



# VISIC

SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA

## NATAL RN | 13 A 16 DE Outubro DE 2015

### VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS: O BRASIL NO SÉCULO XXI

## INTRODUÇÃO

- A Tecnologia e o desenvolvimento da energia solar no Brasil está atrasada em relação a outros países.
- Estudos anteriores apontaram que a energia solar poderia estar em todo território brasileiro.
- Leilões de energia solar estão sendo realizadas, a fim de aumentar a participação e estimular o setor de energia a investir e desenvolver aplicações de energia solar.

Figura 1 - Mapas para média anual de irradiação solar diária no Brasil (à esquerda) e na Europa (à direita) (fonte: adaptado de Pereira et al 2006 e Comissão Europeia, 2012).

➤ Além disso, este é o momento adequado para pesquisar e desenvolver uma metodologia para fornecer previsões de curto prazo da radiação solar, levando em consideração as características do território brasileiro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

- Os dados observacionais utilizado neste estudo são de radiação solar horária que foram adquiridas em 110 estações meteorológicas automáticas administrada pelo INMET.
- Os dados para o período chuvoso e seco, no Nordeste brasileiro, foram adquiridas para o ano de 2009.
- A técnica de análise de cluster foi aplicado a fim de delinear o nordeste em sub-regiões similares para a radiação solar.

- Nuvens altas (clfhi), nuvens médias (clfmi) e nuvens baixas (clflo) do modelo WRF.
- Aplicar regressão linear múltipla com  $k^*$  e a cobertura de nuvens de modelo WRF.
- O modelo de céu claro usado foi proposto por Dumortier (1998).
- Finalmente, uma correção relacionando a cobertura de nuvem do modelo e o modelo de céu claro é usado.

Figura 2. Localização das estações sobre o Nordeste do Brasil.

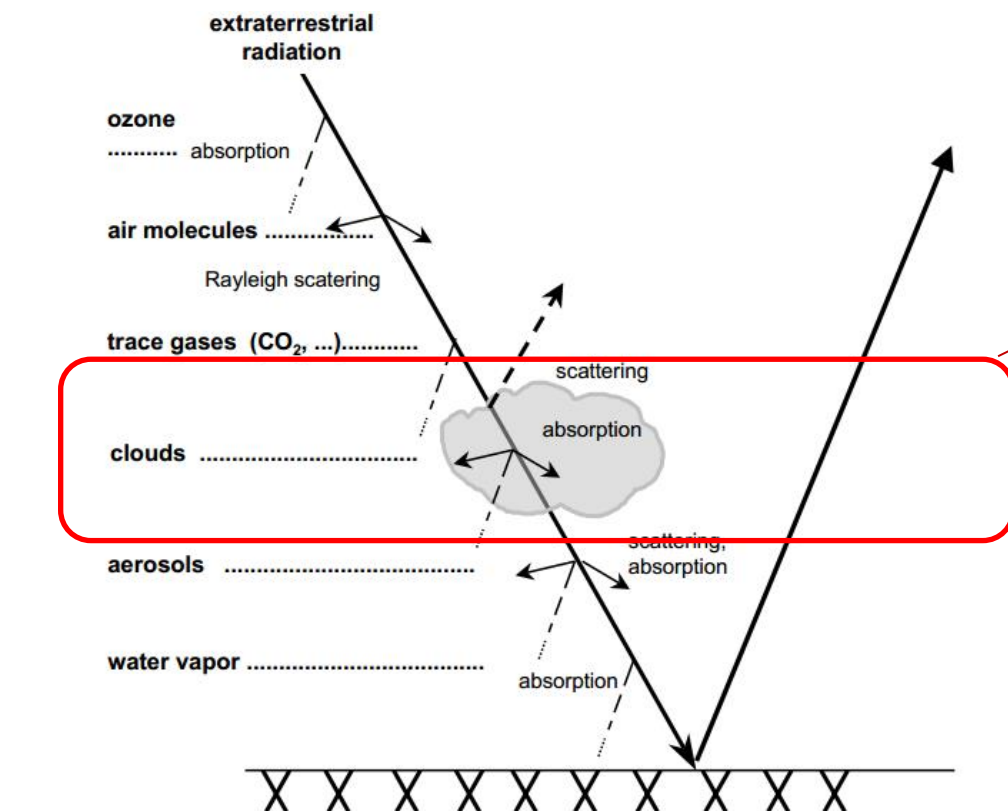


Figura 3. Ilustração do modelo de Céu Claro.

$$Irradiation = (a(clflo) + b(clfmi) + c(clfhi) + d)ClearSky \quad (eq.1)$$

- Abordagem: Redes Neurais MLP, uma camada oculta (Sailor, 1999)
- Entradas: 4 possíveis variáveis do modelo WRF; (*ClearSky*,  $rh2$ ,  $t2$ ,  $u10$ ,  $clflo$ ,  $clfmi$ ,  $clfhi$ ,  $pw$ ,  $dj$  e *hora*)
- Alvo: Radiação solar medida.
- RNA Algoritmo de Treinamento: Levenberg-Marquardt backpropagation
- Amostras de distribuição: 60% treinamento; 40% validação.

