

# COMPARAÇÃO DE ESTIMATIVAS DE RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE BASEADA EM MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO DE DADOS DE SUPERFÍCIE NO ESTADO DO CEARÁ

*Roque M. B. dos Santos<sup>1</sup>, Fernando R. Martins<sup>1</sup>, Enio B. Pereira<sup>1</sup>.*

**RESUMO:** Nesse trabalho, objetivou-se introduzir uma metodologia para tratamento e interpolação de dados de radiação global medidos por Plataformas Coletoras de Dados (PCDs) operadas pela FUNCEME. O tratamento de dados empregado visou eliminar séries de dados incompletas e dados espúrios. Este estudo empregou 16 PCDs no procedimento de interpolação e 4 PCDs de referencia para comparação das estimativas com dados observados. Os resultados demonstraram que o método empregado foi satisfatório, mas, no entanto, observou-se a necessidade de um volume maior de dados para uma representação mais adequada dos dados observados.

**ABSTRACT:** This study aims at developing a methodology for data interpolation and global radiation measured by Data Collectors Platforms (PCDs) operated by FUNCEME. A quality control procedure was applied to eliminate spurious data. This procedure employed 16 PCDs for data interpolation and 4 PCDs for comparison with observed data. The results showed that the method employed was satisfactory, but there is a need for a larger amount of data for better representation of spatial variability of observed data.

## 1. INTRODUÇÃO

A estimativa de radiação solar incidente onde não há estações medidoras equipadas com radiômetros pode ser feita através de métodos de interpolação ou por modelos numéricos baseados em imagens de satélites (MARTINS E PEREIRA, 2011). São reconhecidos os benefícios das pesquisas sobre o potencial regionalizado de radiação solar incidente em superfície (PEREIRA et al., 2006; PEREIRA E COLLE, 1997). Suas aplicações são relevantes em diversas áreas, desde a implementação de sítios geradores de energia elétrica até sua utilização para determinar saldos de evapotranspiração em ciclos hidrológicos. Entretanto, séries temporais com dados dessa variável ainda são escassas no Brasil e metodologias para sanar essa deficiência são necessárias. Nesse sentido, a região nordeste do Brasil assume um papel importante no cenário de avaliações do potencial de radiação solar incidente a superfície devida sua posição geográfica favorável. Diante dessas características, o estado do Ceará foi o local de referencia para este estudo.

---

<sup>1</sup> Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), Avenida dos Astronautas, 1758, 12227-010, São José dos Campos, SP. Fone: (12) 3945-6738 – [roque.brito@cptec.inpe.br](mailto:roque.brito@cptec.inpe.br), [fernado.martins@inpe.br](mailto:fernado.martins@inpe.br), [enio.pereira@inpe.br](mailto:enio.pereira@inpe.br).

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Para a representação da radiação solar incidente em superfície, foram empregados dados medidos em Plataformas Coletoras de Dados (PCDs) operadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). O período analisado corresponde aos meses de março e agosto representando os períodos chuvoso e seco do ano de 2009 respectivamente. Os dados foram tratados de maneira a eliminar possíveis dados espúrios. No tratamento dos dados foi empregado um processo de qualificação como em Martins e Pereira (2011). Esse tratamento é similar ao adotado para estações participantes da BRSN (*Baseline Surface Radiation Network*) (MARTINS & PEREIRA, 2011). Através desse procedimento, foi selecionado um grupo de 20 PCDs a serem utilizadas nesse trabalho sendo que, desse total, 16 foram utilizadas na interpolação e 4 foram selecionadas para comparação representando os dados observados como mostra a Tabela 1. Para validação dos resultados obtidos na etapa de interpolação foram utilizados dados observados nas seguintes PCDs: Acaraú e Tamboril representando o mês de março (período chuvoso) e Amontada e Iguatu representando o mês de agosto (período seco). A disposição espacial de todas as estações é apresentada na Figura 1.

Tabela 1: Representação e coordenadas geográficas das PCDs utilizadas na interpolação.

ID	PCDs	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
1	Acoiara	-6,09	-39,21	317
2	Aracoiaba	-4,44	-38,75	107
3	Aratuba	-4,39	-39,04	830
4	Banabuiú	-5,32	-38,92	100
5	Barroquinha	-2,92	-41,12	94
6	Caucaia	-3,74	-38,68	30
7	Cedro	-6,58	-39,24	280
8	Crateús	-5,28	-40,67	274
9	Granja	-3,16	-40,86	11
10	Icapuí	-4,73	-37,30	5
11	Icó	-6,42	-38,85	153
12	Itapipoca	-3,57	-39,62	109
13	Jericoacoara	-2,79	-40,52	22
14	Meruoca	-3,54	-40,49	670
15	Santa Quitéria	-4,31	-40,17	198
16	São Gonçalo	-3,65	-38,94	16
17	Acaraú*	-2,87	-39,99	13
18	Amontada*	-3,87	-38,42	27
19	Iguatu*	-6,39	-39,27	217
20	Tamboril*	-4,82	-40,35	322

\* Estações usadas para comparação com os dados interpolados.

