo destinado a esta finalidade (BRAGA, 2008). Para manter-se sustentável, em termos ambientais, a agricultura irrigada precisa utilizar os recursos hídricos com maior eficiência, o que pode ser alcançado por meio do Balanço Hídrico (BH), que permite quantificar as necessidades hídricas das culturas em termos de lâmina e duração da irrigação, feito a partir dos elementos meteorológicos, fatores do solo, da cultura e do sistema de irrigação (ALLEN *et al.*, 1998).

Dentre as variáveis meteorológicas requeridas para o cálculo do BH destaca-se a radiação solar, medida em estações meteorológicas de forma pontual, mas que pode ser convertida em campos contínuos utilizando métodos de interpolação espacial (JAKOB & YOUNG, 2006). Um dos procedimentos mais utilizados para avaliar o desempenho destes métodos é o processo de validação cruzada, que permite comparar valores teóricos de um, dentre vários modelos, e os valores empíricos obtidos por amostragem. Com base na análise dos erros de estimação, pode-se selecionar o melhor modelo (PIOVESAN *et al.*, 2009). Willmott & Matsuura (2006), estudando erros de temperaturas interpoladas pelo Inverso do Quadrado da Distância (IQD), observaram que o Erro Absoluto Médio (EAM) e o

Viés Médio (VM) são as medidas mais adequadas para avaliar os erros de interpoladores espaciais.

O EAM não leva em conta se um erro foi sobrestimado ou subestimado, caracterizando-se por ser a média dos erros cometidos pelo modelo de previsão durante uma série de períodos de tempo. O VM, por sua vez, é um parâmetro que identifica se o modelo tende a superestimar ou subestimar determinada variável, isto é, VM positivo indica tendência a superestimativas, enquanto VM negativo indica tendência a subestimativas.

Tendo em vista a importância das variáveis meteorológicas para o manejo da irrigação e devido à carência de trabalhos científicos relacionados à espacialização de variáveis meteorológicas no Vale do Submédio São Francisco, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do Inverso da Potência da Distância (IPD) para espacializar valores diários da radiação solar da região. Amorim *et al.* (2008) avaliando o desempenho do interpolador IPD definiu como sendo uma técnica de interpolação determinística que assume que cada ponto tem uma influência local que diminui com a distância. 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. A escolha do parâmetro do expoente de ponderação da distância do IPD pode afetar significativamente o resultado da interpolação. Desta forma, os pesos são atribuídos proporcionalmente ao inverso da distância entre os valores dos pontos estimados e os amostrados.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo consiste em um círculo de 250 km de raio em torno da cidade de Petrolina-PE, Semiárido Nordeste, região na qual se insere o Vale do Submédio São Francisco, abrange os municípios de Juazeiro, Casa Nova, Sobradinho e Curaçá na Bahia e Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Orocó em Pernambuco em destaque na Figura 1.

SANTOS, S. M; LEAL, B. G. Espacialização da radiação solar para a Região Submédica do Vale do São Francisco.

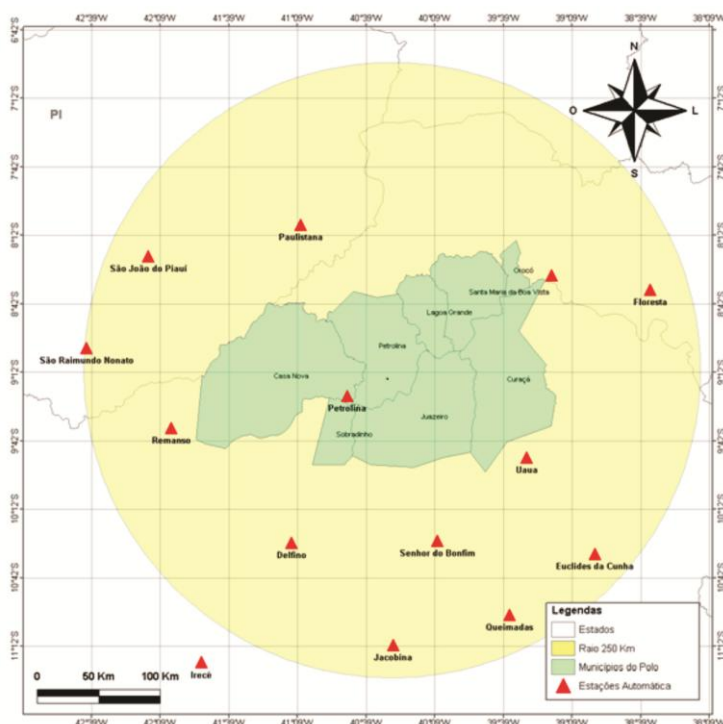


Figura 1. Estações meteorológicas automáticas utilizadas no trabalho e localização da área de estudo.