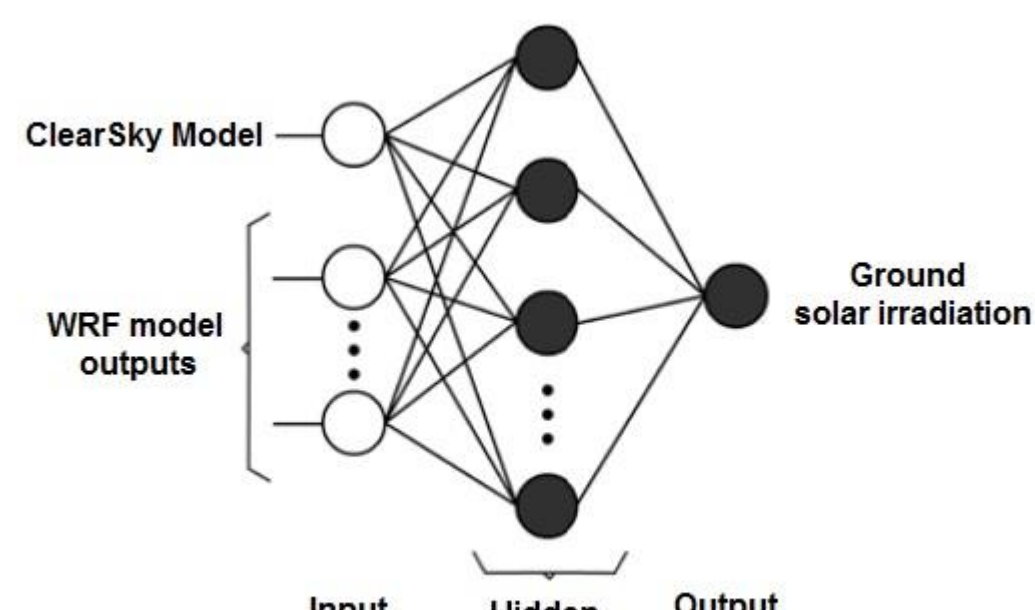


Figura 4. Modelo de Rede Neural Artificial (MLP).

## RESULTADOS: Análise de Cluster e configuração do WRF

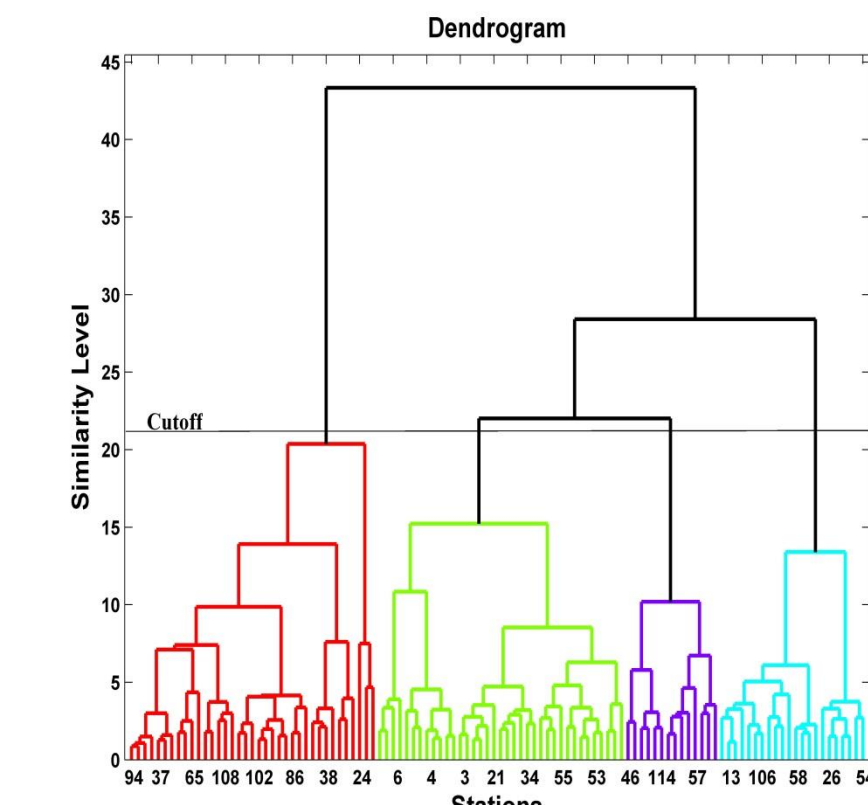


Figura 5 - Dendrograma resultante da análise objetiva das 110 estações meteorológicas, utilizando o método Ward para irradiância solar.