Diversos são os métodos para obtenção de estimativas de radiação solar a superfície (MARTINS E PEREIRA, 2011; PEREIRA et al., 2006; MARTINS, et al., 2005; CEBALLOS E BOTTINO, 2002). Devido à reduzida quantidade de pontos para interpolação, nesse estudo foi

investigado, além do método de Krigagem, o uso do método de interpolação baseado no Inverso do Quadrado da Distancia (IQD).

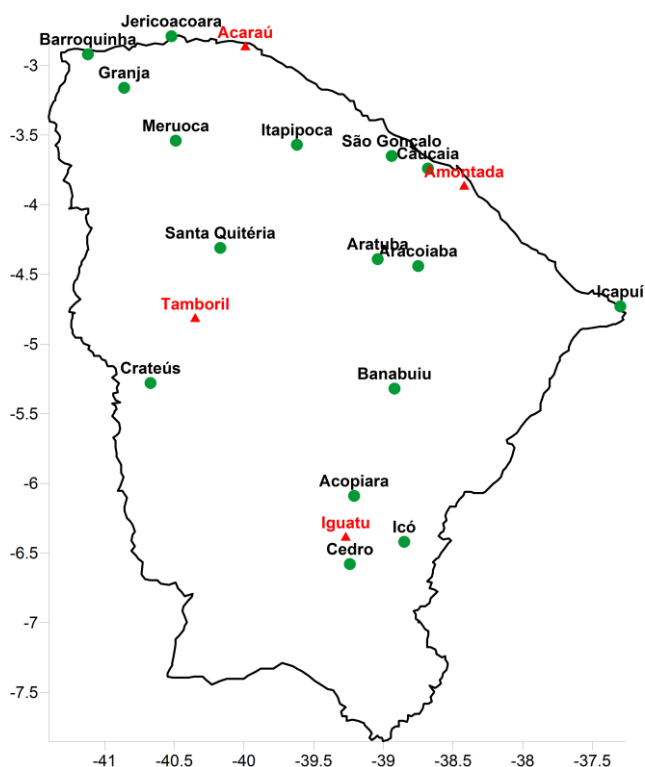


Figura 1: Distribuição geográfica das estações utilizadas. As estações em vermelho representam as PCDs para comparação.

Tabela 2: Comparação dos métodos de interpolação para o mês de março/2009: tipos de Krigagem e IQD.

Métodos de Interpolação		PCDs	Desvio*
Krigagem	Esférica	Acaraú	77,50
		Tamboril	13,23
	Exponencial	Acaraú	45,89
		Tamboril	39,51
	Gaussiana	Acaraú	82,32
		Tamboril	28,79
	Linear	Acaraú	81,30
		Tamboril	50,40
IQD		Acaraú	36,60
		Tamboril	23,78

\* Em relação aos valores observados em março/2009.

O método IQD foi escolhido devido o numero limitado de PCDs fornecedoras de dados para interpolação. Landim (2000) demonstrou que o método de Krigagem se destaca em relação aos demais métodos de interpolação, mas, no entanto esse método é aplicável quando se tem a disposição um número não inferior a 30 pontos para interpolação. A Tabela 2 apresenta uma comparação do desempenho entre diferentes tipos de Krigagem e o método IQD. Foram

averguadas as melhores aproximações comparando os resultados de ambos os métodos com dados observados no período de março/2009 para as PCDs 17 e 20. Esses resultados foram relevantes na decisão pelo método de IQD utilizado.

### 3. RESULTADOS

Como mostra a Figura 1, as estações de referencia encontram-se espacialmente distribuídas em regiões distintas do estado. Dois pontos próximos ao litoral e dois no interior foram utilizados para validação dos resultados. De acordo com as séries temporais da Figura 2, nota-se claramente que a falta de PCDs circundantes aos pontos de referencia, influenciou diretamente nos resultados, como era de se esperar. As estimativas para as PCDs próximas ao litoral apresentaram as maiores discrepâncias em relação aos dados observados enquanto que, as estimativas para as PCDs localizadas no interior apresentaram resultados mais próximos ao observado. As interpolações para as PCDs litorâneas subestimaram os valores observados. Destaca-se a PCD 19 (Iguatu) onde se observou os melhores resultados com o RMSE (%) em torno de 22 %.

