

ANÁLISE GEOESTATÍSTICA PARA O MONITORAMENTO DA TEMPERATURA NO ESTADO DA BAHIA

Michel Eustáquio Dantas Chaves¹

Katyanne Viana da Conceição²

João Vitor Roque Guerrero³

Saúde Ambiental

RESUMO

O monitoramento climático é elemento essencial para predições nas mudanças da temperatura e a sua influência na segurança e saúde ambiental. No entanto, a esparsa densidade de estações meteorológicas limita a obtenção de dados e dificulta as análises a respeito de variáveis e eventos climáticos, tornando necessário o uso de estimadores de dados para onde não há medições, como as interpolações. Por meio deste trabalho, objetivou-se avaliar qual método de interpolação representa melhor a variável climática de temperatura máxima no Estado da Bahia, com o uso de séries históricas de temperatura e um Modelo Digital de Elevação. Pôde-se observar que os interpoladores geoestatísticos apresentaram melhor desempenho, especialmente a Co-Krigagem.

Palavras-chave: Monitoramento climático; Geoestatística; Dependência espacial.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a maior parte dos estudos sobre variáveis climáticas é realizada a partir da análise de dados de estações meteorológicas. Entretanto, o total de estações é muito baixo em relação à extensão do território nacional. O uso de ferramentas computacionais permite a predição de dados para regiões desprovidas de estações, tais como os métodos de interpolação espacial, que geram superfícies contínuas por meio de pontos amostrados e predizem valores para locais não amostrados.

A aplicação de métodos de interpolação espacial é importante para avaliações acerca das condições e dos fenômenos climáticos. Em muitos casos, o monitoramento climático e o acompanhamento de variáveis como a temperatura e o regime pluviométrico, entre outros, são dependentes de métodos de interpolação espacial. Diante disso, entender qual método de interpolação espacial se sobressai é importante antes de sua aplicação definitiva como ferramenta de auxílio ao planejamento, gestão e à segurança ambiental. Assim, o objetivo

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Lavras – UFPA, medchaves@posgrad.ufla.br.

²Mestra em Ciência e Tecnologia da Madeira - Universidade Federal de Lavras - UFPA, katyannevc@gmail.com.

³Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, jvguerrero2@gmail.com.

deste trabalho foi avaliar qual método de interpolação espacial apresentou melhor performance para representa a variável climática de temperatura máxima no Estado da Bahia.

METODOLOGIA

Localizado na região Nordeste do Brasil, o Estado da Bahia possui área total de 564.092,669 km² e 417 municípios (IBGE, 2018). Logo, foram utilizadas 51 cenas do Modelo Digital de Elevação (MDE) da Missão *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, bem como normais climatológicas de 2007 até 2017 referentes às temperaturas máximas de 34 estações meteorológicas, obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Inicialmente, foi necessário refinar as cenas SRTM, eliminando as falhas denominadas como depressões espúrias (MACHADO et al., 2010) por meio de preenchimento local de feições. Após isso, foi criado um mosaico com todas as cenas SRTM.

Os dados do INMET foram agrupados anualmente. Em seguida, foi gerado um arquivo de pontos com a localização de cada estação. Os dados foram sobrepostos ao mosaico SRTM, e foram extraídas as altitudes do MDE para cada ponto. Foram avaliados os interpoladores determinísticos Inverso do Quadrado da Distância (IDW) e Função de Base Radial (FBR), e os geoestatísticos Krigagem Ordinária (KRG) e Co-Krigagem (CKRG). A análise da acurácia considerou Erro Médio (EM), Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Padrão Médio (EPM), Erro Normalizado Médio (ENM) e Erro Quadrático Normalizado Médio (EQNM). Ao final, foram gerados mapas de espacialização da variável climática de temperatura máxima com base em cada método de interpolação espacial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram ajustados semivariogramas para os interpoladores Krigagem ordinária e Co-Krigagem (Figura 1).

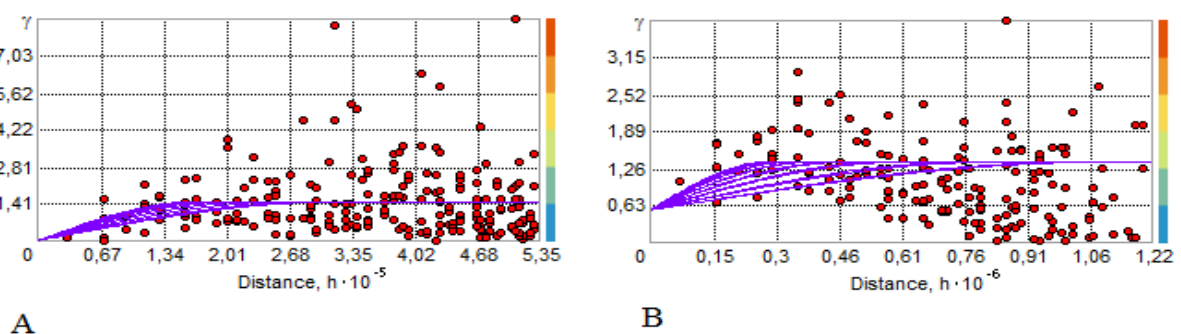


Figura 1. Semivariogramas ajustados para Krigagem ordinária - KRG (A) e Co-krigagem - CKRG (B).