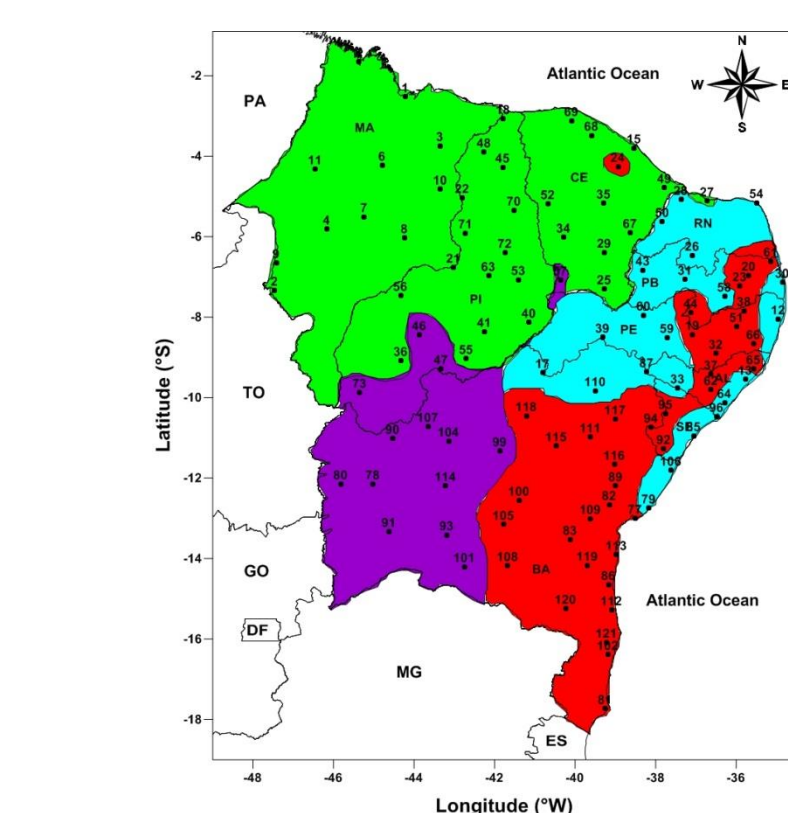


Figura 6 - Localização geográfica das regiões homogêneas. Região 1 (roxo), Região 2 (ciano), Região 3 (vermelha) e Região 4 (verde).

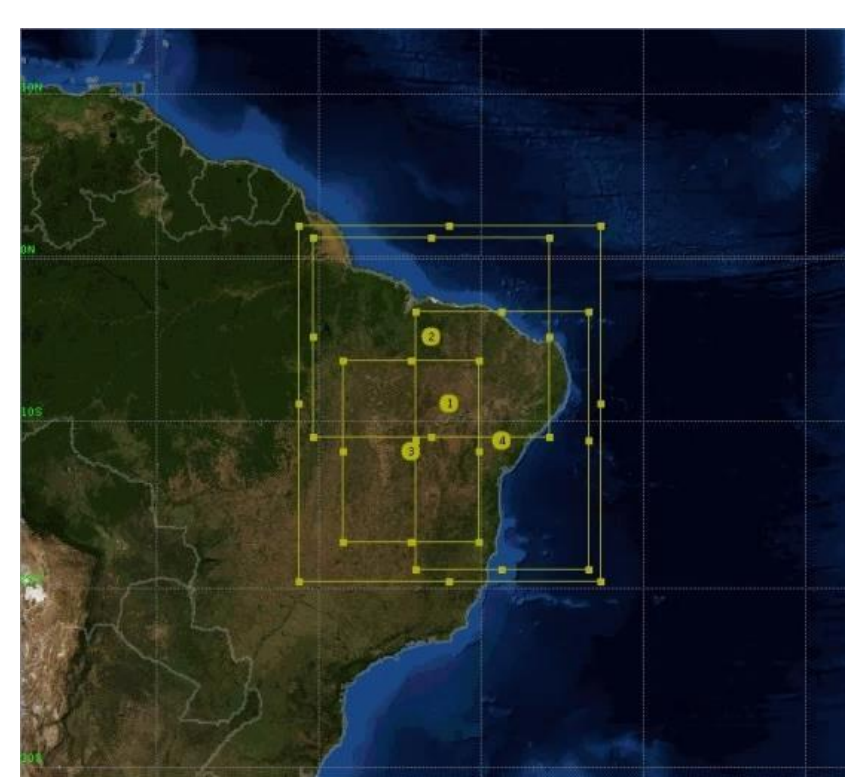


Figura 7 - Configuração das grade utilizadas para a simulações do WRF: Domínio 1, 15km de resolução horizontal e Domínios 2, 3 e 4 com resolução de 5 km.

