

**ESPAIALIZAÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS: COMPARAÇÃO ENTRE
MÉTODOS DETERMINÍSTICOS E MÉTODOS GEOESTATÍSTICOS****ALÉCIO PERINI MARTINS¹**

RESUMO: Atualmente, as geotecnologias têm sido incorporadas pela Climatologia, como por exemplo, os métodos para interpolação e espacialização de dados climáticos. Estes métodos, que se dividem principalmente em determinísticos e geoestatísticos, permitem um excelente ganho de tempo e qualidade no tratamento e análise da informação. Neste trabalho, que tem como objetivo comparar a eficiência de quatro interpoladores para espacialização de dados pluviométricos na bacia do Rio Paranaíba, foi utilizada a extensão Geoestatistical Analyst do software ArcGIS 10.1®. Foi possível observar que em áreas com baixa densidade de estações, os métodos determinísticos apresentam um menor percentual de erro médio final, embora os métodos geoestatísticos forneçam dados mais exatos em uma análise mais detalhada, permitindo inclusive a inserção de covariáveis, como a altimetria, por exemplo.

Palavras-chave: Geotecnologias; métodos de interpolação; análise espacial.

ABSTRACT: Geotechnologies have been merged into climatology, as the methods for interpolation and spatial climate data for example. These methods, which are divided into deterministic and geostatistical allow a great saving of time and quality of treatment and analysis of information. In this research, which aims to compare the effectiveness of four interpolation for spatial data of rainfall in Rio Paranaiba basin was used Geoestatistical Analyst extension of ArcGIS 10.1® software. It was observed that in areas with low density of stations, deterministic methods have a lower percentage of final average error, although the geostatistical methods provide more accurate data in a more detailed analysis, including allowing the inclusion of covariates such as altimetry.

Key words: geotechnology; interpolation methods; spatial analysis.

1 – Introdução

O monitoramento de diferentes elementos do clima tem se tornado indispensável para avaliar o comportamento destes na dinâmica climática, bem como subsidiar atividades de planejamento, avaliação e gestão dos recursos ambientais. A corrida espacial e a

¹ Doutor, Professor, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos – UFG/Jataí – aleciooperini@yahoo.com.br

descoberta e aperfeiçoamento de novas tecnologias têm difundido o uso de ferramentas e técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto que, por sua vez, provocam um ganho em rapidez e em disponibilização de informações.

Em climatologia, estas ferramentas se tornam indispensáveis a partir do momento em que possibilitam a aplicação de modelos matemáticos que permitem o estudo de extensas áreas com baixa cobertura de estações de coleta de dados em campo, como estações meteorológicas, por exemplo. A modelagem permite “simular os processos e prever os efeitos resultantes nas mudanças e nas interações internas” (CHRISTOFOLETTI, 2000, P.15), sendo indispensável para analisar a distribuição espacial e sazonal de elementos do clima, bem como suas variações no decorrer do tempo e impactos sobre o ambiente e a sociedade.

Entre as aplicações das Geotecnologias em Climatologia, uma das técnicas mais utilizadas é a interpolação para espacialização de dados climáticos como a precipitação pluvial, utilizada como exemplo no estudo apresentado.

Autores como Goovaerts (2000), Carvalho e Assad (2005), Melo e Silva (2009), Viola et al (2010), Silva et al (2011), Carvalho, Assad e Pinto (2012), Gardiman Júnior et al (2012), Cunha et al (2013), Franco e Uda (2015), entre outros, destacam a importância do uso de interpoladores para a espacialização de dados de precipitação, visto que as informações coletadas são pontuais e acabam não permitindo a visualização das tendências de distribuição espacial destas variáveis em áreas sem estações de monitoramento. Os autores destacam também que existem diferentes métodos de interpolação, a maioria processada por ferramentas automáticas em softwares de geoprocessamento, que podem apresentar-se mais adequados ou não dependendo das características físicas da área estudada, densidade de cobertura por estações de monitoramento e qualidade dos dados coletados nestas estações, entre outros fatores.

