

# INTERPOLADORES DE EFEITO LOCAL APLICADOS A PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Tamíres P. Correia<sup>1</sup>, Camila D. da Costa<sup>2</sup>, Melissa L. Oda-Souza<sup>3</sup>, Denise N. Viola<sup>4</sup>, José F. de Oliveira Júnior<sup>5</sup>, Gustavo B. Lyra<sup>6</sup>

1 Eng. Florestal, Depto. de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, UFRRJ, Seropédica - RJ, Fone: (0 xx 21) 2682-1128, tamirespartelli@gmail.com

2 Eng. Florestal, Depto. de Ciências Ambientais, IF/UFRRJ, Seropédica - RJ.

3 Eng. Agrônomo, Grupo de Pesquisa Insecta, Centro de Ciência Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas - BA

4 Estatística, Prof. Adjunto, Depto de Estatística, IM/UFBA, Salvador, BA

5 Meteorologista, Prof. Adjunto, Depto. Ciências Ambientais, IF/UFRRJ, Seropédica, RJ

6 Meteorologista, Prof. Adjunto, Depto. Ciências Ambientais, IF/UFRRJ, Seropédica, RJ.

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

**RESUMO:** Existem diversos modelos de interpolação que podem ser aplicados a espacialização de dados climáticos. Contudo, esses modelos são sensíveis a vários fatores, não tendo uma teoria geral que permita definir a escolha de determinado modelo. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar quatro modelos determinísticos de efeito local para interpolação espacial da precipitação pluvial mensal no estado do Rio de Janeiro. Os modelos avaliados foram mínima curvatura, inverso do quadrado da distância, vizinho mais próximo e triangulação com interpolação linear. Para isso, utilizaram-se os totais mensais de precipitação pluvial de 77 estações distribuídas no estado. Apenas estações com séries mensais superiores a 20 anos e início a partir de 1960 foram consideradas nas análises. Nas avaliações dos modelos, utilizou-se o método da validação cruzada e, em seguida a regressão linear entre os valores observados e estimados (validação cruzada) e o erro padrão de estimativa. Os resultados obtidos indicaram a influência dos sistemas sinóticos e de mesoescala, e sua sazonalidade, associados ao relevo, na interpolação espacial da chuva pelos modelos. Nos meses de verão e no mês de março os modelos apresentam precisão e acurácia superior das interpolações em relação aos demais meses, enquanto nos meses de inverno e primavera os resultados são inferiores. O modelo mínima curvatura se sobressaiu, com precisão e acurácia superior em relação aos demais modelos, além de representar de forma consistente os padrões espaciais da chuva no estado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de Informação Geográfica, geoestatística, espacialização.

## LOCAL INTERPOLATES APPLIED TO MONTHLY RAINFALL IN STATE OF RIO DE JANEIRO

**ABSTRACT:** There are several interpolation models that can be applied to the mapping of climatic data. However, these models are sensitive to different variables and there is not one general theory for the choice of a particular model. Thus, this study aimed to evaluate deterministic models applied to spatial interpolation of monthly rainfall in the state of Rio de Janeiro, Southeast of Brazil. The models evaluated were minimum curvature, inverse of square to a power, nearest neighbor and triangulation with linear interpolation. Only stations with monthly rainfall series more than 20 years and from 1960 were considered in the analysis. The cross validation method and linear regression analysis between the observed and predicted data (cross validation) were used in the models evaluations. The synoptic and mesoscale weather systems, and your seasonality, coupled with topography, influenced the estimates of monthly rainfall by the

models. For all models, the interpolations in the summer months and in March showed higher accuracy and precision than the winter and spring months. The minimum curvature model presents the highest precision and accuracy of the estimates and represents the spatial behavior of monthly rainfall consistently.

