



## AVALIAÇÃO DO ENFOQUE GEOESTATÍSTICO APLICADO A VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

---

Lara Clímaco de Melo<sup>1</sup>, Ana Paula Dalla Corte<sup>2</sup>, Carlos Roberto Sanquetta<sup>2</sup>

1. Mestranda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (laracmelo@gmail.com)
2. Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, Brasil.

**Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014**

---

### RESUMO

Considerando a alta vulnerabilidade da sociedade frente à dinâmica da natureza torna-se necessário entender o comportamento dos fenômenos do clima, bem como, prever a ocorrência dos mesmos. Assim, o objetivo dessa pesquisa é apresentar o cenário dos trabalhos científicos que relacionam o uso da geoestatística na previsão, análise, estimativa e compreensão do comportamento de variáveis climáticas no Brasil, visando entender o estado da arte dessa contextualização. O enfoque foi dado a 20 trabalhos científicos, buscando entender como são conduzidos e avaliados os estudos nessa temática. Diante da observação conjunta dos trabalhos, foi possível notar que a variável mais bem estudada é a precipitação, e a krigagem é o método geoestatístico mais usado nos estudos considerando as variáveis climáticas. A maioria dos trabalhos utilizaram séries históricas obtidas junto a instituições governamentais ligadas a pesquisas meteorológicas. Conclui-se sobre a importância em tratar os dados antes da utilização do método geoestatístico, bem como de realizar a validação dos resultados, garantindo assim a qualidade da informação a ser divulgada. Salienta-se ainda a necessidade de ampliar a participação da região amazônica brasileira nesses estudos. A geoestatística é imprescindível ao desenvolvimento da predição, estimativa, geração de cenários e zoneamento do clima.

**PALAVRAS-CHAVE:** geotecnologia, Modelagem espacial; mudanças climáticas;

### EVALUATION OF GEOSTATISTICS FOCUS APPLIED TO CLIMATIC VARIABLES

#### ABSTRACT

Considering the high vulnerability of society ahead the dynamics of nature it is necessary to understand the behavior of the phenomena of the atmosphere, as well as predict the occurrence of same. Thus, the objective of this research is to present the scenario of scientific studies that relate the use of geoestatitic in forecasting, analysis, estimation and understanding the behavior of climatic variables in Brazil, aiming to understand the state of the art of this contextualization. The focus was given to 20 scientific works, seeking to understand how they are conducted and evaluated the studies in this theme. Before the joint observation of work, it was

possible to notice that the variable most well studied is the precipitation and kriging method is the more used in studies considering the climatic variables. The majority of studies used historical series obtained from the governmental institutions linked to meteorological research. It is concluded on the importance in dealing with the data before using the geostatistic method, as well as to perform the validation of the results, thus ensuring the quality of the information to be disclosed. It must also be pointed out the need to expand the participation of Brazil's Amazon region in these studies. The geostatistics is essential to the development of prediction, estimation, scenario generation and zoning of the climate.

**KEYWORDS:** Spatial Modeling; climate change; geotechnology.

## INTRODUÇÃO

Diversos cientistas têm demonstrado a ocorrência de alterações térmicas em inúmeras regiões do mundo com padrões divergentes da história, admitindo assim a existência de uma possível mudança climática em nível global, onde os elementos meteorológicos têm papel de destaque, pois através deles há uma maior percepção acerca das alterações desse processo (STEINKE et al., 2005).

O aumento da concentração de gases de efeito estufa, oriundos de atividades antrópicas, pode ocasionar mudanças irreversíveis no clima, produzindo novos padrões no regime pluvial, dos ventos e na circulação dos oceanos, interferindo assim nas condições atuais de vida na Terra. Desse modo, vem se tornando consenso mundial o estudo e emprego de estratégias de mitigação e adaptação, na tentativa de reduzir riscos de catástrofes mundiais (SOARES & OLIVEIRA, 2002).

Considerando a alta vulnerabilidade da sociedade frente à dinâmica da natureza, torna-se necessário entender o comportamento dos fenômenos do clima, bem como, prever a ocorrência dos mesmos. Essa premissa contribui com a redução da vulnerabilidade mencionada, e permite ainda identificar os indícios aos quais os elementos que compõem essa questão estão relacionados (BARBOSA, 2007). Em complemento, STEINKE et al. (2005) afirmam que a identificação científica da ocorrência de alteração na variabilidade natural do clima em determinada escala é fundamental para afirmar que este não é um processo natural.