Existem dois métodos de interpolação mais utilizados para espacialização de dados climatológicos: o método determinístico, sendo o inverso do quadrado da distância (IDW) o mais conhecido e o método geoestatístico, representado principalmente pela Krigagem.

Yamamoto e Landim (2013), destacam que o sistema de krigagem baseia-se na ideia de que quanto maior a covariância entre uma amostra e o local que está sendo estimado, mais essa amostra deve contribuir com a estimativa. Dessa forma, considera-se que é um método mais significativo para áreas com maior cobertura de pontos de monitoramento, apresentando estimativas mais confiáveis.

A krigagem pode ser usada, como algoritmo estimador, para:

- a) A previsão do valor pontual de uma variável regionalizada em um determinado local dentro do campo geométrico; é um processo de interpolação exato que leva em consideração os valores observados na vizinhança próxima, o qual pode ser a base para a cartografia automática por computador quando se dispõe de valores de uma variável regionalizada distribuídos em uma determinada área;
- b) O cálculo do valor médio de uma variável regionalizada para um volume maior que o suporte geométrico, como, por exemplo, no cálculo do teor médio de um bloco de cubagem de uma jazida com base em informações obtidas de testemunhos de sondagem (YAMAMOTO e LANDIM, 2013, p. 63)

A Cokrigagem, extensão multivariada da krigagem, é utilizada quando a variável de interesse da krigagem (no caso a precipitação) pode ser subestimada ou superestimada em relação a outras co-variáveis, como o relevo por exemplo (CUNHA et al, 2013, p.1180). Dessa forma, ao inserir a variável altitude no processo de interpolação é possível refinar os resultados, reduzindo o erro. Para áreas montanhosas ou com relevo acidentado, o uso deste método é fundamental. Cunha et al (2013), ao utilizar este interpolador para o estado do Espírito Santo, inseriram uma variável relativa à distância do mar e outra relativa à altitude, com resultados significativos para esta última variável. Salienta-se que, antes de utilizar o método, é preciso observar se realmente existe correlação entre as variáveis utilizadas.

Uma de suas mais frequentes aplicações ocorre quando a amostragem de uma variável primária é insuficiente e o objetivo é melhorar a sua estimativa, o que é feito utilizando-se a correlação da variável primária com variáveis secundárias mais densamente amostradas. Ela também é utilizada quando a variável primária exibe uma baixa autocorrelação espacial e as variáveis secundárias apresentam uma alta continuidade. (YAMAMOTO e LANDIM, 2013, p. 123)

Quando processadas no software ArcGIS 10.1®, tanto krigagem quanto a cokrigagem podem fornecer dados exatos, dependendo do modelo de erro de medição. Por se tratar de um processo estocástico estacionário, é um método bastante flexível e permite o cálculo automático de erros por correlação cruzada, incluindo previsão de erros padrão, probabilidade e quartil (ESRI, 2012).

Já o IDW é um método puramente geométrico, onde o peso entre as amostras diminui à medida em que essas amostras se distanciam. Enquanto essas distâncias são euclidianas no IDW, na krigagem são baseadas na análise variográfica, que consideram o relacionamento entre os pontos conhecidos e os pontos estimados, fornecendo informações mais detalhadas sobre o agrupamento (YAMAMOTO e LANDIM, 2013). Apesar de ser uma boa maneira para uma primeira análise sobre a área, não apresenta avaliação dos erros de

previsão, além de produzir círculos com valores superestimados ou subestimados próximos às estações utilizadas para interpolação.

Outro método determinístico bastante utilizado é o Spline, definido por ESRI (2012) como interpoladores determinísticos moderadamente rápidos, exatos e mais flexíveis que o IDW por permitirem a inserção de outros parâmetros. Apesar de também não apresentar avaliação automática de erros pelo software, proporciona superfícies de previsão comparáveis à exatidão oferecida pela krigagem por não fazer suposição sobre os dados.

Dessa forma, objetivou-se realizar uma comparação entre 4 métodos de espacialização de dados de precipitação, analisando qual se mostra mais adequado para áreas com características semelhantes às da Bacia do Rio Paranaíba. De forma mais específica, objetivou-se comparar a eficiência de métodos determinísticos e geostatísticos para áreas com baixa densidade de pontos de monitoramento em campo e avaliar os erros apresentados por cada um destes métodos na estimativa de precipitação.