Foram utilizados dados diários de 14 estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET em operação na área, Tabela 1, que seguem o modelo Vaisala MAWS301. Os dados foram provenientes do próprio site do INMET.

Tabela 1. Estações meteorológicas automáticas do INMET utilizadas no trabalho com Código, Local, Unidade Federativa, Latitude, Longitude, Altitude e a Distância Aproximada em Relação à Estação de Petrolina/PE.

Código	Local	UF	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Distância (km)
A329	Cabrobó	PE	-8,5036	-39,3144	342,0	191,6
A443	Delfino	BA	-10,4553	-41,2072	637,0	127,3
A442	Euclides da Cunha	BA	-10,5367	-38,9978	432,0	237,5
A351	Floresta	PE	-8,6103	-38,5922	329,0	259,7
A424	Irecê	BA	-11,3289	-41,8647	755,0	246,2
A440	Jacobina	BA	-11,2050	-40,4653	453,0	205,6
A330	Paulistana	PI	-8,1325	-41,1428	374,0	144,0
A307	Petrolina	PE	-9,3833	-40,8000	370,5	0,0
A436	Queimadas	BA	-10,9847	-39,6171	315,0	221,0
A423	Remanso	BA	-9,6189	-42,0831	401,0	144,8
A331	São João do Piauí	PI	-8,3647	-42,2508	235,0	196,8
A345	São Raimundo Nonato	PI	-9,0331	-42,7006	402,0	214,5
A428	Senhor do Bonfim	BA	-10,4442	-40,1469	548,0	138,3
A435	Uauá	BA	-9,8336	-39,4956	453,0	153,2

Nos Gráficos 1 e 2 pode-se ver a altitude destas estações e suas distâncias em relação à estação-referência Petrolina/PE.

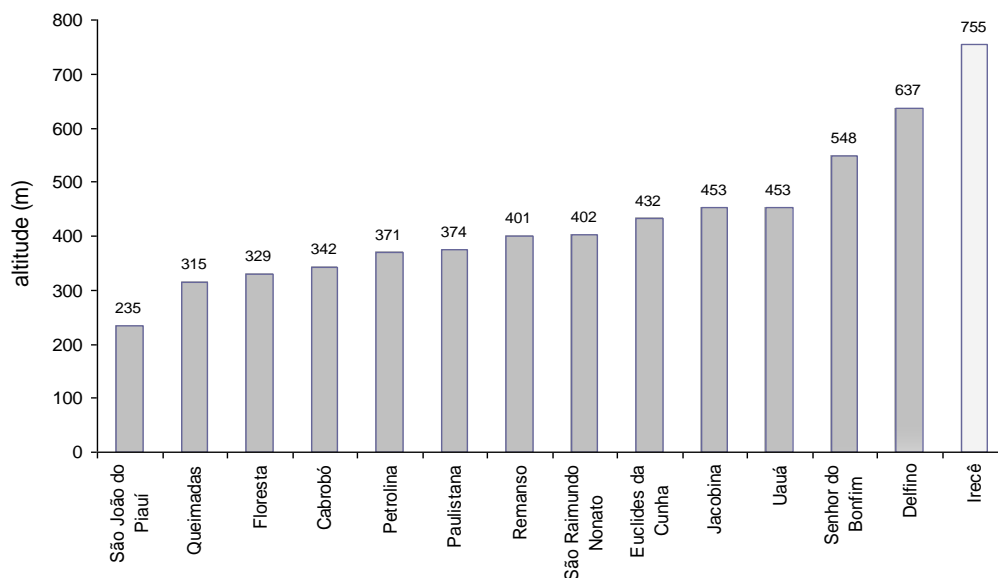


Gráfico 1. Estações meteorológicas automáticas utilizadas no trabalho: suas altitudes em relação à estação-referência Petrolina/PE.

