

MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO APLICADOS A ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA

Letícia Nicoluzzi Pelis, Paula Silveira, Claudia Guimarães Camargo Campos

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, impulsionadas pelo aquecimento global, afetam diretamente setores como a agricultura, os ecossistemas naturais e a saúde humana (Amelia; Julianti; Guskarnali, 2023). Para compreender o regime do tempo e a evolução do clima, a ciência tem investigado diversos parâmetros atmosféricos, alcançando avanços significativos na previsão meteorológica e climatológica (Echer; Martins; Pereira, 2006). Estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na agricultura e no meio ambiente demandam métodos estatísticos capazes de ajustar projeções de modelos climáticos globais, utilizando séries históricas e índices climáticos para avaliar efeitos locais e subsidiar estratégias de adaptação (Liu et al., 2009).

Nesse contexto, a interpolação espacial destaca-se como uma ferramenta fundamental nesse processo, pois permite estimar valores de variáveis climáticas em áreas não monitoradas a partir de dados observados, gerando superfícies contínuas que podem ser integradas a sistemas de informações geográficas (Landim, 2000). Dentre os métodos disponíveis, destacam-se as abordagens geoestatísticas, como a krigagem e a cokrigagem, e as determinísticas, como o inverso ponderado da distância (IDW), amplamente aplicadas em estudos ambientais e agrícolas. Dessa forma, o presente estudo objetiva analisar o desempenho de diferentes métodos de interpolação aplicados à estimativa de variáveis meteorológicas, com foco na caracterização espacial e temporal do estado de Santa Catarina.

DESENVOLVIMENTO

O estudo comparativo de métodos de interpolação espacial para variáveis climáticas no estado de Santa Catarina foi conduzido a partir de dados da mais recente normal climatológica (1991-2020), extraídos do produto de reanálise ERA5, totalizando 330 pontos de grade. As variáveis analisadas foram radiação solar e umidade relativa do ar, considerando médias anuais e sazonais, de modo a avaliar o desempenho dos métodos tanto em escala interanual quanto intra-anual.

Previamente à interpolação, realizou-se uma análise exploratória dos dados para verificar a normalidade das distribuições, com aplicação de transformação logarítmica quando necessária. Essa transformação foi adotada apenas para a radiação solar. A dependência espacial, requisito fundamental para a aplicação de métodos geoestatísticos, foi investigada por meio do Índice de Dependência Espacial (IDE), cujos valores inferiores a 25% confirmaram forte estrutura espacial dos dados.

Na aplicação da cokrigagem, a variável auxiliar selecionada foi a longitude, devido à sua correlação significativa com os padrões climáticos da região (Goovaerts, 1997). Todo o processo, incluindo as análises exploratórias, a detecção de tendências e as interpolações, foi realizado com o módulo *Geostatistical Analyst* do software ArcMap 10.8.

A avaliação do desempenho dos modelos foi conduzida por validação cruzada, utilizando métricas estatísticas (Mello e Oliveira, 2016; Jakob e Young, 2006). Os critérios de otimização adotados foram: o Erro Médio Padronizado (MS), deveria ser o mais próximo de zero; a Raiz Quadrada do Erro Médio Padronizado (RMSS) deveria ser o mais próximo de 1; e a Raiz Quadrada do Erro Médio (RMSE) e o Erro Padrão Médio (ASE) deveriam apresentar valores semelhantes e os mais baixos possíveis.

RESULTADOS

A análise dos dados anuais e sazonais evidenciou que, para a interpolação da radiação solar, o método de krigagem universal (UK) com remoção de tendência de primeira ordem apresentou o melhor desempenho, alcançando métricas estatísticas próximas dos valores ideias. Em contraste, o método inverso da distância ponderada (IDW) revelou-se o menos adequado, registrando sistematicamente os maiores valores de RMSE.

No caso da umidade relativa do ar, a krigagem universal (UK) com remoção de tendência de segunda ordem, mostrou-se superior, sendo o método de melhor desempenho, apresentando resultados estatisticamente mais consistentes e próximos dos parâmetros ideais. Novamente, o método IDW destacou-se negativamente, com desempenho inferior em todas as métricas analisadas.