## AGRADECIMENTOS

Ao INMET pela base de dados observados. Ao LABREN/NPE, ao CNPq e ao Rede Clima pelo suporte financeiro para o desenvolvimento da pesquisa e participação no evento.



# AVALIAÇÃO DA PREVISÃO DE RADIAÇÃO COM BASE EM FERRAMENTAS DE PÓS-PROCESSAMENTO APLICADAS EM SIMULAÇÕES DO MODELO DE MESOESCALA WRF

Francisco J. L. Lima<sup>1</sup>, Rodrigo S. Costa<sup>1</sup>, Fernando R. Martins<sup>2</sup>, Enio B. Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos (Brasil)

<sup>2</sup>UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo, Santos (Brasil)

## RESULTADOS: Treinamento das RLN e RLM

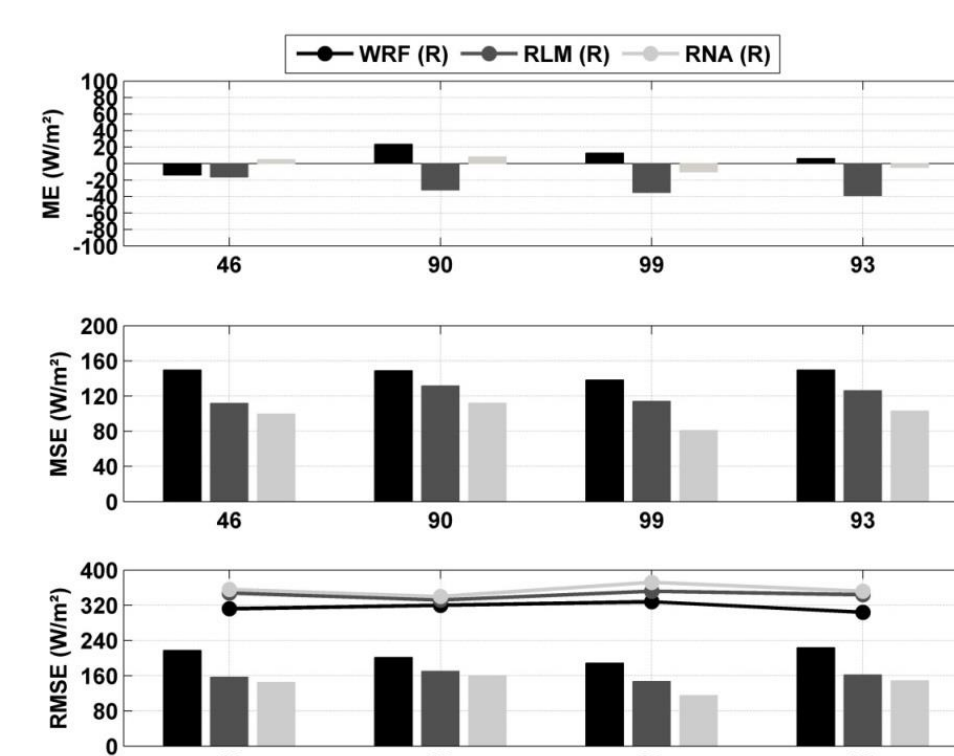


Figura 8 - Comparação entre os dados medidos e os modelos WRF, RLM e RNA (Região 01).