Por meio das séries temporais de variáveis climáticas é que se baseiam os estudos de potenciais transformações que venham a permear o clima, através de análise isolada de determinadas variáveis, e/ou o conjunto delas. A garantia da acurácia na estimativa de dados climáticos de uma região é dependente da metodologia de coleta e processamento dessas informações (SARTORI et al., 2010). Para tal, são disponibilizadas inúmeras técnicas e ferramentas com diferentes graus de complexidades que analisam em conjunto a distribuição temporal e espacial desses elementos, dentre elas, a geostatística (GOOVAERTS, 1997).

Parte da geotecnologia, conceituada como um conjunto de tecnologias para coleta, tratamento, processamento e modelagem de dados e geoinformações, a geostatística aplica métodos matemáticos e estatísticos e pode ser amplamente utilizada, com aplicações em modelagem de fenômenos do clima, simulação de cenários, análise de riscos e zoneamentos (VOLPATO et al., 2008). Ela é a união de métodos estatísticos onde a localização espacial cumpre fundamental desempenho na análise dos dados, tendo como objetivo básico modelar variações espaciais contínuas, admitindo uma estrutura de correlação espacial da variável analisada (DIGGLE & RIBEIRO, 2000). De acordo com RAMOS et al. (2009), a principal

vantagem da utilização desta técnica é otimizar o processo de amostragem por meio da dependência espacial e/ou temporal de uma variável.

Diversos trabalhos estão disponíveis na literatura correlacionando as observações climatológicas no espaço por meio de interpoladores geoestatísticos (BRUNINI et al. 2001; MALUF et al. 2001; ASSAD et al. 2003 e VIOLA et al. 2010). Os referidos autores mencionaram através da certeza científica a importância da espacialização do clima utilizando essa técnica, com válido auxílio no zoneamento de riscos climáticos. SILVA et al. (2007) discutem que embora seja abundante o uso de métodos de interpolação espacial para essa finalidade, faz-se necessário analisar qual o melhor método em respeito as especificidades de clima e regiões, tendo em vista a ausência de evidências que comprovem uma técnica única ou padrão como melhor para as diversas situações.

Entende-se portanto que, conhecer e prever variáveis climáticas é uma oportunidade para toda sociedade frente às mudanças climáticas, bem como na regulação de inúmeras atividades humanas que, cada dia mais, são dependentes de informações precisas sobre os fenômenos que regem o clima (VIANA et al., 2012). Desse modo, a avaliação desse tema considerando os principais enfoques metodológicos é de extrema importância para subsidiar trabalhos futuros, ponderando as abordagens trabalhadas.

Assim, o objetivo dessa pesquisa é apresentar o cenário dos trabalhos científicos que relacionam o uso da geoestatística na previsão, análise, estimativa e compreensão do comportamento de variáveis climáticas no Brasil, visando entender o estado da arte dessa contextualização.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

No presente trabalho foram compilados artigos disponibilizados na vasta literatura, por meio dos principais buscadores científicos, considerando autores brasileiros que trabalharam a metodologia geoestatística, isoladamente ou em associação com outras técnicas, em sua ampla significância para auxiliar no conhecimento do clima.

Tendo em vista a complexidade e amplitude do tema abordado em suas distintas aplicações, limitou-se o enfoque a 20 trabalhos científicos que espacializaram parâmetros climáticos, tais quais: temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, evapotranspiração, entre outros. A amostragem selecionada buscou contemplar pesquisadores de diferentes afiliações, com o objetivo de ampliar o entendimento das técnicas geoestatísticas empregadas nas diversas instituições de pesquisas do Brasil, representando assim 25 destas instituições, entre universidades e centros de pesquisa, onde cada qual possui abordagens distintas em termos metodológicos. Contemplou-se ainda 14 periódicos cuja temática envolve a análise e previsão do clima brasileiro, bem como todo o viés da técnica geoestatística aplicada a variáveis climáticas.

Examinou-se como são conduzidos e avaliados os estudos para as variáveis climáticas, bem como os objetivos principais aos quais os autores têm se proposto analisar (QUADRO 1). Foram consideradas na avaliação as metodologias de análise, linhagem dos dados utilizados, processos de validação e qualidade das informações publicadas, técnicas geoestatísticas mais empregadas e as principais conclusões obtidas pelos pesquisadores, de forma a fornecer subsídios acerca desta abordagem para o desenvolvimento futuro de potenciais estudos que considerem a questão climática no país.