**KEYWORDS:** Geographic Information System, geostatistic, mapping.

## INTRODUÇÃO

Na região Tropical, a precipitação pluvial se destaca entre os elementos meteorológicos por influenciar diretamente diversos processos nas áreas florestal (risco de incêndio, manejo de bacias hidrográficas, distribuição de espécies vegetais), agrícola (definição de épocas de plantio, zoneamento agroclimático, análise de risco climático e segurança rural, irrigação e drenagem), defesa civil, entre outras. O estado do Rio de Janeiro apresenta elevada variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial. A variabilidade espacial da chuva no estado é condicionada, particularmente, pelo relevo complexo próximo ao ambiente costeiro (ANDRÉ et al., 2008), associado aos sistemas de mesoescala (Sistemas Convectivos de Mesoescala - SCM e as Brisas Marítima/Terrestre e de Vale/Montanha). Sua distribuição intranual é definida pela atuação dos sistemas meteorológicos de grande escala (Sistemas Frontais - SF, Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, Alta Sutropical do Atlântico Sul - ASAS, entre outros), em conjunto com os sistemas de mesoescala. A interação dos sistemas de grande escala com o relevo também contribui para a elevada variabilidade espacial das chuvas no estado. Nessas condições, de elevada variabilidade espaço-temporal, as ferramentas de análise de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilitam a identificação dos padrões espaciais e também temporais das precipitações com rapidez e precisão. Entre as ferramentas de SIG se destacam, para análises climáticas, os interpoladores espaciais, que a partir de dados pontuais geram superfícies contínuas. Diversos são os modelos determinísticos disponíveis para interpolação espacial. O uso de determinado modelo está condicionado a vários fatores, como por exemplo, o número de pontos a serem interpolados, extensão da área, variabilidade espacial, ocorrência de anisotropia, entre outros. Ou seja, não existe uma teoria geral que justifique a aplicação de determinado interpolador (LENNON e TUNNER, 1995). Assim, o objetivo do presente trabalho é avaliar modelos determinísticos de efeito local para a interpolação da precipitação pluvial mensal no estado do Rio de Janeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi o estado do Rio de Janeiro, situado na orla litorânea da costa leste do território brasileiro, região Sudeste do Brasil, entre as latitudes 20° 45' e 23° 21' S e as longitudes 40° 57' e 44° 53' W. As séries de precipitação pluvial diária e as coordenadas das estações pluviométricas foram obtidas com auxílio do sistema HIDROWEB, mantido pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2009). As estações pluviométricas do Rio de Janeiro utilizadas nas análises são de responsabilidade da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e da LIGHT. Os dados de precipitação pluvial diária (mm) foram organizados em planilhas e, posteriormente, calculada a estatística descritiva básica desses dados, como as médias dos acumulados mensais e anuais de cada estação. Para a determinação das médias dos acumulados utilizaram-se apenas estações pluviométricas com séries de no mínimo vinte anos de dados e início a partir de 1960. Baseados nesses critérios selecionaram-se 77 estações pluviométricas (Figura 1).

Quatro modelos determinísticos de efeito local foram avaliados: Inverso do Quadrado da Distância (IQD), Mínima Curvatura (MC), Vizinheiro Mais Próximo (VMP) e Triangulação com Interpolação Linear (TIL). Nas análises dos modelos utilizou-se a técnica de validação cruzada, com auxílio da ferramenta *cross validation* do módulo de análise *grid/data* do aplicativo SURFER 8.0. A área considerada na análise da validação cruzada foi delimitada entre as coordenadas -23,5 e -20,6° S de latitude e entre -45,00 e -40,75° O de longitude, com resolução de 30 segundos de grau. A validação cruzada foi repetida para cada mês e método de interpolação.