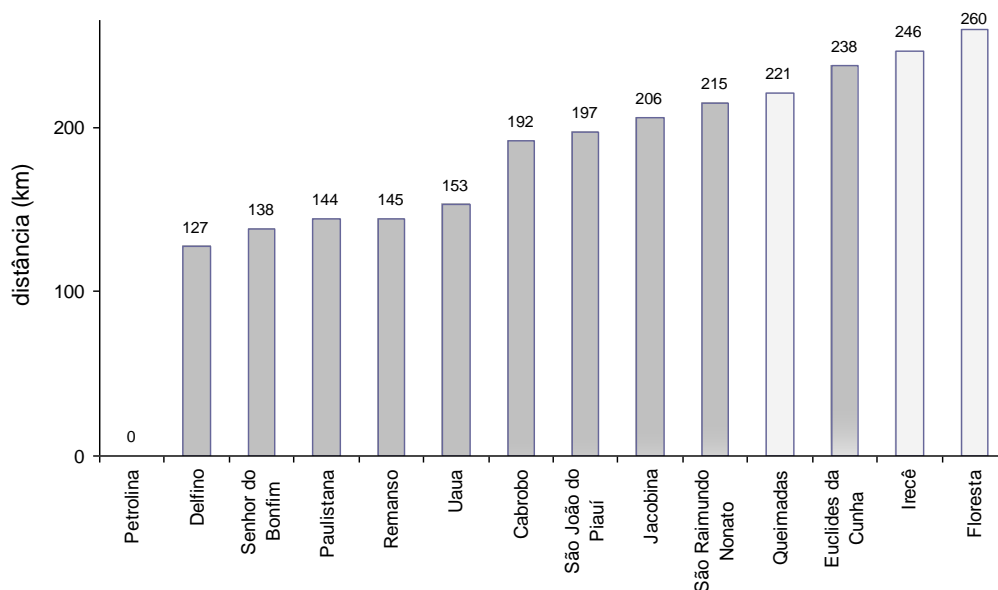


Gráfico 2. Estações meteorológicas automáticas utilizadas no trabalho: suas distâncias em relação à estação-referência Petrolina/PE.

Os valores diários da radiação solar (RS) foram calculados a partir dos dados horários medidos nas estações meteorológicas, utilizando apenas dias que

possuíam pelo menos 18 dados horários válidos, de dois períodos de dados, a saber:

- Primeiro período - de 21/06/2008 a 20/06/2009, com cinco épocas: ano (21/06/2008 a 20/06/2009); inverno (21/06 a 22/09/2008); primavera (23/09 a 20/12/2008); verão (21/12/2008 a 20/03/2009) e outono (21/03 a 20/06/2009). Estes dados foram utilizados para estimar os valores da potência (p) nas épocas consideradas.
- Segundo período - de 21/06/2009 a 21/03/2010. Estes dados foram utilizados como validação para avaliar o erro do valor da potência (p) considerando esta época a de maior concentração da radiação solar da região.

Os valores diários de RS foram espacializados através do IPD (Equação 1) variando-se o parâmetro de potência (p) de 25,0 a 0,0, com decremento de 0,1. A metodologia do IPD leva em consideração que o quantitativo da variável, a ser estimado numa posição qualquer, é calculado pelos “n” vizinhos mais próximos e assim ponderados pelo inverso da sua distância elevada a uma potência “p” (LOPES et al., 2016). O desempenho do IPD foi determinado utilizando os valores de EAM - Erro Absoluto Médio (Equação 2) e de VM - Viés Médio (Equação 3) calculados por meio da validação cruzada aplicada aos dados do primeiro período. No processo de validação cruzada, valores calculados com dados com menos de 10 estações meteorológicas foram desconsiderados. Nesta etapa foram obtidos os valores de p das épocas ano, inverno, primavera, verão e outono.

$$f_e(r) = \frac{\sum_{i=1}^n d(r,r_i)^{-p} f_m(r_i)}{\sum_{i=1}^n d(r,r_i)^{-p}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{EAM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [|f_m(r_i) - f_e(r_i)|] \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{VM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [f_m(r_i) - f_e(r_i)] \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

- $f_e(r)$ - Valor estimado de f no vetor posição r,
 $f_m(r_i)$ - Valor medido de f no vetor posição r_i ,
 N - Número total de pontos conhecidos e utilizados na interpolação,
 $d(r,r_i)$ - Distância euclidiana entre os vetores r e r_i , e
 P - Parâmetro de potência.