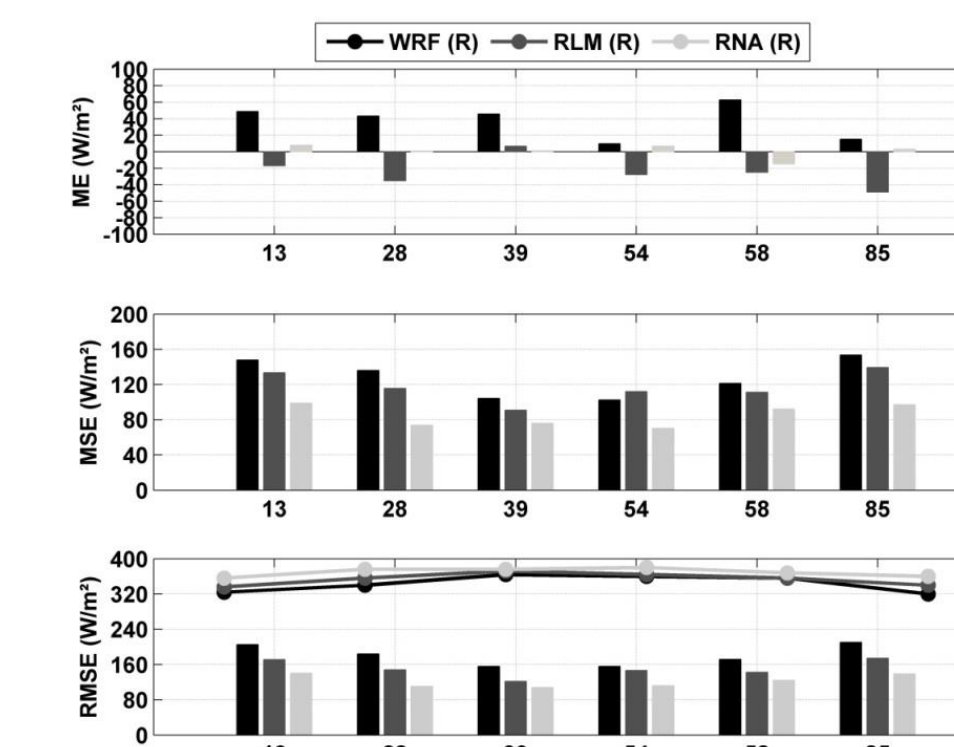


Figura 10 - Comparação entre os dados medidos e os modelos WRF, RLM e RNA (Região 02).

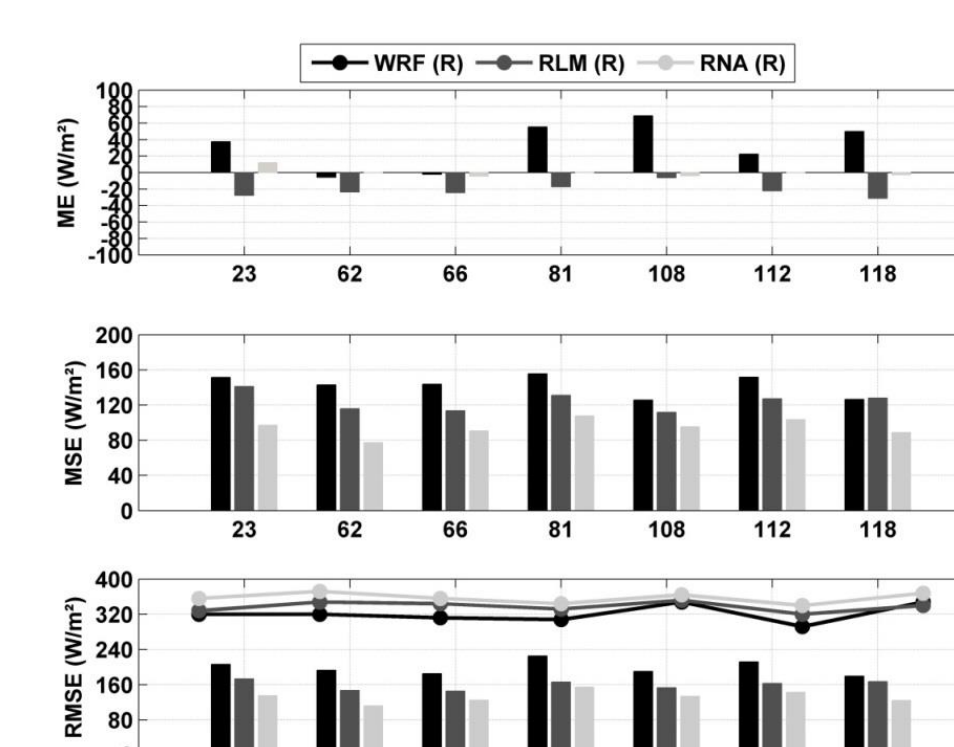


Figura 12 - Comparação entre os dados medidos e os modelos WRF, RLM e RNA (Região 03).