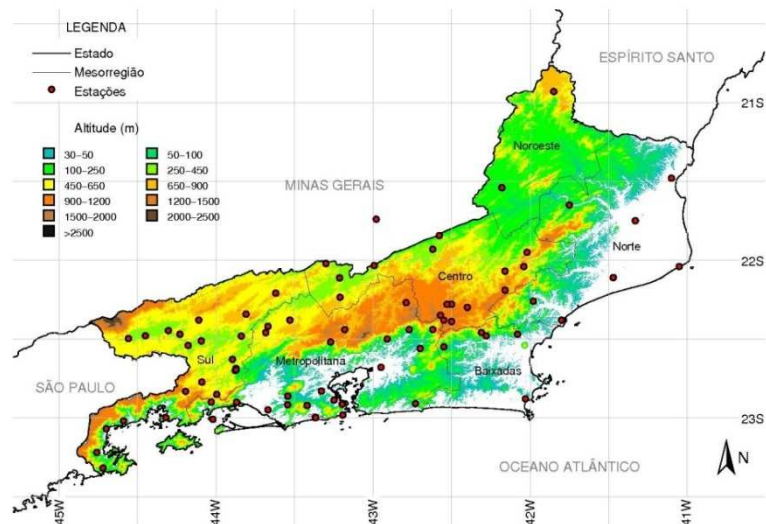


Figura 1 – Distribuição das estações pluviométricas selecionadas na base de dados da Agência Nacional de Águas para o estado do Rio de Janeiro com destaque para as mesorregiões do estado.

Posteriormente, para avaliar o desempenho de cada interpolador, aplicou-se a análise de regressão linear ( $Y=aX+b$ ) entre as estimativas ( $Y$ ), obtidas pela validação cruzada, e os dados observados ( $X$ ). Nas avaliações compararam-se o intercepto ( $a$ ), o coeficiente angular ( $b$ ) e o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) das regressões lineares e o Erro Padrão de Estimativa (EPE) de cada mês e modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo que apresentou menor EPE e maior precisão das estimativas, ou seja, menor  $r^2$  para todos os meses foi o MC, seguido do TIL (Tabela 1). As exceções foram os meses de abril e de julho a outubro, em que os EPE do TIL foram inferiores aos obtidos pelo modelo IQD. O VMP foi o modelo que apresentou as maiores dispersões e EPE mensais. Apenas em fevereiro a dispersão do IQD foi superior ao do VMP, indicado pelo menor  $r^2$ . Assim, o MC apresentou maior acurácia e precisão das estimativas em relação aos demais modelos avaliados. O MC mostrou valores de inclinação da regressão linear entre os dados estimados e observados superior aos dos demais métodos e com menor diferença em relação ao valor ideal 1, associado com o menor intercepto da regressão linear entre os modelos avaliados. Esses resultados indicam que o modelo MC apresentou erros sistemáticos e não-sistemáticos menores que os demais modelos avaliados. As menores inclinações e maiores interceptos foram observados quando a precipitação pluvial mensal foi interpolada pelo modelo IQD.

Os meses de verão e o mês março mostraram valores de inclinação e  $r^2$  superiores aos demais meses, associado com as menores inclinações e EPE normalizados pelas médias mensais da precipitação. Os meses de verão apresentaram os menores coeficientes de variação dos dados observados. Nos meses de transição entre inverno e primavera (agosto e setembro) e em outubro observaram-se resultados opostos, como os menores valores de inclinação e  $r^2$  e maiores

interceptos normalizados. Os maiores EPE normalizados foram observados nos meses de inverno (junho-agosto). Os meses de maior EPE normalizado coincidiram com os de maior coeficiente de variação dos dados observados.

Tabela 1 - Coeficientes da regressão linear (Intercepto - a, inclinação - b e coeficiente de determinação -  $r^2$ ) e Erro Padrão de Estimativa (EPE, mm) entre a precipitação pluvial mensal observada e estimada pelos modelos mínima curvatura (MC), inverso do quadrado da distância (IQD), vizinho mais próximo (VMP) e triangulação com interpolação linear (TIL)