Embora as diferenças entre os métodos UK de 1^a ordem e UK de 2^a ordem não tenham refletido de forma expressiva na visualização espacial da umidade relativa do ar, sendo perceptíveis apenas nas análises estatísticas, a superioridade do UK de 2^a ordem em relação ao IDW é nitidamente observada nos mapas gerados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

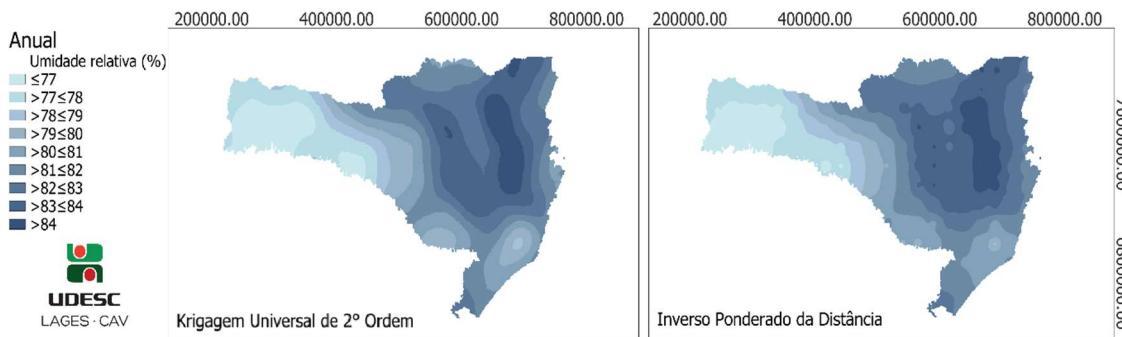
Com base na análise realizada, conclui-se que o método de krigagem universal (UK) apresentou o melhor desempenho para a interpolação das variáveis de radiação solar e umidade relativa do ar no estado de Santa Catarina. A eficácia do método está associada à consideração da tendência dos dados, sendo a remoção de primeira ordem mais adequada para a radiação solar e a de segunda ordem para a umidade relativa do ar.

Os resultados ressaltam a relevância de uma avaliação criteriosa na seleção do método de interpolação, uma vez que a técnica de inverso da distância ponderada (IDW) demonstrou desempenho insatisfatório na espacialização dessas variáveis climáticas. Assim como, evidenciam a potencialidade da geoestatística em produzir representações espaciais consistentes, capazes de refletir com maior precisão o comportamento climático regional e de subsidiar estratégias de monitoramento e adaptação frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: geoprocessamento; krigagem; cokrigagem; IDW; radiação solar; umidade relativa do ar.

ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Desempenho comparativo dos métodos de interpolação krigagem universal (UK 2^a ordem) e Inverso ponderado da distância (IDW) para a umidade relativa do ar (%).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMELIA, R.; JULIANTI, E.; GUSKARNALI. Implementation of Inverse Distance Weighting (IDW) and Kriging method for distribution pattern humidity and temperature data on weather changes in the Bangka Islands. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2023. p. 012091.
- ECHER, M. P.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: Metodologias para aquisição de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, p. 341-352, 2006.
- GOOVAERTS, P. **Geostatistics for natural resources evaluation**. Oxford University Press, 1997.
- JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: Encontro Nacional de Estudos Popacionais, XV, 2006, Caxambu. **Anais** [...]. Caxambu: ABEP, 2006.
- LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: UNESP, p. 20, 2000.
- LIU, D. L. et al. A GIS tool to evaluate climate change impact: Functionality and case study. In: **18th World IMACS/MODSIM Congress**. 2009. p. 13-17.
- MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T. M. N. Análise estatística e geoestatística da precipitação média para o município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, p. 229-239, 2016.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Letícia Nicoluzzi Pelis

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC/UDESC

VIGÊNCIA: 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Claudia Guimaraes Camargo Campos

CENTRO DE ENSINO: CAV

DEPARTAMENTO: Engenharia Ambiental e Sanitária

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Ciências Exatas e da Terra/Geociência

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Elaboração de um Atlas Climatológico como ferramenta digital de apoio e monitoramento agroambiental

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: PVAV137-2024