2 – Material e métodos

2.1. Área de estudo

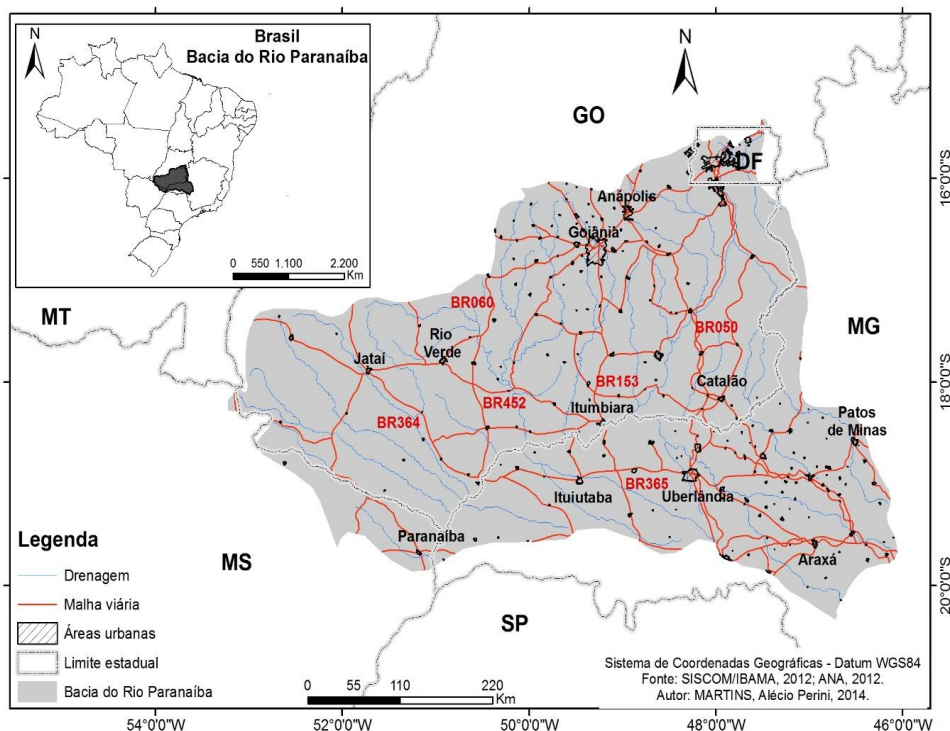
A área escolhida para o desenvolvimento da pesquisa é representada pela Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (Mapa 1), um dos principais afluentes da Bacia do Rio Paraná, com área aproximada de 230.000 km².

A bacia do rio Paranaíba é a segunda maior unidade da Região Hidrográfica do Paraná, ocupando 25,4% de sua área (...). Posicionada na região central do Brasil, ocupa cerca de 2,6% do território nacional e inclui os estados de Goiás (63,3%), Mato Grosso do Sul (3,4%) e Minas Gerais (31,7%), além do Distrito Federal (1,6%). A bacia possui 197 municípios, além do Distrito Federal. Destes, 28 sedes municipais se encontram fora dos limites da bacia (ANA, 2013)

Conforme o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba (ANA, 2013), segundo a classificação climática de Köppen, o clima se caracteriza como Aw, tropical quente em todas as estações do ano, com temperatura média mensal superior a 18°C com inverno seco.

Com base nos estudos de Nimer (1979), destaca-se que a posição da Bacia do Rio Paranaíba na metade do caminho entre as áreas equatoriais e temperadas, faz com que a região seja atingida por perturbações do sul (associadas às Massas Polares), de leste e de oeste (relacionadas com centros de baixa pressão, que recebem o nome de Linhas de Instabilidade Tropical). Estas perturbações de oeste, que ocorrem com maior frequência na primavera e no verão, associam-se à alta umidade amazônica (Massa Equatorial

Continental) provocando chuvas na região. Quando associadas às frentes frias que, mesmo no verão, continuam atuando, forma-se um “corredor” entre a região amazônica e o litoral do sudeste conhecido como Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), responsável por precipitações contínuas e intensas na região, por períodos que se estendem de 3 a 7 dias.