O valor de p da época ano, obtido com os dados do primeiro período, foi avaliado utilizando os dados do segundo período por meio dos valores do erro relativo médio diário, conforme definido a seguir:

- Erro relativo diário (er_{dia}): Erro relativo calculado a partir dos valores diários estimados (X_e) e medidos (X_m) em uma estação meteorológica (Equação 4).
- Erro relativo médio diário (er_{med}): Média aritmética de er_{dia} de um conjunto de estações meteorológicas (Equação 5).

$$er_{dia} = \frac{X_m - X_e}{X_m} \quad (\text{Equação 4})$$

$$er_{med} = \text{média}\{er_{dia}\} \quad (\text{Equação 5})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do primeiro período foram utilizados 4938 valores de RS, calculados utilizando dados horários medidos nas estações meteorológicas (Tabela 1). O número de dias (n) utilizados por época deste período está apresentado na Tabela 2. Das épocas inverno, primavera, verão e outono foram utilizados 1137, 1192, 1224 e 1385 dias, respectivamente.

Os valores mínimo, médio, mediana, máximo, desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV), primeiro quartil ($Q_{1/4}$) e terceiro quartil ($Q_{3/4}$) dos dados utilizados por época do primeiro período estão apresentadas na Tabela 2. Verificou-se que os valores de RS mínima do primeiro período variou de 5,1 a 5,4 MJ/m² e a máxima variou entre 26,6 e 30,3 MJ/m², com média e desvio padrão variando entre 16,6 e 22,2 e entre 4,34 e 5,34 MJ/m², respectivamente. Em termos anuais, 50% dos valores de RS estão entre 15,7 e 23,9 MJ/m².

Tabela 2. Estatísticas de RS do primeiro período e suas épocas: valores mínimo, médio, mediana, máximo, desvio padrão, primeiro quartil, terceiro quartil e número de dados utilizados.

Primeiro Período	Mínimo	Médio	Mediana	Máximo	s	Q _{1/4}	Q _{3/4}	n
	(MJ/m ²)	(MJ/m ²)	(MJ/m ²)	(MJ/m ²)	(MJ/m ²)	(MJ/m ²)	(MJ/m ²)	
Ano	5,1	19,6	20,3	30,3	5,34	15,7	23,9	4938
Inverno	5,4	19,1	20,1	27,0	4,73	15,4	22,9	1137
Primavera	5,2	22,2	23,6	30,3	5,26	19,9	26,2	1192
Verão	5,1	20,9	22,1	30,1	5,25	17,7	24,9	1224
Outono	5,1	16,6	16,7	26,6	4,34	13,6	19,8	1385

A Tabela 3 apresenta os resultados estatísticos da RS interpolados pelo IPD. Os valores mínimos de EAM foram 2,52, 1,86, 2,83, 3,14 e 2,17 MJ/m² para a época anual, inverno, primavera, verão e outono, respectivamente, com os correspondentes valores de p iguais a 2,7, 4,0, 2,7, 2,1 e 2,7. Os valores mínimos de VM foram 0,01, 0,01, 0,01, 0,00 e 0,00 MJ/m² para a época anual, inverno, primavera, verão e outono, respectivamente, sendo os correspondentes valores de p todos iguais a 0,1.

Tabela 3. Valores mínimos de EAM e VM, com seus correspondentes valores de p nas épocas ano, inverno primavera, verão e outono do primeiro período.

Primeiro Período	p	EAM (MJ/m ²)	p	VM (MJ/m ²)
Ano	2,7	2,52	0,1	0,01
Inverno	4,0	1,86	0,1	0,01
Primavera	2,7	2,83	0,1	0,01
Verão	2,1	3,14	0,1	0,00
Outono	2,7	2,17	0,1	0,00

A variação geral do EAM foi similar nas épocas, com valor inicial alto, acompanhado por uma diminuição acentuada até um valor mínimo, seguido de um crescimento moderado (Figura 2-a). A curva correspondente ao inverno se destaca das demais, apresentando valores um pouco maiores de EAM. As demais curvas, primavera, verão e outono, apresentam valores similares próximos dos seus valores mínimos.