**QUADRO 1** - Literaturas avaliadas apresentadas por ordem cronológica e objetivo principal de estudo.

SARTORI et al. (2010)	Estudar a variabilidade temporal da temperatura do ar, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar em Botucatu-SP.
VIOLA et al. (2010)	Avaliar o desempenho dos interpoladores espaciais e modelos estatísticos na estimativa da precipitação para o mapeamento em Minas Gerais.
ALMEIDA et al. (2011)	Modelar uma série temporal de precipitação e realizar previsões em pequenas escalas de tempo no Espírito Santo.
LYRA et al. (2011)	Estabelecer o modelo digital de elevação e a resolução horizontal para estimar a temperatura do ar anual para Alagoas.
TERRA et al. (2011)	Estudar a variabilidade espacial da temperatura e umidade relativa do ar em um pomar de pessegueiro no município de Morro Redondo-RS.
VIANA et al. (2012)	Analisar o comportamento da temperatura do ar mínima para o Estado do Ceará a partir modelo digital de elevação, destacando as variações de temperatura para cada região do Estado.
FERREIRA et al. (2006)	Apresentação de uma metodologia para estimativa da temperatura média mensal do ar a partir de dados do SRTM para os Estados do Pará e Minas Gerais.
BARBOSA (2007)	Identificar mudanças no comportamento da precipitação dentro do período de tempo de 30 anos em SP.
SILVA et al. (2007)	Avaliar as principais técnicas de interpolação para a espacialização das variáveis climatológicas precipitação, excedente hídrico, déficit hídrico e disponibilidade hídrica na Bacia do Rio Itapemirim.
MOTA et al. (2008)	Caracterizar e representar visualmente a precipitação pluvial (mm) e a temperatura (°C) de Juiz de Fora – MG, para os cenários futuros de mudanças climáticas.
MELLO et al. (2008)	Estudar a estrutura de dependência espacial da chuva intensa, associada a diferentes tempos de duração e de retorno no Estado de Minas Gerais.
SILVA et al. (2008)	Descrever o comportamento de uma série de temperatura média mensal da cidade de Uberlândia - MG e identificar e estimar modelos de previsão.
RAMOS et al. (2009)	Estudar a distribuição temporal da variação da temperatura na cidade de Botucatu- SP.
CASTRO et al. (2010)	Avaliar o desempenho dos métodos de interpoladores para espacialização das variáveis climatológicas: precipitação, excedente hídrico, deficiência hídrica, evapotranspiração potencial, evapotranspiração real e disponibilidade hídrica no estado do Espírito Santo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da observação conjunta dos trabalhos, foi possível verificar que a variável mais bem estudada é a precipitação, com 60% de participação nos trabalhos, seguida da temperatura, justificadas pela enorme representatividade das mesmas não só no âmbito das mudanças do clima, como também no agronegócio e em fins de base para o planejamento urbano. As mesmas são estudadas isoladamente ou em conjunto com outras variáveis, como umidade relativa do ar, insolação, disponibilidade hídrica, evapotranspiração, entre outras, menos representativas nos trabalhos analisados. As metodologias de estatística espacial trabalhadas também foram analisadas quanto ao seu percentual de participação, e ambas as análises discutidas acima podem ser conferidas na Tabela 1.

**TABELA 1.** Participação das variáveis climáticas e das técnicas de estatística espacial nos estudos analisados.

<b>Variáveis</b>	<b>Participação em estudos (%)</b>
Precipitação	60
Déficit Hídrico	10
Excedente Hídrico	10
Disponibilidade hídrica	10
Temperatura do ar	55
Umidade do ar	15
Insolação	5
Evapotranspiração potencial	5
Evapotranspiração real	5
<b>Métodos</b>	
Krigagem	45
Cokrigagem	5
Média Móvel Ponderada	5
SARIMA	10
Modelo Geoestatístico Específico	20
Estatística	20
IDW	5
Inverso do Quadrado da Distância	5
Máxima Verossimilhança	5
Mínimos Quadrados Ponderados	5
Modelos Digitais de Elevação	15