Mapa 1. Localização da área de estudo.
Fonte: Agência Nacional de Águas, 2012.
Autor: MARTINS, Alécio Perini, 2014.

Os maiores volumes pluviométricos anuais concentram-se na porção norte/noroeste da bacia, com totais anuais médios superiores a 1600mm. Os menores volumes concentram-se próximo ao médio/baixo curso do Rio Paranaíba, diminuindo em direção à confluência com o Rio Grande, variando de 1340mm a 1425mm anuais. Observa-se outra faixa com volumes pluviométricos reduzidos no extremo leste da bacia, sob influência dos sistemas atmosféricos da bacia do Rio São Francisco e da região semi-árida de Minas Gerais. As precipitações encontram-se distribuídas na primavera/verão, sendo que os meses de outubro a março concentram aproximadamente 85% das chuvas, especialmente os meses de dezembro e janeiro, que chegam a concentrar 50% das precipitações em alguns anos.

2.2. Procedimentos metodológicos.

Apesar da considerável rede de monitoramento de superfície instalada na região, não existem dados climatológicos de 30 anos disponíveis para toda a área de estudo, sendo que foram selecionadas apenas as estações que cumpriam esse requisito para a espacialização. As estações climatológicas utilizadas nesta caracterização, bem como seu intervalo de dados e localização encontram-se no quadro 1. Inicialmente foram selecionadas estações convencionais localizadas na área da bacia do Rio Paranaíba e entorno próximo, sendo selecionadas 22 estações, das quais 15 se encontram no interior da área de estudo.

Quadro 1. Informações sobre as estações convencionais do INMET utilizadas para caracterização climática da bacia do Rio Paranaíba.

ESTAÇÃO	UF	INÍCIO	FIM	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
ARAGARÇAS	GO	01/05/1970	03/08/2012	-15,90	-52,23	345,0
ARAXÁ	MG	01/04/1963	12/02/2009	-19,60	-46,94	1023,6
BAMBUÍ	MG	01/01/1961	03/08/2012	-20,03	-45,00	661,3
BRASÍLIA	DF	21/08/1961	03/08/2012	-15,78	-47,92	1159,5
CAPINÓPOLIS	MG	01/01/1961	03/08/2012	-18,71	-49,55	620,6
CATALÃO	GO	01/01/1961	03/08/2012	-18,18	-47,95	840,5
FORMOSA	GO	01/01/1961	03/08/2012	-15,54	-47,33	935,2
FRANCA	SP	01/01/1961	03/08/2012	-20,58	-47,36	1026,2
GOIÂNIA	GO	01/01/1961	03/08/2012	-16,66	-49,25	741,5
IPAMERI	GO	11/02/1977	03/08/2012	-17,71	-48,16	773,0
ITUIUTABA	MG	01/01/1961	20/05/2008	-18,95	-49,52	560,0
IVINHEMA	MS	01/09/1966	03/08/2012	-22,30	-53,81	369,2
JATAÍ	GO	24/11/1978	03/08/2012	-17,91	-51,71	602,9
PARACATU	MG	03/07/1973	03/08/2012	-17,24	-46,88	712,0
PARANAIBA	MS	08/07/1971	03/08/2012	-19,75	-51,18	331,3
PATOS DE MINAS	MG	01/01/1961	03/08/2012	-18,51	-46,43	940,0
PIRENÓPOLIS	GO	17/02/1977	03/08/2012	-15,85	-48,96	740,0
POSSE	GO	01/11/1975	03/08/2012	-14,10	-46,36	825,6
RIO VERDE	GO	01/11/1971	03/08/2012	-17,80	-50,91	774,6
RONCADOR	DF	01/04/1994	30/06/2012	-15,93	-47,88	1100,6
UBERABA	MG	01/01/1961	03/08/2012	-19,73	-47,95	737,0
UNAÍ	MG	01/05/1978	03/08/2012	-16,36	-46,88	460,0

Fonte: BDMEP/INMET, 2012.