mês/modelo	a	b	$r^2$	EPE	Mês/modelo	a	b	$r^2$	EPE
<b>Janeiro</b>	<b>(mm)</b>			<b>(mm)</b>	<b>Julho</b>	<b>(mm)</b>			<b>(mm)</b>
MC	59,87	0,7449	0,5990	46,3	MC	20,27	0,5875	0,4181	23,3
IQD	173,56	0,3052	0,3122	58,5	IQD	38,65	0,1821	0,1432	27,2
VMP	119,41	0,5442	0,2817	69,5	VMP	33,94	0,2789	0,0774	35,1
TIL	104,02	0,5631	0,4313	51,1	TIL	27,81	0,3904	0,2264	28,0
<b>Fevereiro</b>					<b>Agosto</b>				
MC	35,39	0,7917	0,6856	35,2	MC	24,86	0,5025	0,2810	24,2
IQD	121,32	0,3290	0,4372	40,2	IQD	42,67	0,1419	0,0870	26,2
VMP	71,68	0,6168	0,4525	40,9	VMP	35,95	0,2925	0,0791	32,9
TIL	70,62	0,5798	0,4787	35,2	TIL	32,68	0,3218	0,1377	28,1
<b>Março</b>					<b>Setembro</b>				
MC	43,83	0,7507	0,6273	36,1	MC	41,48	0,5437	0,3431	33,6
IQD	129,91	0,2840	0,3150	48,1	IQD	73,99	0,1698	0,1183	36,7
VMP	83,99	0,5475	0,3119	53,8	VMP	61,55	0,3164	0,0928	46,5
TIL	86,80	0,4987	0,3617	45,2	TIL	57,15	0,3343	0,1651	39,0
<b>Abril</b>					<b>Outubro</b>				
MC	45,87	0,6201	0,3849	38,7	MC	64,56	0,4861	0,2386	38,1
IQD	92,34	0,2262	0,1658	42,1	IQD	108,05	0,1340	0,0682	38,7
VMP	70,1	0,4098	0,1525	51,5	VMP	97,85	0,2402	0,0464	51,7
TIL	67,17	0,4185	0,2375	42,5	TIL	96,49	0,2127	0,0889	42,4
<b>Mai</b>					<b>Novembro</b>				
MC	27,29	0,6352	0,4306	27,9	MC	59,30	0,6764	0,4726	44,0
IQD	55,84	0,2284	0,1915	31,7	IQD	127,80	0,3067	0,2365	49,9
VMP	41,92	0,4174	0,1620	39,1	VMP	99,86	0,4820	0,1833	64,6
TIL	33,76	0,5098	0,3517	29,4	TIL	91,90	0,4815	0,3109	49,4
<b>Junho</b>					<b>Dezembro</b>				
MC	18,72	0,6170	0,4548	19,8	MC	65,72	0,7181	0,5350	47,5
IQD	38,03	0,1957	0,1786	23,7	IQD	170,14	0,2974	0,2606	56,7
VMP	31,35	0,3194	0,1131	29,3	VMP	123,26	0,5075	0,2235	70,1
TIL	23,42	0,4879	0,3507	21,9	TIL	107,46	0,5372	0,3510	53,5

O modelo MC gerou mapas com curvas suaves e com variação espacial não concêntrica em torno das estações, como observado pelos mapas obtidos pelo modelo IQD, no qual se observaram essas características (Figura 2). A variação concêntrica em torno do ponto cotado usado na interpolação é característica inerente ao IQD. A chuva mensal na região é influenciada pela proximidade do ambiente costeiro e pelo terreno complexo do estado, com alternância entre regiões serranas e baixadas litorâneas, o que induz a variação anisotrópica da precipitação pluvial. Essa variação o modelo IQD não consegue representar, por impor uma variação concêntrica em torno do ponto cotado. O modelo VMP escolhe apenas uma amostra vizinha para o ponto da grade (DRUNCK et al., 2004), o que resulta em mapas com variações abruptas e com arestas acentuadas. O modelo TIL também tendeu a gerar superfícies com variações abruptas e arestas acentuadas, contudo com suavização maior em relação ao VMP. Essas características são

indesejáveis nas análises dos elementos climáticos, visto que os mesmos não apresentam limites rígidos de transição, o que dificulta a identificação de padrões de variação espacial. Esse resultado, associado aos índices estatísticos não qualificam os modelos IQD, VMP e TIL na avaliação de padrões mensais da precipitação pluvial observados no estado do Rio de Janeiro.