As medidas de acurácia para os interpoladores (Tabela 1) evidenciam as diferenças.

Tabela 1. Acurácia dos interpoladores

INTERPOLADOR	Medidas de Acurácia				
	EM	EQM	EPM	ENM	EQNM
IDW	-0,05583	1,195	-	-	-
FBR	-0,03451	1,136	-	-	-
KRIGAGEM	0,01019	1,17	1,113	0,06007	1,032
CO-KRIGAGEM	0,06644	0,9867	0,04526	0,04526	0,9986

Em relação ao Erro Médio, a Krigagem obteve melhor resultado. Entretanto, no restante das medidas de acurácia, a Co-Krigagem apresentou os melhores resultados. Para Silva e Amorim (2002) sempre que o valor de EQNM estiver igual a 1 o fenômeno apresentará variabilidade de estimação bem efetuada. Para EQNM maior que 1, o fenômeno foi subestimado, e para EQNM menor que 1, o fenômeno foi sobre-estimado. Tanto a Krigagem, quanto a Co-Krigagem apresentaram EQNM bem próximos de 1, tendo a última apresentado resultado levemente melhor. Observando os gráficos de dispersão (Figura 2) gerados para comparação entre os interpoladores, notam-se diferenças:

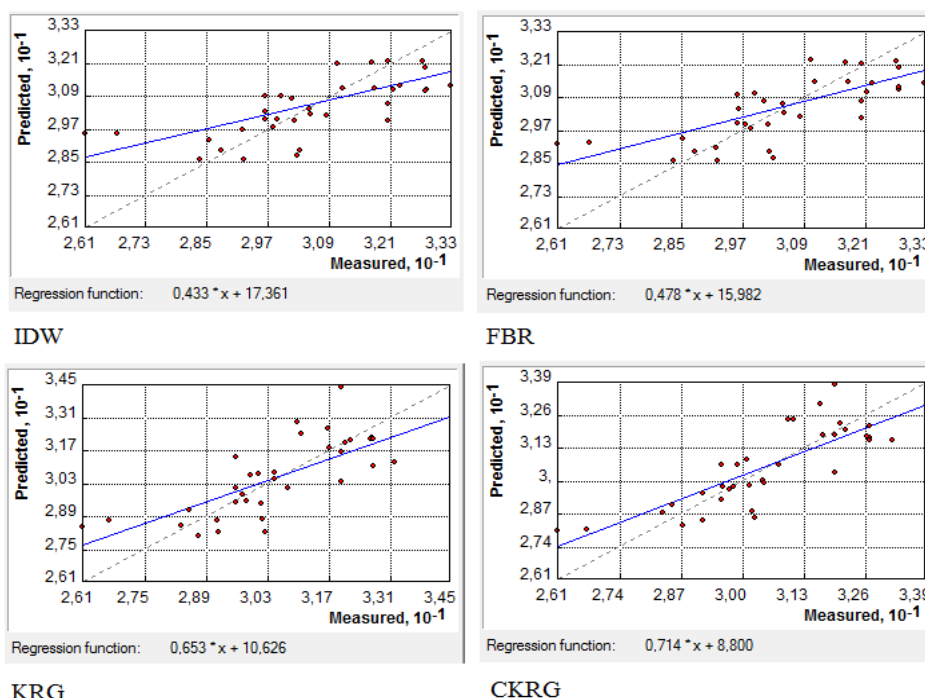


Figura 2. Gráficos de dispersão para todos os interpoladores avaliados.

Observa-se reta com inclinação mais próxima de 45° para Co-Krigagem em relação aos outros interpoladores, demonstrando melhor desempenho na espacialização dos dados.

Carvalho e Assad (2005) avaliaram o desempenho dos interpoladores IDW, Curvatura mínima e Krigagem Ordinária para espacializar a precipitação pluvial no Estado de São Paulo, e observaram que a Krigagem Ordinária obteve os melhores resultados. Viola et al. (2010) avaliaram dois interpoladores determinísticos (IDW e Modelo estatístico) e dois geoestatísticos (Krigagem e Co-Krigagem) para espacializar a precipitação no Estado de Minas Gerais. Como neste estudo, a Co-Krigagem considerou a altitude como co-variável, e obteve melhores resultados. Outros estudos também utilizaram a Co-Krigagem para espacializar variáveis climáticas, como o Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE-MG) (SCOLFORO, OLIVEIRA E CARVALHO, 2008).

