

## **INSOLAÇÃO DO ESTADO DA PARAÍBA MAPEADA ATRAVÉS DO USO DE GEOTECNOLOGIAS**

**PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO<sup>1\*</sup>, JUAREZ PAZ PEDROZA<sup>2</sup>, MARIA MARLE BANDEIRA<sup>3</sup>,  
LINDENBERG LUCENA DA SILVA<sup>4</sup>; DJAIL SANTOS<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Dr. Pesquisador Bolsista DCR CNPq/Fapesq, UFPB, Areia-PB, paulomegna@ig.com.br

<sup>2</sup>Dr. Professor Titular do CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, juarez@deag.ufcg.edu.br

<sup>3</sup>Ms. Meteorologista, AESA, Campina Grande-PB, marle@aesa.pb.gov.br

<sup>4</sup>Doutorando em Meteorologia, UFCG, Campina Grande-PB, begapb@gmail.com

<sup>5</sup>Dr. em Ciência do Solo, Prof. Titular CCA, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo realizar os cálculos, análises e o mapeamento da insolação do Estado da Paraíba. Na metodologia foram utilizados dados de insolação mensal entre os anos de 1961 a 2014 e elaborado análise de consistência calculando as médias diária, mensais e anuais. Utilizando o programa Surfer 9.0 foram gerados através do método de interpolação de Krigeagem os mapas de insolação. Os resultados demonstraram que a utilização da geoestatística apresentou resultados satisfatórios quanto à estimativa dos dados de insolação obtida pelo método de interpolação de Krigeagem estando condizentes com as características climatológicas locais da região e na sua distribuição espacial; a distribuição espacial dos dados de insolação apresentou variabilidade para os meses estudados, com variação de aproximadamente de 2 horas na distribuição anual da temperatura; o mês de dezembro apresenta os maiores valores de insolação e o mês de junho os menores.

**PALAVRAS-CHAVE:** dados solarimétricos, geoestatística, espacialização.

### **SUNSTROKE OF THE PARAÍBA STATE MAPPING USING GEOTECHNOLOGIES**

**ABSTRACT:** This study aimed to perform the calculations, analysis and mapping sunstroke the state of Paraíba using kriging. In the methodology we used the monthly insolation data between the years 1961-2014 and elaborate consistency analysis was calculated the average daily, monthly and annual. Using the Surfer 9.0 program was generated through Kriging interpolation method, the respective maps. The results showed that the use of statistics showed satisfactory results regarding the estimation of insolation data obtained by Kriging interpolation method being consistent with local climatic characteristics of the region and its spatial distribution; the spatial distribution of insolation data showed large variability for both months studied, ranging from approximately 2 hours in the annual distribution of temperature; the month of December has the highest insolation values and the month of June, it has the lowest values.

**KEYWORDS:** solarimetric data, geostatistics, espacialization.

### **INTRODUÇÃO**

As regiões desérticas do mundo são as mais bem dotadas de recurso solar e as áreas localizadas no Nordeste do Brasil, têm valores da radiação solar diária, média anual comparáveis às melhores regiões do mundo (Chiguera Tiba et al., 2000). A insolação é a duração do período do dia com luz solar ou a duração do brilho solar. Por sua importância junto aos processos climáticos, a insolação, assim como todas as variáveis climáticas são alvos de pesquisas, especialmente relacionada à agricultura (Sousa et al., 2003). Silva et al. (1999) afirma que a radiação solar incidente sobre a superfície do solo é fator determinante e condiciona os processos que ocorrem nesse ambiente, interferindo sobremaneira no ciclo dos nutrientes. Sendo assim, variando a quantidade de radiação solar incidente, podem-se obter condições ambientais diferenciadas e, por conseguinte, promover alteração nos demais processos.