Com os dados de cada estação e, por meio de geração de grade triangular e interpolação de dados, é possível traçar isolinhas que permitem conhecer melhor a distribuição espacial dos elementos do clima. São necessárias informações do entorno para diminuir o efeito de borda provocado pelo processo de interpolação, minimizando a

probabilidade de ocorrência de erros. As informações foram obtidas gratuitamente no banco de dados online do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET), sendo que todas as estações selecionadas apresentavam dados desde o ano de 1978, com exceção da estação Roncador.

Os dados obtidos em formato .txt foram convertidos para formato .xls e tratados diretamente no Microsoft Excel 2013®, onde foram selecionados apenas os dados de precipitação com composição de médias mensais e total anual médio, em milímetros.

As tabelas em .xls foram transformadas em informação espacial (vetor de pontos no formato *shapefile*) no software ArcGIS 10.1, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG/Regional Jataí. Foram utilizadas também outras bases vetoriais como limite da bacia e rede de drenagem obtidas junto ao banco de dados da Agência Nacional de Águas.

Após um tratamento inicial para conversão de *Datum* e sistema de coordenadas, sendo utilizado *Datum* WGS84 e sistema de coordenadas geográficas, procedeu-se com a interpolação dos dados, em uma escala de base de 1:5.000.000.

Foi utilizada a ferramenta *Geoestatistical Wizard* da extensão *Geoestatistical Analyst* que se trata de um modelo onde constam os dois principais tipos de interpoladores: Determinístico e Geoestatístico. Nesta ferramenta, é possível indicar o interpolador, as variáveis que serão especializadas, informações como peso, número de classes, suavização de bordas, entre outros. Para os métodos geoestatísticos é possível indicar ainda o tipo de krigagem, como a ordinária utilizada nesta pesquisa, determinar cálculos probabilísticos, quartis, etc., gerando no final uma tabela de dados indicando os erros médios e quadráticos de cada variável.

Após a interpolação os arquivos foram convertidos para o formato .tif e recortados para os limites da bacia do Rio Paranaíba, passando por processo de reclassificação onde foram definidas 4 classes com intervalos iguais. A avaliação das interpolações foi realizada por meio de validação cruzada, ferramenta também disponível na extensão *Geoestatistical Analyst* do ArcGIS10.1®. Foram calculados o erro médio absoluto (EM) e a raiz do erro quadrático médio (REQM), metodologia utilizada para avaliar o grau de semelhança entre previsão e observação, conforme disposto por Meira (2010):

$$EM = \frac{1}{n} \sum (Pe - Po) \quad (1)$$

$$REQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (Pe - Po)^2} \quad (2)$$

Onde P_o corresponde à precipitação observada; P_e à precipitação estimada; e n ao número de postos pluviométricos. Os cálculos foram realizados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel 2013®, bem como cálculos de média simples, desvio padrão e correlação, além da montagem final das tabelas de dados.

3 – Resultados e Discussão

Os métodos determinísticos (mapa 2) foram os que apresentaram menores erros médios absolutos e menores erros quadráticos, conforme pode ser observado nas tabelas 1 e 2. Isso se deve, principalmente, por considerarem apenas distâncias euclidianas e não a análise variográfica. Os menores erros foram identificados com o método Spline, seguido pelo método do inverso do quadrado da distância (IDW).

O método IDW apresentou erro médio positivo, o que indica que o método superestima os valores interpolados, enquanto que os valores negativos apresentados pelos demais métodos demonstram que os valores foram subestimados.

O erro quadrático médio é o que vai apresentar a precisão do método por ser mais sensível a erros. O valor será sempre positivo e, quanto mais próximo de zero, mais perfeita será a previsão. Por esse parâmetro e, para as condições apresentadas na área de estudo, percebe-se que o método Spline foi o que mais se aproximou de zero, indicando maior precisão na previsão de informações para locais onde não existem estações meteorológicas ou postos de monitoramento instalados, embora tenha apresentado o menor valor de correlação quando comparados os valores estimados e os valores medidos em cada estação.