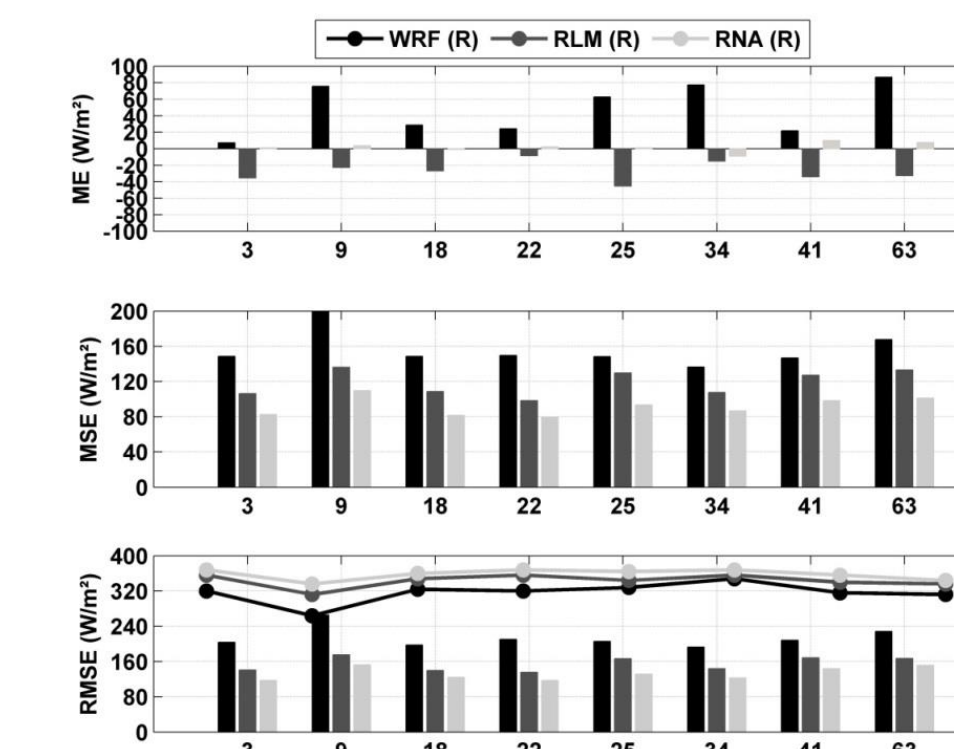


Figura 14 - Comparação entre os dados medidos e os modelos WRF, RLM e RNA (Região 04).