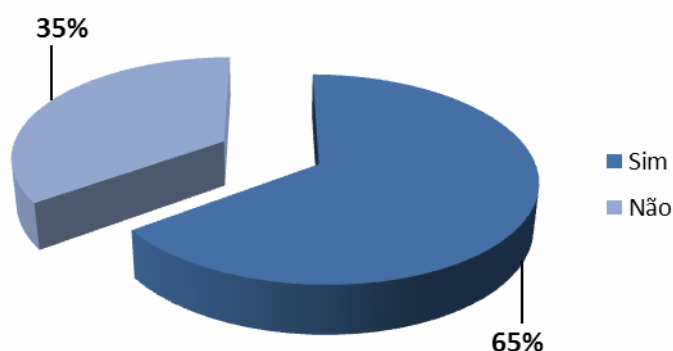
Conforme a tabela acima, a krigagem é o método geoestatístico mais usado nos estudos considerando as variáveis climáticas. Em alguns, aparece como único interpolador utilizado (ASSAD et al., 2003; MELLO et al., 2008; MOTA et al., 2008; RAMOS et al., 2009; TERRA et al., 2011), e nos demais, em conjunto com outros interpoladores e estatísticas espaciais, onde são avaliados os melhores métodos para os dados em questão, como proposto por SILVA et al. (2007); VIOLA et al. (2010); ALMEIDA et al. (2011), entre outros. Pela sua ampla aplicação e potencial de resultados a serem conferidos posteriormente. A krigagem é o interpolador mais indicado para se trabalhar com variáveis climáticas.

Quanto a linhagem dos dados, quase todos os trabalhos utilizaram séries históricas da variável pretendida obtidas junto a instituições governamentais direta ou indiretamente ligadas as pesquisas meteorológicas, como é o caso do trabalho de VIOLA et al. (2010), que usou dados da Agência Nacional de Águas (ANA) para analisar métodos de interpolação espacial no mapeamento da precipitação pluvial e de SARTORI et al. (2010) que utilizou a Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências Agrárias da UNESP para entender a variabilidade temporal e mapeamento dos dados climáticos da cidade de Botucatu – SP.

Em apenas dois trabalhos foi realizada a coleta dos dados. SOUZA & MAITELLI (2005) empregaram o método do transecto móvel para a medição de pontos previamente definidos visando compreender as mudanças climáticas em Cuiabá, e TERRA et al. (2011) usaram duas estações automáticas, onde uma se manteve fixa e a outra móvel no município de Morro Redondo-RS na análise espacial da temperatura e umidade relativa do ar. O valor agregado ao se coletar os dados está na solidez científica, onde se subentende menores erros associados a falhas humanas em leituras ou observação de potenciais defeitos nos aparelhos de coleta, com conseqüente consistência das informações modeladas, gerando por fim resultados mais confiáveis. A indicação para quando se trabalha com dados externos, no entanto, é o tratamento dos mesmos, buscando observar inconsistências no conjunto de informações.

Ainda em relação aos dados utilizados nos trabalhos, a maioria dos autores relatou ter realizado análise exploratória e/ou algum tipo tratamento dos dados brutos, visualizando o comportamento dos mesmos, auxiliando na inserção ou não dos mesmos de acordo ao contexto trabalhado. Embora essa análise prévia da qualidade dos dados tenha sido apresentada em maior parte das pesquisas, os trabalhos que não observaram o comportamento dos seus dados acabam por associar a sua informação um maior grau de incerteza matemática (Figura 1).

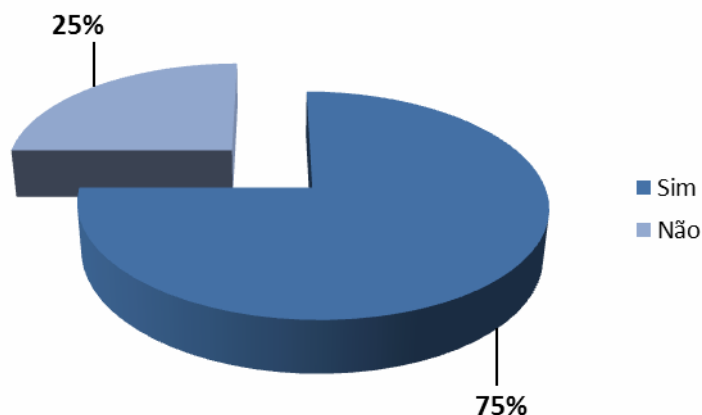
Corroborando com a ideia apresentada no parágrafo anterior, STEINKE et al. (2005) propôs um viés interessante ao utilizarem dados de estações meteorológicas diferentes para um mesmo período de tempo (19 anos) no Distrito Federal. Os autores fizeram uma análise comparativa com aplicação do Teste Student entre os dados oriundos das distintas estações com o objetivo de investigar se os mesmos são semelhantes aos do INMET, tomado como referência comparativa. A pesquisa demonstrou que existe diferença significativa entre os dados registrados nas principais estações meteorológicas em operação no Distrito Federal. Essa conclusão ressalta a importância em tratar os números antes da utilização do método geoestatístico, garantindo assim a qualidade da informação a ser divulgada.