Tabela 1. Comparação entre os métodos de interpolação.

Método	Precipitação medida (mm)	Precipitação estimada (mm)	EM	REQM	Correlação
IDW	1480,3	1485,1	0,3211	1,2438	0,7
Spline	1480,3	1477,4	-0,1936	0,7498	0,5
Krigagem	1480,3	1472,3	-0,5371	2,0802	0,8
CoKrigagem	1480,3	1472,0	-0,5516	2,1363	0,8

Autor: MARTINS, Alécio Perini, 2016.

Embora os métodos determinísticos apresentem erros numericamente menores, é possível observar comparando as figuras do mapa 3 que os métodos geoestatísticos apresentam uma variação espacial da precipitação mais suave e uniforme, resultado da análise variográfica e da incorporação de valores médios no processo de interpolação.

Tabela 2. Comparação entre valores médios de precipitação (mm) registrados nas estações convencionais do INMET e valores estimados por interpolação.

Estação	Prec. Média (mm)	Interpoladores							
		IDW		Spline		Krigagem		Cokrigagem	
		Prec. Estimada (mm)	Erro	Prec. Estimada (mm)	Erro	Prec. Estimada (mm)	Erro	Prec. Estimada (mm)	Erro
Araxá	1545,3	1547,1	1,8	1542,9	-2,4	1540,1	-5,2	1537,6	-7,7
Brasília	1540,3	1413,3	-127,0	1422,2	-118,1	1447,2	-93,2	1446,9	-93,5
Capinópolis	1459,4	1388,5	-70,9	1380,6	-78,8	1390,8	-68,6	1393,1	-66,4
Catalão	1438,3	1442,9	4,6	1435,4	-2,9	1435,2	-3,1	1435,9	-2,4
Goiânia	1602,0	1621,7	19,7	1552,5	-49,5	1581,0	-21,0	1576,1	-25,9
Ipameri	1443,4	1438,2	-5,2	1417,6	-25,7	1438,3	-5,0	1439,6	-3,8
Ituiutaba	1391,1	1457,8	66,7	1469,2	78,1	1404,8	13,6	1407,4	16,3
Itumbiara	1343,5	1446,8	103,3	1499,8	156,3	1459,3	115,8	1460,2	116,7
Jataí	1629,5	1578,8	-50,7	1531,7	-97,8	1532,3	-97,3	1529,9	-99,6
Paracatu	1403,0	1376,4	-26,6	1393,5	-9,5	1390,7	-12,3	1394,1	-8,9
Paranaíba	1412,9	1387,3	-25,5	1442,5	29,6	1427,2	14,3	1429,3	16,5
Patos de Minas	1450,1	1479,5	29,4	1474,0	23,9	1465,4	15,3	1465,0	14,9
Rio verde	1587,8	1604,4	16,6	1576,5	-11,2	1561,1	-26,7	1557,6	-30,2
Roncador	1413,4	1540,1	126,7	1531,8	118,4	1491,8	78,5	1492,2	78,9
Uberaba	1544,8	1554,2	9,3	1490,9	-53,9	1518,8	-26,1	1515,8	-29,0
Média	1480,3	1485,1	4,8	1477,4	-2,9	1472,3	-8,1	1472,0	-8,3
Desvio Padrão	87,3	82,5	64,1	61,2	76,5	61,9	56,1	59,5	56,8