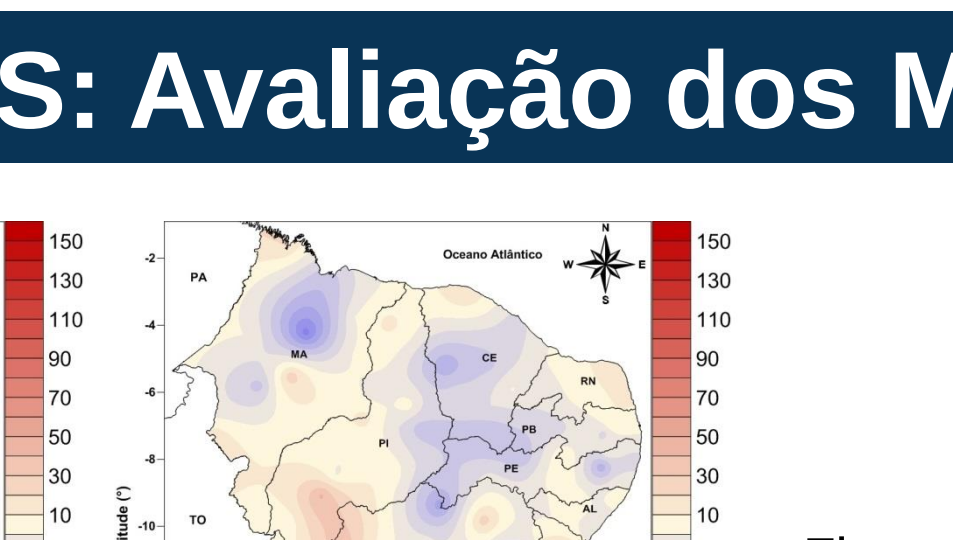
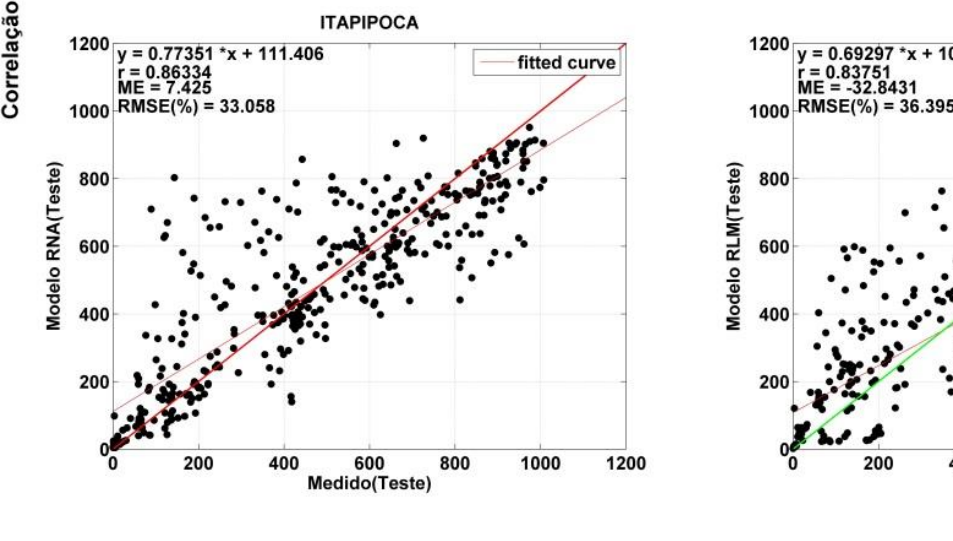
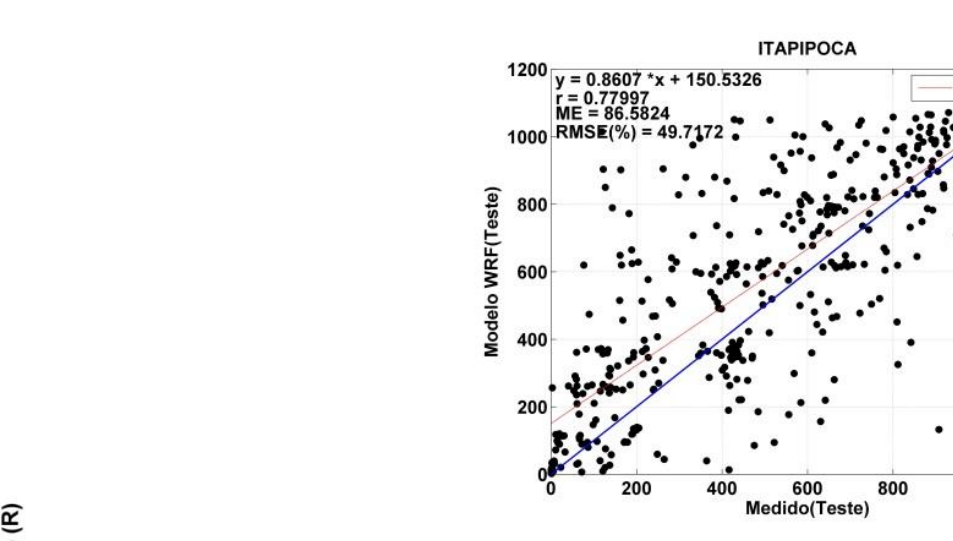