Pelos mapas de superfície gerados (Figura 3), observa-se que a Co-Krigagem suaviza mais a superfície de análise, tornando-a mais contínua. Outra característica é a formação de *hot spots* nas superfícies geradas por IDW e FBR, fatores que dificultam as análises.

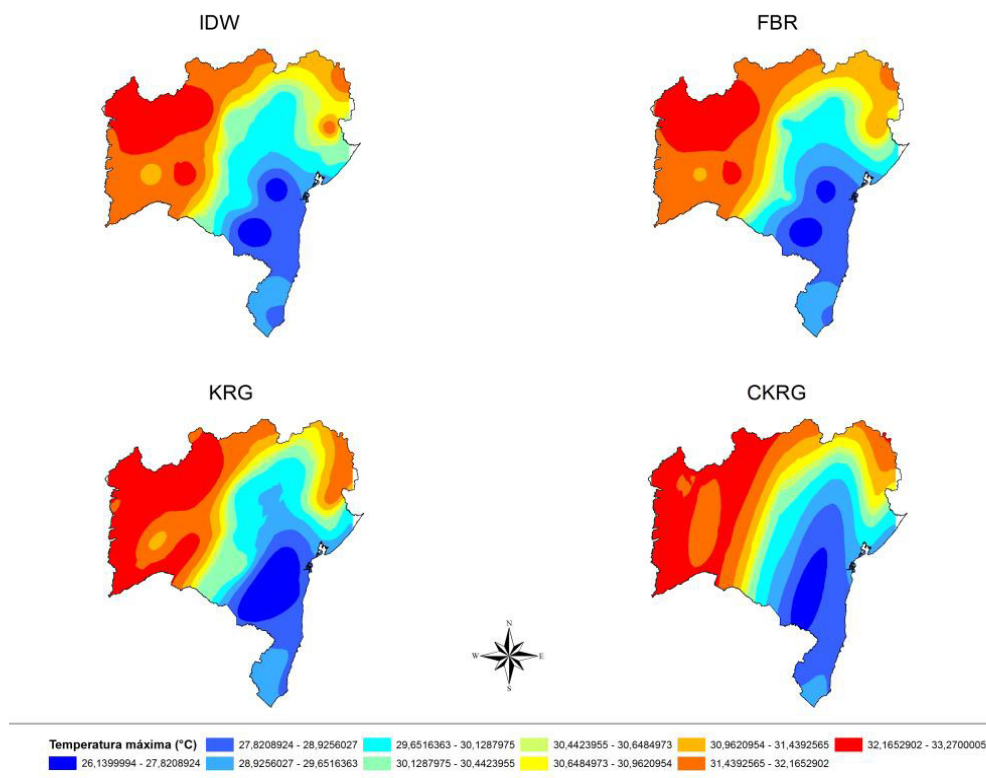


Figura 3. Mapas de superfície gerados por todos os interpoladores avaliados.

A respeito do cenário avaliado, os valores mais baixos foram observados nas regiões com maiores altitudes. Como elemento constituinte do clima, a temperatura pode ser influenciada por fatores naturais, como o relevo. No caso da Bahia, a Chapada Diamantina (região central), é uma barreira natural que impede a passagem de ventos e massas de ar frio - o que, por consequência, inibe a formação de chuvas - oriundos da costa leste para o oeste do Estado, fazendo com que as temperaturas sejam contrastantes.

CONCLUSÕES

A Co-Krigagem foi o método de interpolação mais adequado para a espacialização dos dados da variável temperatura máxima no Estado da Bahia, entre 2007 e 2017, por representar melhor a sua relação com o contínuo geográfico avaliado. Também foi possível constatar que existe uma relação forte, inversamente proporcional, entre a temperatura e a altitude, sendo observadas as menores temperaturas máximas nas maiores altitudes. Este fato corrobora a utilização da altitude como co-variável em estudos sobre esta variável climática.

A utilização da co-krigagem como ferramenta de análise da temperatura permite subsidiar o planejamento ambiental e agrícola da Bahia com informações espacializadas com maior precisão.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo suporte financeiro e ao Departamento de Engenharia da UFLA pela estrutura fornecida para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: Comparação de métodos de interpolação. **Revista de Engenharia Agrícola de Jaboticabal**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 377-384, maio/ago., 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

MACHADO, K. J.; CALIJURI, M. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SANTOS, R. S.; FRANCO, G. B. Determinação automática da capacidade de armazenamento de um reservatório. **Revista Brasileira de Cartografia** (Online), v. 62, p. 239-245, 2010.

SCOLFORO, J. R., OLIVEIRA, A. D., CARVALHO, L. M. T. de (Ed.). **ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.zee.mg.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

SILVA, A.; AMORIM, A. Estimativa da temperatura média do ar em Portugal Continental. In: Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica, 7, Portugal. **Anais...ESIG**, 2002.

VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M.; ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (online), Campina Grande, v.14, n.9, p.970-978, 2010.