A Figura 2-b apresenta a variação de VM em função de p nas épocas e período estudado. A variação geral do VM foi similar nas épocas, com valor inicial baixo, acompanhado por um aumento acentuado até um valor máximo, acompanhado por uma diminuição até um valor mínimo local e, em seguida, um crescimento moderado, exceto para a curva correspondente ao inverno que se

destaca das demais, apresentando valores crescentes de VM com uma pequena oscilação. A variação de EAM está relacionada à dispersão dos dados, os maiores valores do desvio-padrão correspondem aos maiores valores de VM e vice-versa (

Tabela 2). Tanto a variação do EAM quanto a de VM podem estar relacionadas à topografia da região, como já foi observado por Raupach & Finnigan (1997), onde afirmam que a topografia influencia o clima próximo à superfície. Isso pode ser verificado através do Gráfico 1 onde apresenta a altitude das estações meteorológicas, que varia de 235 a 755 m.

Os valores de p obtidos por meio de EAM e VM foram maiores que zero para todas as cinco épocas, o que indica que a média aritmética, caso em que $p = 0$, não é um indicador adequado para interpolação espacial de RS na região e período estudado. Ferraz (2010) em trabalho de estimativa de dados meteorológicos obteve valores de $p = 0$ para o estado do Rio Grande do Sul utilizando dados de latitude e longitude, considerado não representativos pelos autores.

A comparação do comportamento de EAM e VM, que podem ser observados nas Figura 2 (a) e Figura 2 (b), respectivamente, permite inferir que EAM, por ter um comportamento semelhante para as épocas e também por apresentar um único ponto de mínimo, é a melhor medida de desempenho para avaliar os erros médios de interpolação espacial de RS na região e período estudado, o que está de acordo com o resultado obtido por Willmott & Matsuura (2006).

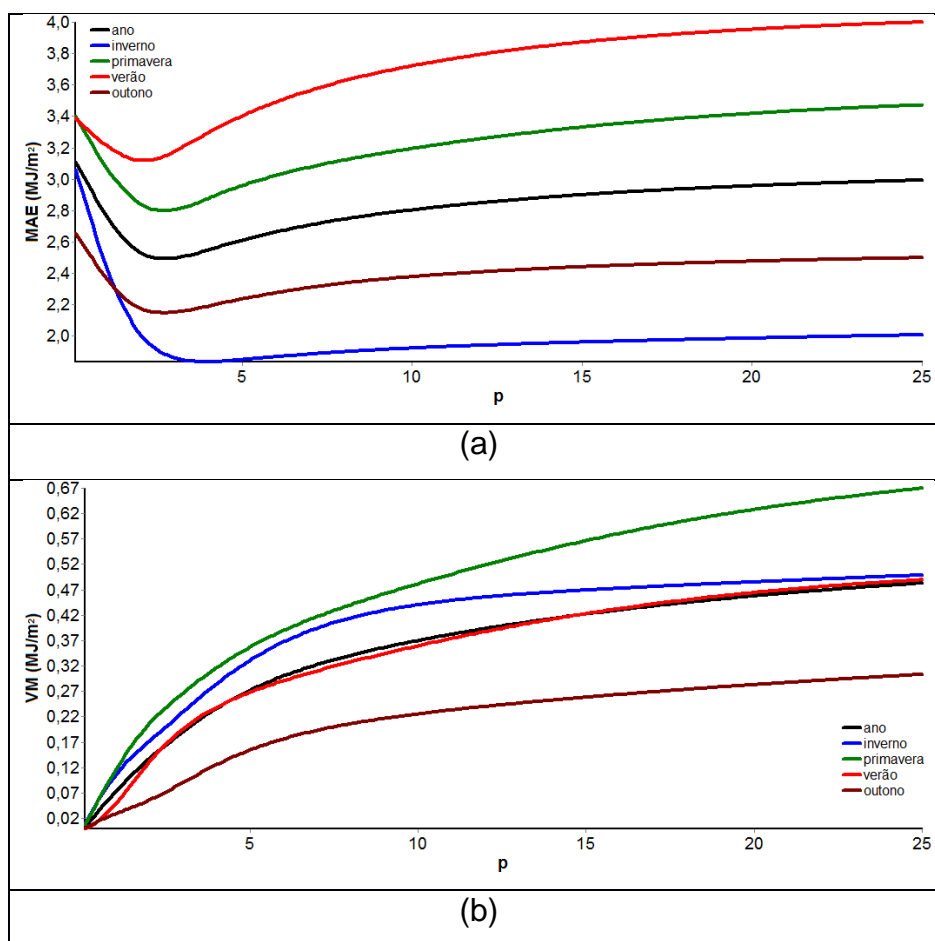


Figura 2. Variação dos valores de EAM (a) e VM (b) em função de p das épocas ano, inverno, primavera, verão e outono do primeiro período.