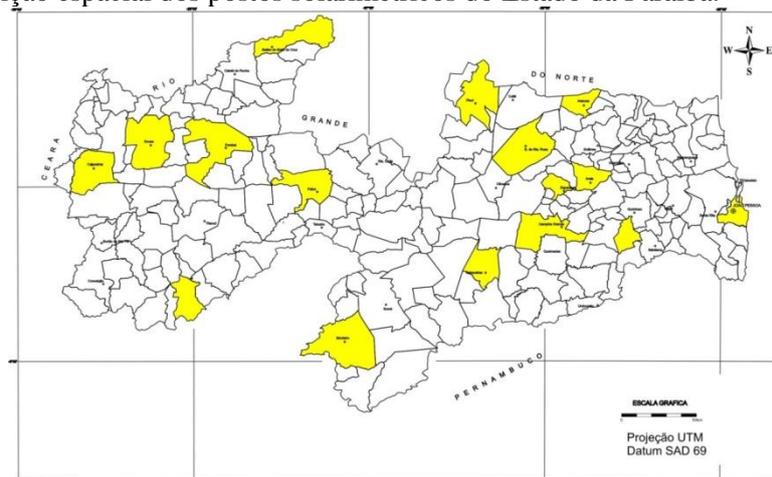
Modelos matemáticos, aritméticos e lógicos, buscando representar propriedades e processos do meio físico natural, têm sido implementados e modelos inferenciais vêm sendo propostos e a geoestatística é um desses modelos e sua base conceitual está fundamentada na teoria das variáveis regionalizadas formalizada por Matheron (1971). Dentre os procedimentos geoestatísticos, a krigagem se destaca como a técnica que possibilita a inferência de valores, a partir de amostras pontuais de um atributo espacial (Brandão, 2001). Conforme Jakob (2012), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados. Portanto este trabalho tem por objetivo inferir através de procedimento geoestatístico de krigagem a variabilidade espacial dos dados e realizar o mapeamento da insolação do Estado da Paraíba.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende o Estado da Paraíba que apresenta uma área de 56.372 km<sup>2</sup>. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (Francisco, 2010). O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600mm (Varejão-Silva et al., 1984). O relevo do Estado da Paraíba apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e rochas pouco ou muito diferenciadas. No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido (PARAÍBA, 2006).

Na metodologia foram utilizados dados da insolação mensal entre os anos de 1961 a 2014, disponibilizados pelo INMET e pelo CCA/UFCG. Com o objetivo de homogeneizar a densidade espacial das informações disponíveis, foram acrescentadas outras informações de localidades onde se dispunham de dados de insolação, tais como os municípios de Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro, Patos, São Gonçalo, Barra de Santa Rosa, Cajazeiras, Cabaceiras, Belém do Brejo do Cruz, Esperança, Pombal, Mogeiro, Araruna, Picuí e Princesa Isabel (Figura 1).

Figura 1. Distribuição espacial dos postos solarimétricos do Estado da Paraíba.



Fonte: Adaptado de IBGE (2009); INMET (2015); DCA/UFCG (2015).

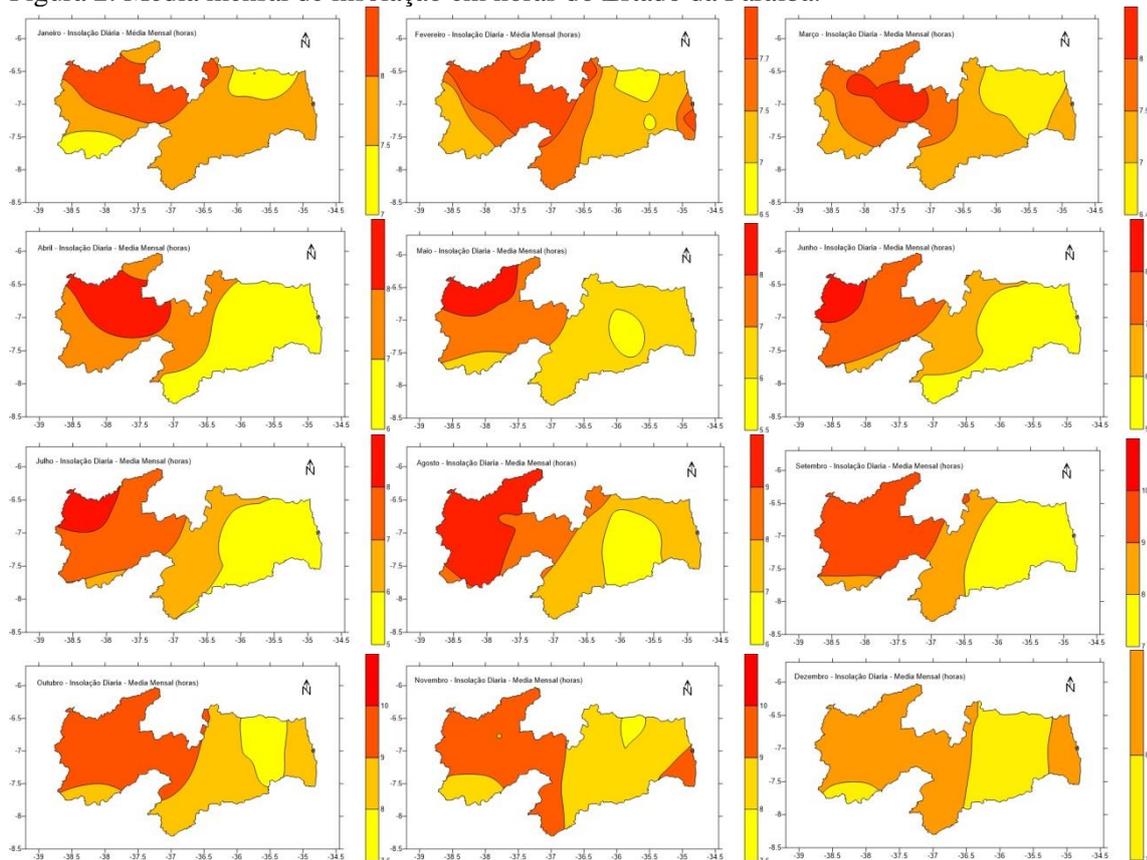
A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série. Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos devido a diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a trinta anos, foi considerado para o período disponível, independente do início.