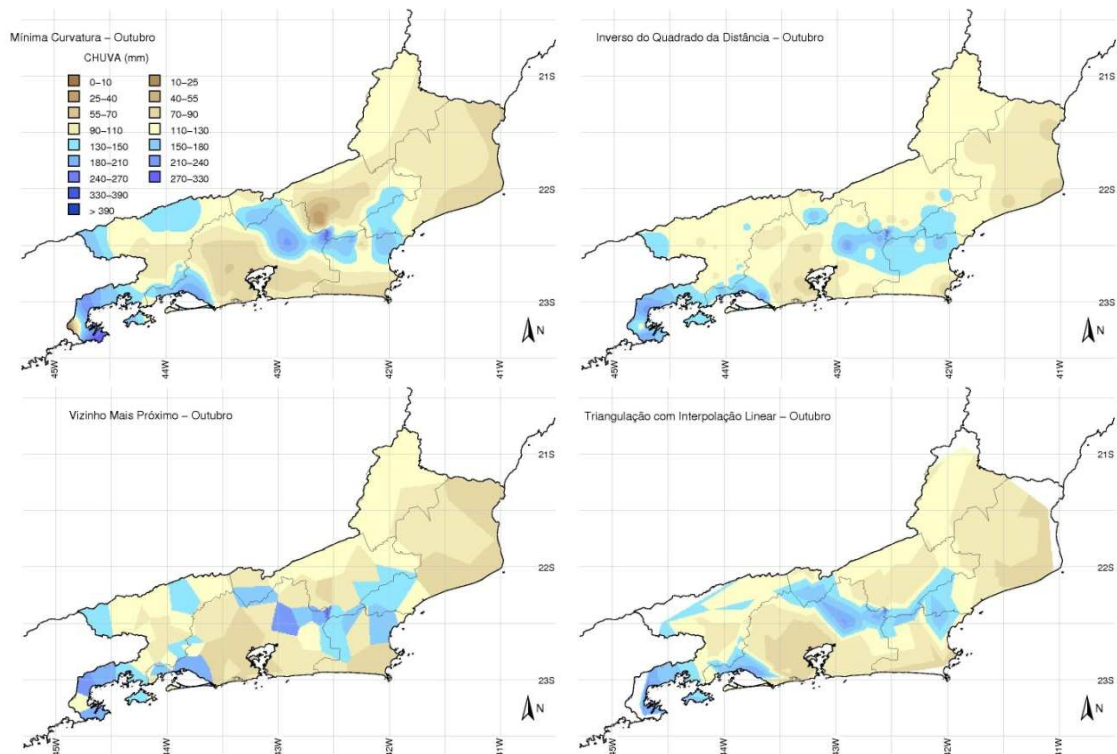


Figura 2 - Distribuição espacial da precipitação pluvial em outubro no estado do Rio de Janeiro interpolada pelos modelos mínima curvatura, inverso do quadrado da distância, vizinho mais próximo e triangulação com interpolação linear.

## CONCLUSÕES

O modelo mínima curvatura se sobressai em relação aos demais modelos, com precisão e acurácia superior. Associado a isso, o modelo mínima curvatura representa de forma consistente os padrões espaciais esperados da chuva no estado. Os modelos de interpolação aplicados a precipitação pluvial mensal no estado do Rio de Janeiro são influenciados pelas características sazonais da precipitação pluvial mensal. Nos meses de verão e em março observa-se maior acurácia e precisão dos modelos, enquanto os meses de inverno e primavera as estimativas são inferiores. Os modelos IQD, VMP e TIL não são aconselháveis para avaliação dos totais e dos padrões espaciais da precipitação pluvial mensal observada no estado do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 27 out., 2009.

ANDRÉ, R. G. B. et al. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n. 4, p. 501-509, 2008.

DRUNCK, S. et al. Análise espacial de dados geográficos. 1º ed. Planaltina, DF: EMBRAPA, 2004. 209 p.

LENNON, J. J., TURNER, J. R. G. Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain. Journal. Animal. Ecology, n. 64, n. 3, p.392- 670, 1995.