A Figura 3 apresenta a variação diária do erro relativo médio (er_{med}) calculado utilizando os dados do segundo período utilizando o valor de p obtido para a época ano, $p = 2,7$. Nesta figura pode-se observar que a variação de er_{med} de natureza aleatória, com uma pequena tendência de queda. De modo geral os valores de er_{med} variaram de -14,53 a 0,67%, com média igual a -2,09% que está na faixa de precisão do sensor que varia de -2,5 a 2,5% (VAISALA, 2016).

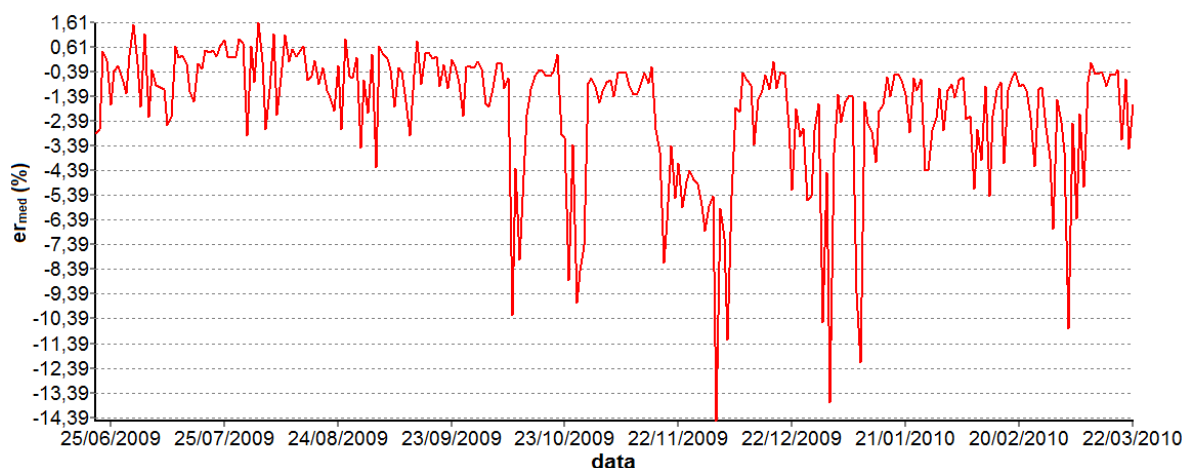


Figura 3. Variação dos erros relativos mínimo, médio e máximo.

Os valores de p obtidos utilizando EAM, por serem maiores que 1,0, indicam uma maior influência dos valores mais próximos ao ponto interpolado (BOOTH, 2001). Embora as estações meteorológicas estejam distante uma das outras (Gráfico 2), pode-se observar uma grande concordância entre os valores medidos e estimados de RS utilizando os dados do segundo período, nas Figura 4 e Figura 5, com $r^2 = 49,4\%$, que pode ser devido à baixa dispersão dos dados de RS nas épocas, com média variando de 16,6 a 22,2 MJ/m² e desvio padrão no intervalo de 4,34 a 5,26 MJ/m² (Tabela 2).