Os valores da insolação mensais foram inseridos numa planilha eletrônica do Excel onde foram calculadas a média diária, mensal e anual. Utilizando o programa Surfer 9.0, foram gerados através da krigeagem, os mapas com espaçamento entre isolinhas fixado em uma hora/dia e recortados com os limites do Estado de acordo com IBGE (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 observa-se a distribuição espacial mensal da insolação, em horas, do Estado da Paraíba. Os mapas de insolação mensal mostram claramente para cada mês, regiões bem diferenciadas, razoavelmente correlacionadas com as condições pluviométricas de cada região fisiográfica.

Figura 2. Média mensal de insolação em horas do Estado da Paraíba.



No mês de janeiro observa-se que os valores de horas de insolação atingem valor máximo de 8 horas em parte da região do Baixo Sertão e Sertão do Seridó. No mês de fevereiro observa-se que o valor de horas de insolação atinge valores menores em relação a janeiro, com valor máximo de 7 horas e 40 minutos com destaque ao Litoral Sul do Estado. No mês de março observa-se que o valor de horas de insolação atinge valores máximos de 8 horas na região central do Sertão e na região do Brejo Serrano em Serras, Agreste, Brejo e parte do Litoral Norte com valores mínimos em torno de um pouco mais de 6 horas. No mês de abril observa-se que o valor de horas de insolação atinge valores máximos de 8 horas na região central do Sertão, e na região da Borborema e Sertão do Seridó atinge os valores de 7 horas diárias de insolação, e na região do Brejo Serrano e do Litoral apresenta valores mínimos de 6 horas.

No mês de maio observa-se que a quantidade de horas de insolação atinge valores máximos de 8 horas no sentido noroeste da região do Sertão. Nas demais áreas da região do Sertão atingem os valores de 7 horas diárias de insolação, e nas regiões em direção ao Litoral apresenta valores mínimos de 6 horas. Verifica-se uma menor insolação na região dos Brejos atingindo valores mínimos de 5 horas e meia de insolação diária. Nos meses de junho e julho, meses chuvosos no Estado da Paraíba, observa-se que a quantidade de horas de insolação atinge valores máximos de 8 horas no sentido noroeste da região do Sertão, e nas demais áreas da região do Sertão atingem os valores de 7 horas

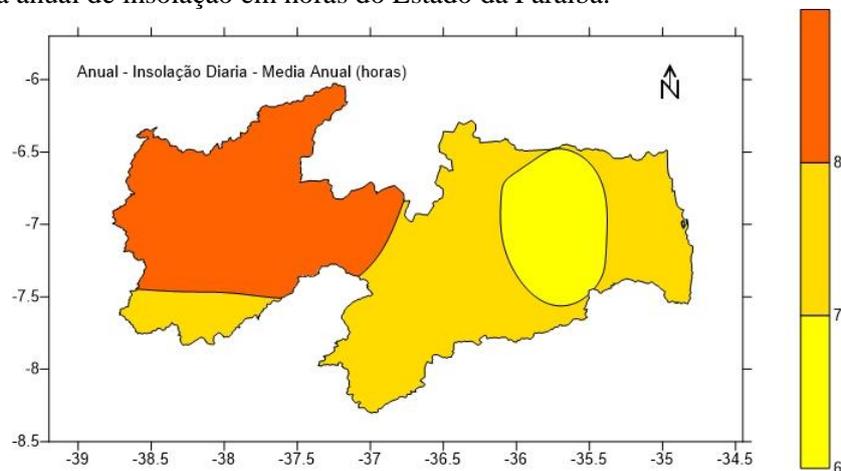
diárias de insolação. Nas regiões da Borborema e parte da região do Sertão do Seridó apresenta valores de 6 horas e atingindo valores mínimos de 5 horas de insolação diária na região do Brejo e no Litoral.