**FIGURA 1.** Percentual de trabalhos que realizaram análise prévia da qualidade dos seus dados climáticos.

Com relação à validação dos procedimentos utilizados, 25% dos artigos não mencionaram em seu conteúdo nenhum tipo de método que comprovasse a ciência do que está sendo afirmado. A exemplo dessa realidade, OLIVEIRA et al. (2002) utilizaram como base para a construção de mapas de temperatura, umidade relativa do ar e insolação para o Estado do Pará as informações do SUDAM (1984), trabalhos desenvolvidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado, bem como os dados da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), afirmando que a partir da confecção destes mapas é possível fornecer subsídios às tomadas de decisões dos setores públicos e privados para o planejamento de plantios. No entanto, os autores não fizeram alusão ao uso de análise exploratória, tratamento dos dados, nem mínima descrição dos procedimentos geoestatísticos utilizados. Acredita-se que a ausência dessas técnicas comprometem os enunciados dos referidos autores, tendo em vista a proposição de planejamento objetivada.

Apesar dos casos mencionados acima, uma superioridade dos trabalhos validaram seus dados, comparações e testes através de variâncias, coeficiente de variação, testes de médias, erro quadrático médio, valores máximos e mínimos preditos, análise visual dos gráficos gerados, estatísticas associadas ao semivariograma e validação cruzada, coeficiente de variação ajustado, confiança, alcance, entre outros (Figura 2).



**FIGURA 2.** Representação gráfica da contagem de trabalhos que realizaram a validação dos resultados obtidos pela geoestatística.

Grande parte dos conteúdos continham gráficos, tabelas e/ou mapas de interpolação, à exceção de cinco deles, que não exprimiram seus resultados em mapas. Para aqueles que os confeccionaram, não foram mencionados padrões de exatidão cartográfica utilizado. É possível que essa premissa esteja relacionada à limitação de espaço nos artigos, tendo em vista a necessidade da exposição de outros conteúdos mais relacionados ao foco dos trabalhos. Embora não haja uma discussão muito aprofundada acerca dessa temática, alguns autores que trabalharam com Modelos Digitais de Elevação (MDE) garantiram uma maior riqueza de detalhes e exatidão nesses mapas, constituindo assim uma indicação da qualidade dessa metodologia (FERREIRA et al., 2006; LYRA et al., 2011; VIANA et al., 2012).

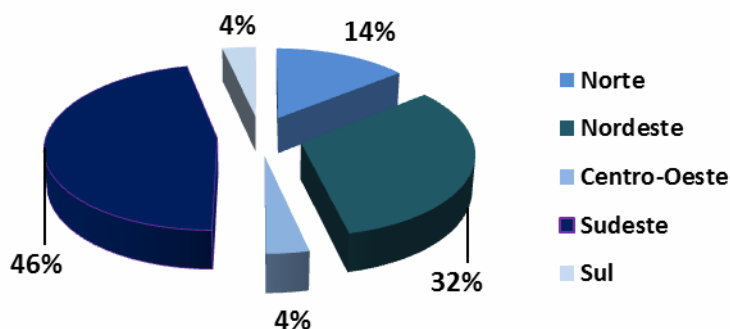
Em sua generalidade, os trabalhos concluíram a superioridade do interpolador de krigagem para estimar as variáveis climáticas estudadas. Para ASSAD et al. (2003) por exemplo, a krigagem por indicação foi a mais recomendada na espacialização do Índice de Satisfação das Necessidades de Água, baseado em dados de precipitação. MELLO et al. (2008) corroboram com essa proposição, e demonstrou o potencial da krigagem para interpolação de chuvas intensas em Minas Gerais. SARTORI et al. (2010) também visualizaram a variabilidade temporal da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação usando krigagem ordinária, a qual, segundo os autores, possibilitou estimativa sem tendenciosidade e com mínima variância.