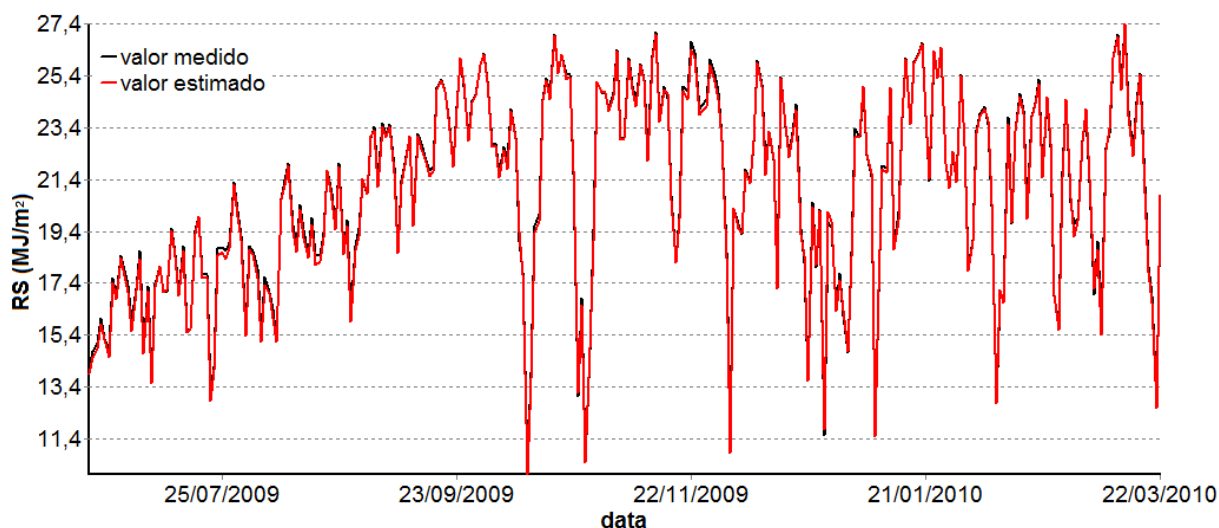


Figura 4. Variação do erro relativo médio.

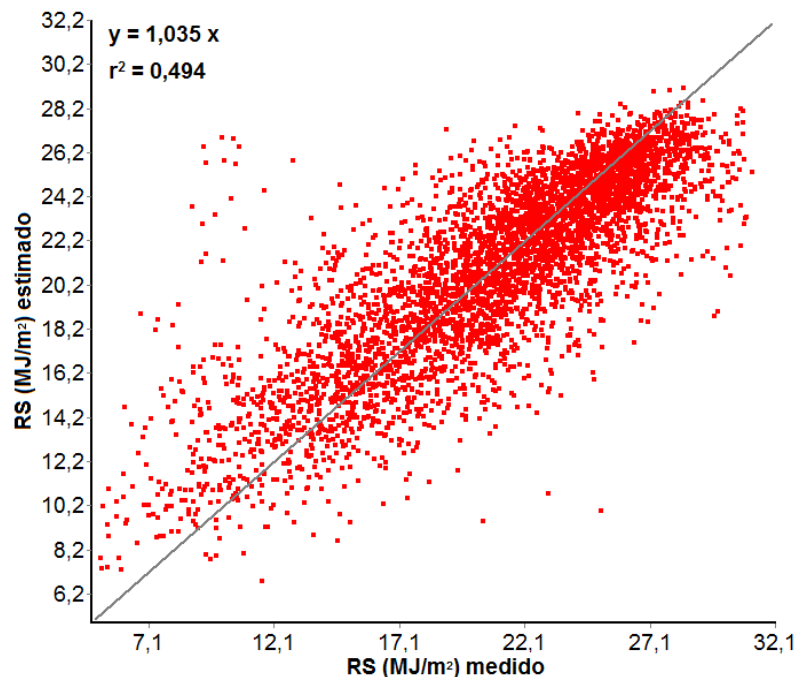


Figura 5. Variação dos valores estimados versus valores medidos de RS dos dados do segundo período.

Amorim et al. (2008), ao espacializarem a temperatura e umidade relativa, na região mineira do Vale do Rio Doce, encontraram erro relativo médio de 11,1% e 6,6%, respectivamente, com amplitudes de temperatura variando de 6,9 e 16,8 °C e de umidade relativa entre 1,6 e 18,9%. Estes autores observaram ainda que os resultados obtidos foram independentes da influência na sazonalidade nas escalas espacial e temporal consideradas. Os valores dos erros encontrados neste trabalho foram menores do que aqueles encontrados por Amorim e colaboradores e sua sazonalidade pode estar relacionada ao clima da região que apresenta períodos secos e chuvosos bem definidos bem como à sua topografia.

CONCLUSÃO

Foram estimados os valores da potência (p) do inverso da potência da distância (IPD) para a interpolação da radiação solar (RS) da região do Vale do Submédio São Francisco, utilizando validação cruzada e erro absoluto médio (EAM). Os valores de p obtidos foram iguais a 2,7, 4,0, 2,7, 2,1 e 2,7 para a época ano, inverno, primavera, verão e outono, respectivamente.