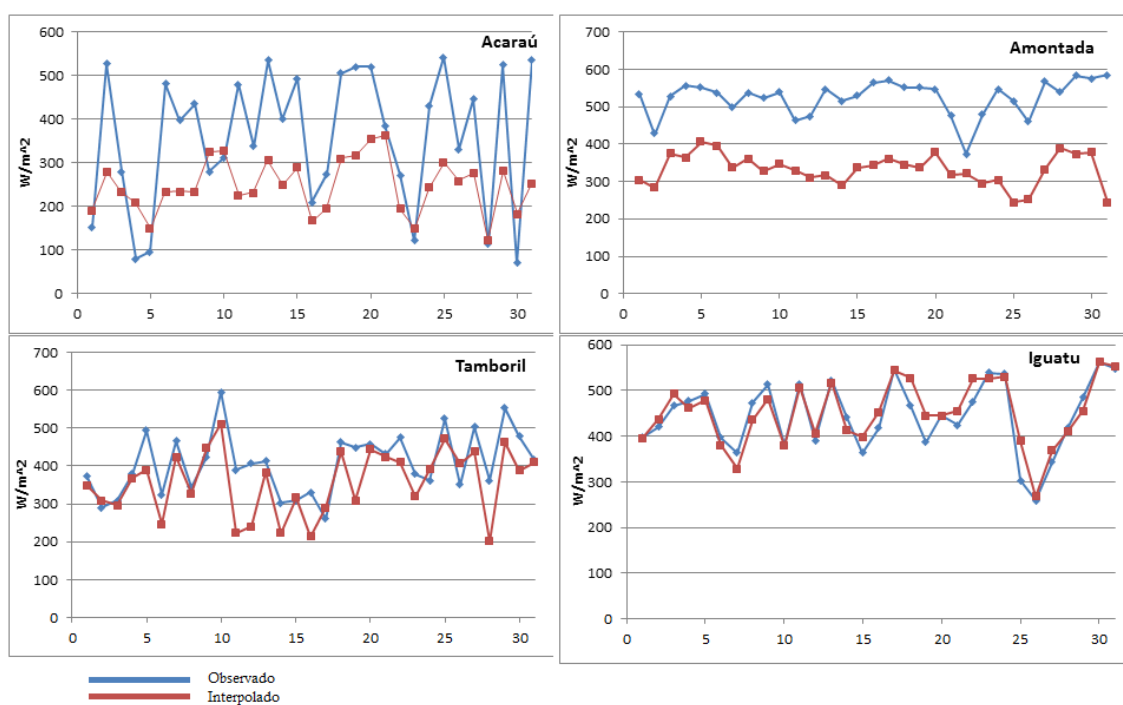


Figura 2: Comparação entre as interpolações e os dados observados. Os gráficos à esquerda (Acaraú e Tamboril) representam os mês de março e os gráficos à direita (Amontada e Iguatu) representam o Mês de agosto.

#### 4. CONCLUSÕES

Como já é evidente e, segundo os resultados obtidos, para uma representação mais aproximada dos dados observados, se faz necessária uma densidade maior de pontos para interpolação. Esse trabalho agrega parte inicial de uma dissertação de mestrado e teve o intuito de introduzir uma metodologia inicial para interpolação de dados a ser aplicada a uma malha de dados mais extensa e sua comparação com estimativas realizadas por modelos numéricos. Os métodos empregados na validação e qualificação dos dados se mostraram satisfatórios devido a razoável aproximação obtida em pelo menos um dos pontos de referencia. Uma continuidade desse trabalho será ampliada para toda região nordeste do Brasil, de modo a obter estimativas de radiação solar incidente em superfície via interpolação e comparando-as com estimativas realizadas pelo modelo de transferência radiativa BRASIL-SR<sup>2</sup> e com dados observados de modo a validar o modelo.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEBALLOS, J. C., BOTTINO, M. J., 2002. **Modelo de estimative de radiação solar por satélite no CPTE: versão GL 1.2.** XII Congresso Brasileiro de Meteorologia. p. 3270-3274, Foz do Iguaçu.

LANDIM, P.M.B., 2000. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas.** DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 02, 20 pp.. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>.

MARTINS, F. R., PEREIRA, E. B., 2011. **Estudo comparativo da confiabilidade de estimativas de irradiação solar para o sudeste brasileiro obtidas a partir de dados de satélite e por interpolação/extrapolação de dados de superfície.** Revista Brasileira de Geofísica. Vol. 29(2), p. 265-276.

MARTINS, F. R., PEREIRA, E. B., ABREU, S. L. E COLLE, S., 2005. “**Mapas de irradiação solar do Brasil- Resultados do Projeto SWERA.**” *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.* p. 3137-3145.

PEREIRA, E.B., COLLE, S., 1997. **A energia que vem do sol.** Ciência Hoje.v.22, n 130, p. 24-35.

PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., ABREU, S. L. de A., e RUTHER, R., 2006. “**Atlas brasileiro de energia solar.**” São José dos Campos: INPE, 60p.

---

<sup>2</sup> Modelo desenvolvido pelo INPE em parceria com o LABSOLAR/UFSC (MARTINS et al., 2004).