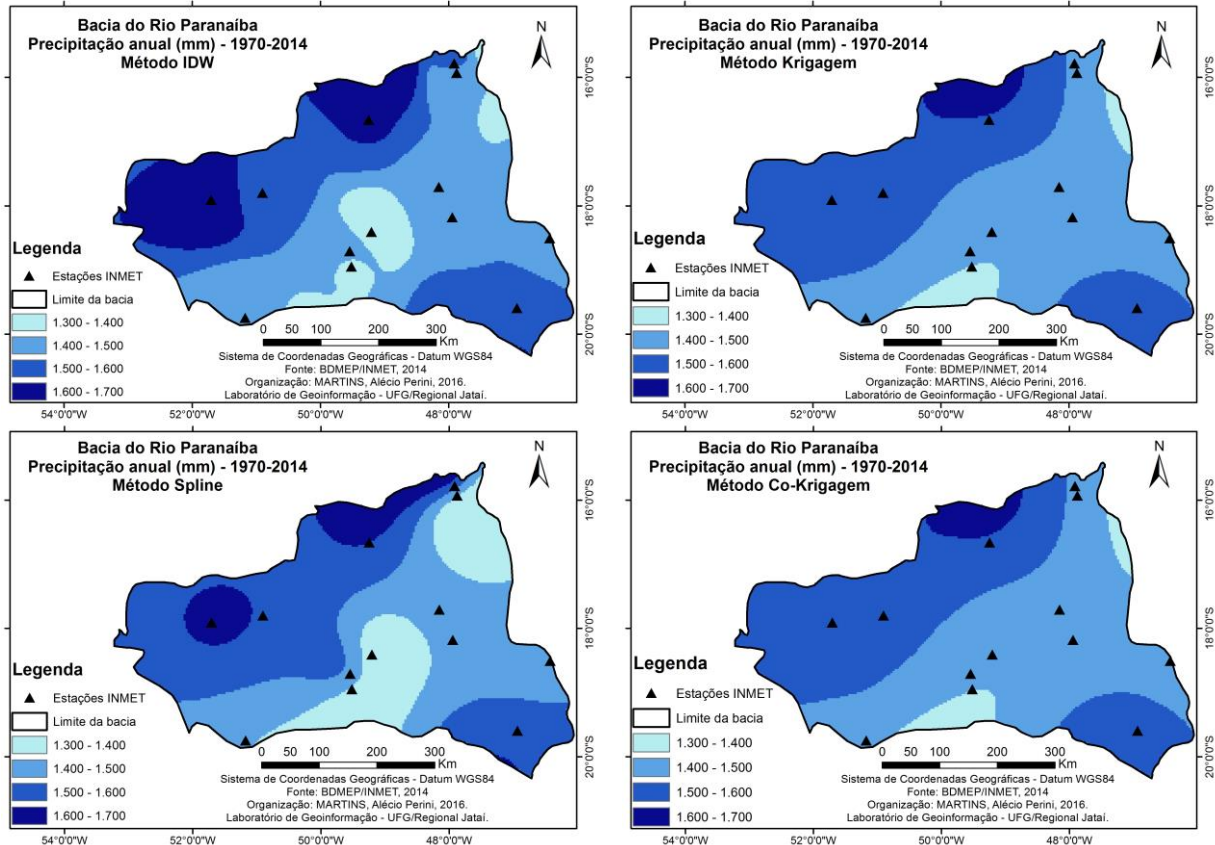
Fonte: BDMEP/INMET, 2012.

Autor: MARTINS, Alécio Perini, 2016.

Analisando as informações da tabela 2, percebe-se que estações como as de Brasília e Roncador, com localização muito próxima, apresentam comportamentos totalmente distintos. Enquanto que para a área da estação de Brasília as informações foram subestimadas, apresentando erro negativo, para a estação Roncador foram superestimadas, em todos os 4 métodos utilizados, o que indica que estes métodos podem ser utilizados também para avaliar a qualidade dos dados históricos de cada estação que, por serem convencionais, estão sujeitas à falha humana no processo de coleta de dados. Destaca-se, ainda, que a estação Roncador é a única que não apresenta série histórica de 38 anos de dados como as demais, o que pode ter interferido no resultado final.

Outras estações como as de Capinópolis e Itumbiara, localizados no baixo vale do Rio Paranaíba, também apresentaram erros elevados entre os dados estimados e observados por se tratarem de estações que apresentam muitas falhas de dados. Foram realizados alguns testes com exclusão das estações Capinópolis, Itumbiara e Roncador, que tiveram como resultado a redução significativa do erro quadrático médio, indicando que

esses métodos também são importantes na escolha das estações que fornecerão os dados para pesquisa ou na decisão de aplicação de métodos de preenchimento de falhas para uso seguro dessas informações.