O erro absoluto médio (EAM) foi a melhor medida de desempenho do inverso da potência da distância (IPD) para a espacialização da radiação solar (RS) na região e período estudado.

O valor de p da época ano foi avaliado utilizando o erro relativo diário médio (er_{med}) que apresentou valor comparável ao erro instrumental, o que viabiliza o método do inverso da potência da distância (IPD) para a espacialização da radiação solar (RS) da região estudada.

Mais estudos devem ser realizados visando maximizar o conhecimento da espacialização da radiação solar (RS), a fim de subsidiar os agricultores em áreas com pouca ou nenhuma estação meteorológica.

Os valores de p obtidos indicam uma maior influência dos valores mais próximos ao ponto interpolado, dessa forma, recomenda-se a instalação de novas estações meteorológicas automáticas, de modo a favorecer o uso de interpoladores espaciais, tendo em vista sua importância no cenário agrícola brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO - Irrigation and drainage, Paper 56, p. 319, 1998.

AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Avaliação do comportamento de variáveis meteorológicas espacializadas em áreas de relevo ondulado na bacia do Rio Doce. *Engenharia na Agricultura*, v.16(1) p. 19-26, 2008.

ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MELO, R. F. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro. In: *Embrapa Semiárido/Embrapa Informática Agropecuária. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro*. Petrolina-PE, Embrapa Semiárido; Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária. 295p. 2009.

BOOTH, B. *Using ArcGis 3D Analyst*. New York Street, Redlands, ESRI Press, p. 220, 2001.

BRAGA, P. F. Gestão de águas no Brasil. *Scientific American Brasil*, n.70, p.38-41, Mar. 2008.

FERRAZ, R. C. *Desenvolvimento de um sistema web para estimativa numérica de dados meteorológicos do Rio Grande do Sul*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Geomática, 2010.

SANTOS, S. M.; LEAL, B. G. Espacialização da radiação solar para a Região Submédica do Vale do São Francisco.

GRAÇA, C. H. da; MARTINS, V. M. S.; TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H.; STIVARI, S. M. S. Caracterização climática como auxílio no planejamento agrícola para o município de Apucarana – PR. *XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Guarapari – ES, Jun. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Monitoramento das Estações Automáticas*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>>. Acesso em: 27 out. 2016.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: XV ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS. *Anais do XV Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Populacionais*, Caxambu, 2006.

LOPES, I.; LEAL, B. G.; RAMOS, C. M. C.; MELO, J. M. M. de. Espacialização da Precipitação para a Região do Submédio São Francisco. *Rev. Bras. Agric. Irr.* v. 10, nº 5, Fortaleza, p. 893 - 903, Set - Out, 2016.

PIOVESAN, P.; ARAUJO, L. B. de; DIAS, C. T. dos S. Validação cruzada com correção de autovalores e regressão isotônica nos modelos de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa. *Ciência Rural [online]*, vol.39, n.4, p. 1018-1023, 2009.

RAUPACH, M. R.; FINNIGAN, J. J. The influence of topography on meteorological variables and surface-atmosphere interactions. *Journal of Hydrology*, 190, p. 182-213. 1997.

SILVA, R. M. A. Políticas públicas e sustentabilidade do desenvolvimento do Semiárido brasileiro. In: *Embrapa Semiárido/Embrapa Informática agropecuária. Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro*. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido; Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária. p. 197-219. 2009.

THE LI-COR Pyranometer (LI-200SA) *Measures Global Solar Radiation. It is a Photodiode Covered by a Plastic Disk. Under Natural Daylight Conditions, Typical Error is ±5%*. Disponível em: <<http://solardat.uoregon.edu/LICORPyranometer.html>>. Acesso em: 20 out. 2016.

VAISALA, Sensors for Vaisala MAWS101/201. *Automatic Weather Stations*. Disponível em: <http://www.gbm.co.kr/data/sys_dwn/pdf/sys02_01_03_02.pdf>. Acesso em: 28 out. 2016.

SANTOS, S. M; LEAL, B. G. Espacialização da radiação solar para a Região Submédica do Vale do São Francisco.

WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K. On the use of dimensioned measures of error to evaluate the performance of spatial interpolators. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 20, No. 1, January, p. 89–102, 2006.

Submetido em: 08/12/2016
Aceito para publicação em: 26/06/2017