Outros interpoladores testados no entanto, também demonstraram alguma eficiência, como exposto por VIOLA et al. (2010), que concluíram o potencial da cokrigagem utilizando a altitude como variável secundária, resultando em menores erros em cinco dos dez períodos analisados para o mapeamento da precipitação em Minas Gerais. Assim, ressalva-se a importância de estudar qual método melhor se aplica ao conjunto de dados em questão, tendo em vista a variabilidade do clima tropical brasileiro.

Observou-se ainda a localidade das regiões de estudo. Do referido conjunto de trabalhos, a maior parte deles foi realizado na região Sudeste, totalizando 45% do objeto dos trabalhos, conforme Figura 3. Isso demonstra a propriedade das



intenções de pesquisa nessa região, e o avanço associado ao conhecimento do clima.



**FIGURA 3.** Percentual de participação das localidades brasileiras nos trabalhos analisados.

Salienta-se ainda a pequena participação da região amazônica brasileira nesses estudos, representada por um único Estado (Pará), sugerindo a necessidade de ampliação dessas análises nesta região, tendo em vista sua proporção no país. O Nordeste foi representado por diversos Estados, totalizando 32% de análises. Ressalta-se, no entanto, que diversos trabalhos analisam dois ou mais Estados em conjunto, como o de MEDEIROS et al. (2005) para a região Nordeste.

A abordagem geoestatística na previsão do clima tem ampla aplicabilidade e diversas metodologias de trabalho, e conforme demonstrado nos tópicos acima, ainda existem lacunas a serem preenchidas no conhecimento científico brasileiro de suas diversas regiões, e padrões de trabalho a serem mais especificados, contribuindo desse modo com o desenvolvimento climático local.

### CONCLUSÃO

A geoestatística é imprescindível ao desenvolvimento da previsão, estimativa, geração de cenários e zoneamento do clima;

As variáveis mais trabalhadas são temperatura e precipitação, no entanto, sugere-se a associação das mesmas a outras variáveis climáticas para compor cenários cada vez mais reais em sua amplitude de complexidade;

Os estudos devem se comprometer com a qualidade da informação prestada, realizando análise exploratória, processos de validação e gerenciando padrões de exatidão cartográficos;

A ampliação de trabalhos abrangendo as localidades de maior vulnerabilidade ambiental no Brasil trará uma contribuição valiosa no subsídio de políticas públicas de adaptação e mitigação às mudanças do clima.

### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.Q.; RIBEIRO, A.; PAIVA, Y.G.; RASCON, N.J.L.; LIMA, E.P. Geoestatística no estudo de modelagem temporal da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p. 354-358, 2011.

ASSAD, E.D.; MACEDO, M.A.; ZULLO JÚNIOR, J.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O. Avaliação de métodos estatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos

para definir riscos climáticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.2, p. 161-171, 2003.

BRUNINI, O.; ZULLO JÚNIOR, J.; PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, P. D.; PATERNIANI, M. E. Riscos climáticos para a cultura do milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 519-526, 2001.

BARBOSA, J.P.M. Mudanças climáticas e distribuição espacial da precipitação na Serra do Mar – Análises a partir de séries históricas de precipitação e de Sistema de Informação Geográfica (SIG). **Caminhos da Geografia**, v.8, n.22, p. 67-81, 2007.

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Model Based Geostatistics. In: SINAPE, 14., 2000, Caxambu. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 2000.

CASTRO, F.S.; PEZZOPANE, J.E.M.; CECÍLIO, R.A.; PEZZOPANE, J.R.M.; XAVIER, A.C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.8, p. 871-880, 2010.

GOOVAERST, P. Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity. **Catena**, Amsterdam, v. 34, p. 227-242, 1999.

FERREIRA, W.P.M.; VALLADARES, G.S.; HOTT, M.C. Estimativa da temperatura média mensal do ar para os Estados de Minas Gerais e do Pará, utilizando-se Modelos Digitais de Elevação. **Engenharia na Agricultura**, v.14, n.4, p. 293-303, 2006.