Mapa 2. Espacialização de médias anuais de precipitação (mm) na bacia do Rio Paranaíba utilizando métodos determinísticos e geostatísticos.

Fonte: BDMEP/INMET, 2012

Autor: MARTINS, Alécio Perini, 2012.

Apesar de ter apresentado um erro quadrático médio maior, o método da cokrigagem tem sido o mais utilizado neste tipo de pesquisa por permitir a incorporação de outras variáveis no processo, como por exemplo informações ambientais como relevo, hidrografia, entre outras, desde que apresentem algum tipo de correlação com a variável principal. Foi acrescentada a variável altitude para espacialização dos dados de precipitação, mas os resultados não apresentaram diferenças significativas em relação à krigagem ordinária, sinal de que a variação altimétrica da região não interfere significativamente na distribuição de chuvas. Se essa análise for realizada com relação à temperatura do ar, provavelmente oferecerá resultados mais significativos.

Nota-se que o mapa gerado pelo método IDW apresenta classes circulares, justamente pelo erro gerado de forma concêntrica no entorno das estações, que apresentam-se espacialmente distantes. Esse erro apresenta-se menos perceptível no mapa gerado pelo método Spline, mas os melhores resultados considerando a análise visual foram apresentados pelos métodos geoestatísticos, justamente pela incorporação da análise variográfica.

4 – Considerações Finais

Considera-se que os quatro métodos de interpolação utilizados apresentaram-se satisfatórios para espacialização da precipitação média anual na Bacia do Rio Paranaíba, considerando ser uma área extensa (230.000Km²) com apenas 15 estações que apresentam série histórica completa de dados climatológicos. Percebe-se que, quanto maior o número de postos de coleta de dados em campo, maior será a eficiência destes métodos para estimativa de informações e menores serão os erros aferidos.

Principalmente para os métodos geoestatísticos, uma maior quantidade de postos de coleta de dados em campo é fundamental para apresentar valores estimados mais corretos e com menor erro, pois utilizam-se de análises variográficas mais precisas do que as medições por distâncias euclidianas apresentadas pelos métodos determinísticos.

Avalia-se ainda que a aplicação destes métodos é importante para avaliar a precisão e validade das informações disponibilizadas pelas estações de campo, auxiliando em tomada de decisões, como por exemplo, sobre quais estações utilizar na pesquisa ou sobre a necessidade de preenchimento de falhas nestas séries.

5 – Referências

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. Brasília: ANA, 2013. 312 p.

BDMEP – **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>> Acesso em 10 abr. 2015.

CARVALHO, J.R.P. de; ASSAD, E.D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.25, p.377-384, 2005.

CARVALHO, J.R.P. de; ASSAD, E.D.; PINTO, H.S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.47, p.1235-1242, 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2000. 236p.

CUNHA, A. de M. et al. Espacialização da precipitação pluvial por meio de krigagem e cokrigagem. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília-DF, v.48, n.09, p. 1179-1191, set. 2013.

ARCGIS 10.1. Redlands-EUA: Enviromental Systems Research Institute, 2012. CD-ROM.

FRANCO, A. C. L.; UDA, P. K. Comparação de métodos de espacialização da precipitação na bacia do Alto Rio Negro, Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 17, 25 a 29 de abril de 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa-PB:INPE, 2015. p. 3052-3058.

GARDIMAN JUNIOR, B. S. et al. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Revista Ambiência**, Guarapuava-PR, v. 8, n.1 p. 61- 71, 2012.

GOOVAERTS, P. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. **Journal of Hydrology**, v.228, p.113-129, 2000.

MEIRA, D. N. O. Avaliação de previsões do tempo do modelo ETA para subsidiar pesquisas agrícolas no Brasil. 2010, 11f. Projeto Supervisionado. Universidade de Campinas, 2010.

MELLO, C.R. de; SILVA, A.M. da. Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.13, p.68-74, 2009.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

SILVA, K. R. et al. Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v.18, n.04, p.417-427, 2011.

VIOLA, M.R. et al. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.14, p.970-978, 2010.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. M. **Geoestatística – conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 215p.