No mapa do mês de agosto as configurações se modificam e observa-se na região do Sertão e parte do Cariri de Princesa que as horas de insolação atingem valores máximos de 9 horas e em parte da região central do Sertão e Sertão do Seridó apresenta valores de 8 horas, na região da Borborema até o Litoral apresenta valores de 7 horas de insolação, na região do Brejo Serrano e do Agreste Acatingado, observam-se valores mínimos de 6 horas. Para o mapa do mês de setembro observa-se, em relação ao mês de agosto, alterações mais significativas na região da Borborema e na região do Litoral. Na região total do Sertão apresenta valores de insolação de 9 horas diárias e em parte da região da Borborema com valores de 8 horas, e para o restante do Estado em direção ao Litoral apresenta valores diários de 7 horas de insolação.

No mapa do mês de outubro observam-se valores máximos de 9 horas em toda as regiões que compõem o Sertão e parte da Borborema, valores de 8 horas na região do Cariri da Paraíba, Curimataú e Serras e na região do Litoral, já para a região da Serra e Agreste Acatingado observam-se valores em torno de 7 horas e meia diárias de insolação. No mês de novembro, observam-se no respectivo mapa que a insolação diária atinge valores máximos de 9 horas na região do Sertão e parte da Borborema, valores de 8 horas na região da Borborema, parte do Brejo e do Agreste Acatingado, somente voltando a aumentar o numero de horas na região do Litoral. Nas regiões dos Brejos Serrano e Curimataú a insolação atinge valores mínimos de 7 horas e meia. No mapa do mês de dezembro observam-se valores máximos de 8 horas diárias de insolação no Sertão e no Litoral e com valores mínimos de 7 horas na região de toda a Borborema, Brejos Serranos e Agreste Acaatingado. Nesse mês a região do Sertão apresenta o início do período de chuvas com uma maior cobertura por nuvens.

No mapa de insolação anual (Figura 3) observam-se valores mínimos de 6 horas diárias na região dos Brejos e Agreste Acaatingado, e valores de insolação de 7 horas na região do Litoral, na Borborema, Cariris de Princesa e parte do Sertão do Seridó. Valores máximos são observados na região do Sertão com valores diários de 8 horas.

Figura 3. Média anual de insolação em horas do Estado da Paraíba.



Os resultados estatísticos e sua variabilidade dos dados de insolação demonstra que o valor mínimo observado foi no mês de junho com 5 horas de insolação e valor máximo de 7,75 no mês de novembro. Os maiores valores de desvio padrão são encontrados nos meses de junho, julho e agosto; meses com maiores índices pluviométricos do setor leste do Estado, na área de estudo onde os resultados da variância também são maiores juntamente com o coeficiente de variação encontrados neste trabalho.

## CONCLUSÃO

A utilização da geoestatística apresentou resultados satisfatórios quanto à estimativa dos dados de insolação obtida pelo método de interpolação de Krigagem estando condizentes com as características climatológicas locais da região e na sua distribuição espacial.

A distribuição espacial dos dados de insolação apresentou grande variabilidade para os meses estudados, com variação de aproximadamente de 2 horas na distribuição anual da temperatura.

O mês de dezembro apresenta os maiores valores de insolação e o mês de junho, apresenta os menores valores.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq/Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

## **REFERÊNCIAS**

- Brandão, W. Utilização de métodos geoestatísticos de krigagem ordinária e krigagem por indicação na interpolação de dados geoquímicos de solos: uma comparação. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, 2001. Anais...Inpe, 2001, p. 387-394.
- Chigueru Tiba et al. Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de dados solarimétricos. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111p.
- DCA. Departamento de Ciências Atmosféricas. Dados de Insolação Global - Media Mensal. Disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/ig.htm>. Acesso em: 2 de outubro de 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12 de março de 2011.
- INMET. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 2 de outubro de 2015.
- Francisco, P.R.M., Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- Jakob, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 13. Ouro Preto, 2002.
- Matheron, G. The theory of regionalized variables and its applications. Paris, Le Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleu, 1971. 211p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- Silva, M. S.; Costa, L. A. De M.; Benincasa, M.; Lucas Jr.; J de. Avaliação das perdas de nitrato em solo irrigado e submetido à diferentes intensidades de radiação solar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.1, p.82-88, 1999.
- Sousa, M. J. A.; Guerra, A.; Lima, F. R.; Silva, E. M.; Rodrigues, R. A.; Assunção, W. L. In: II Simpósio Regional de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, 2003.
- Varejão-Silva M.A.; Braga, C.C.; Aguiar M.J.N.; Nietzsche M.H.; Silva, B.B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande. 1984.