LYRA, G.B.; SANTOS, M.J.; SOUZA, J.L.; LYRA, G.B.; SANTOS, M.A. Espacialização da temperatura do ar anual no Estado de Alagoas com diferentes modelos digitais de elevação e resoluções espaciais. **Ciência Florestal**, v. 21, n.2, p. 275-287, 2011.

MALUF, J. R.; CUNHA, G. R.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; MOREIRA, M. B.; CAIAFFO, M. R.; PIRES, J. L. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 460-467, 2001.

MEDEIROS, S.S.; CECÍLIO, R.A.; MELO JÚNIOR, J.C.F.; SILVA JÚNIOR, J.L.C. Estimativas e espacialização das temperaturas ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p. 247-255, 2005.

MELLO, C.R.; VIOLA, M.R.; MELLO, J.M.; SILVA, A.M. Continuidade Espacial de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais. **Ciência Agrotecnologia**, v.32, n.2, p. 532-539, 2008.

MOTA, V.C.; LIMA, R.B.; ALVES, M.C.; OLIVEIRA, M.S.; CARVALHO, L.G.; SILVA, F.M. Uso da predição temporal como alternativa para visualizar variáveis climáticas de Juiz de Fora – MG sob cenários futuros de mudanças climáticas. In: 53ª Reunião

Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: RBRAS, 2008.

OLIVEIRA, L.L.; FONTINHAS, R.L.; LIMA, A.M.M. & LIMA, R.J.S. 2002. Mapas dos parâmetros climatológicos do Estado do Pará: umidade, temperatura e insolação, médias anuais. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...** Sociedade Brasileira de Meteorologia, Fortaleza, 2002.

RAMOS, C.M.C.; NARDINI, R.C.; ZIMBACK, C.R.L.; SERAPHIN, S. Análise temporal da variação da temperatura utilizando-se a geoestatística. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009.

SARTORI, A.A.C.; SILVA, A.F.; RAMOS, C.M.C.; ZIMBACK, C.R.L. Variabilidade temporal e mapeamento dos dados climáticos de Botucatu – SP. **Irriga**, v. 15, n. 2, p. 131-139, 2010.

SILVA, J.W.; GUIMARÃES, E.C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na Estação Climatológica de Uberaba – MG. **Ciência Agrotecnologia**, v. 27, n.3, p. 665-674, 2003.

SILVA, K.R.; PAIVA, Y.G.; CECÍLIO, R.A.; PEZZOPANE, J.E.M. Avaliação de interpoladores para espacialização de variáveis climáticas na bacia do rio Itapemirim – ES. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007

SILVA, F.M. Uso da predição temporal como alternativa para visualizar variáveis climáticas de Juiz de Fora – MG sob cenários futuros de mudanças climáticas. In: 53ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: RBRAS, 2008.

SOARES, C.P.B.; OLIVEIRA, M.L.R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n. 5, p. 553-539, 2002.

SOUZA, S.C.; MAITELLI, G.T.; Mudanças climáticas na interface superfície urbanizada atmosfera. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2005.

STEINKE, E.T.; SOUZA, G.A.; SAITO, C.H. Análise da variabilidade da temperatura do ar e da precipitação no Distrito Federal no período de 1965/2003 e sua relação com uma possível alteração climática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, p. 131-145, 2005.

TERRA, V.S.S.; JÚNIOR, C.R.; TIMM, L.C.; CARVALHO, F.L.C.; PEREIRA, J.F.M. Análise espacial da temperatura e umidade relativa do ar em um pomar de pessegueiro no município de Morro Redondo – RS. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. de M.; RESENDE, Á. V. de.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. de C. **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 207-211.

VIANA, P.C.; OLIVEIRA, J.B.; ARAÚJO, E.M.; CARMO, F.F.; PEREIRA, M.M.; ALVES, A.S. Análise da espacialização da temperatura do ar mínima para o estado do Ceará a partir de dados SRTM. In: INOVAGRI/IV WINOTEC – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI International Meeting, 2012.

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**, v. 14, n. 9, p. 970-978, 2010.

VOLPATO, M.M.L.; ALVES, H.M.A.; VIEIRA, T.G.C.; Geotecnologias aplicadas à agrometeorologia. **Informe Agropecuário**, v. 29, n.246, p. 1-10, 2008.