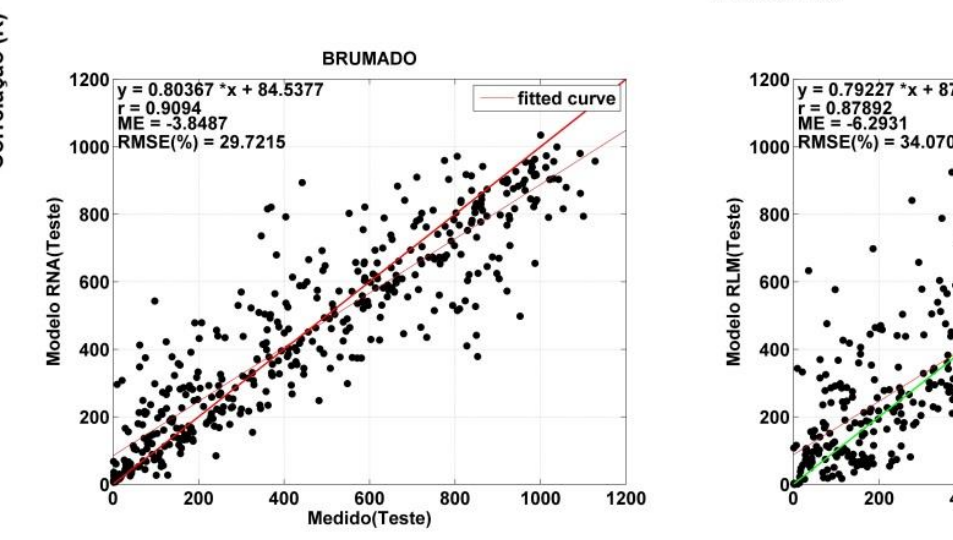
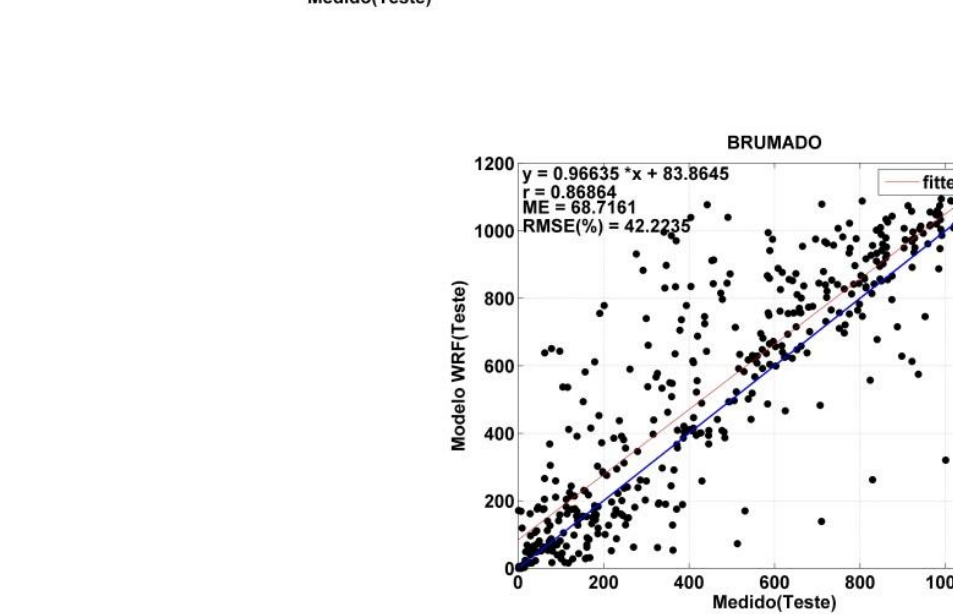
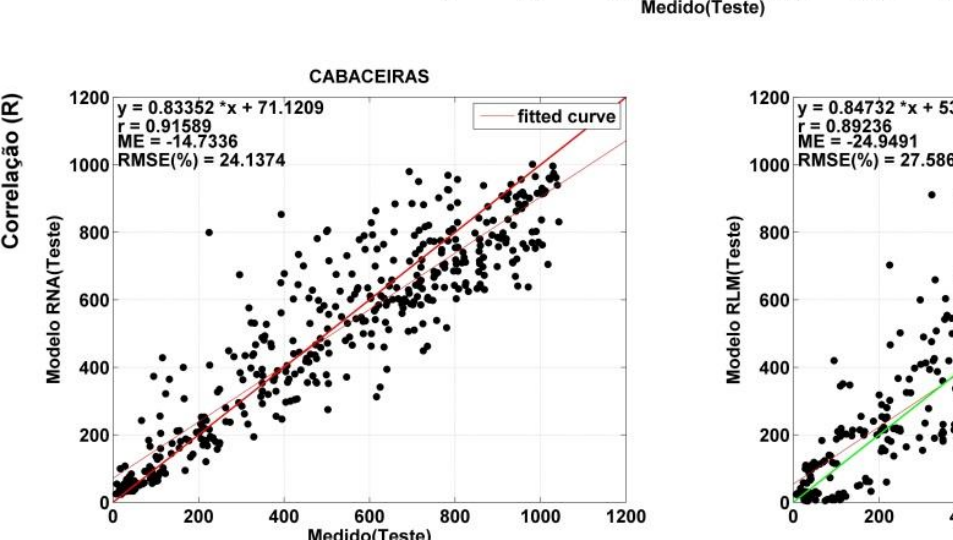
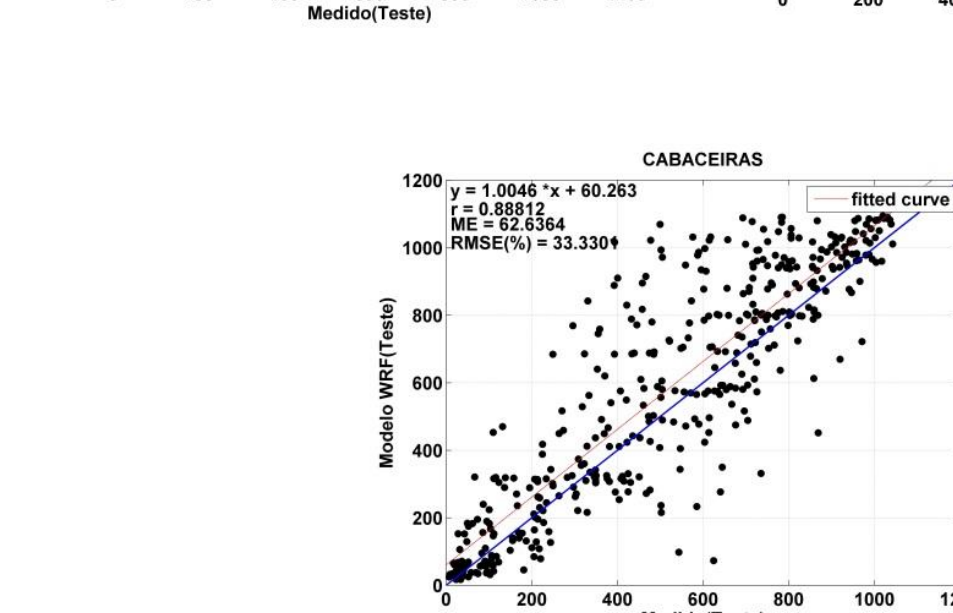
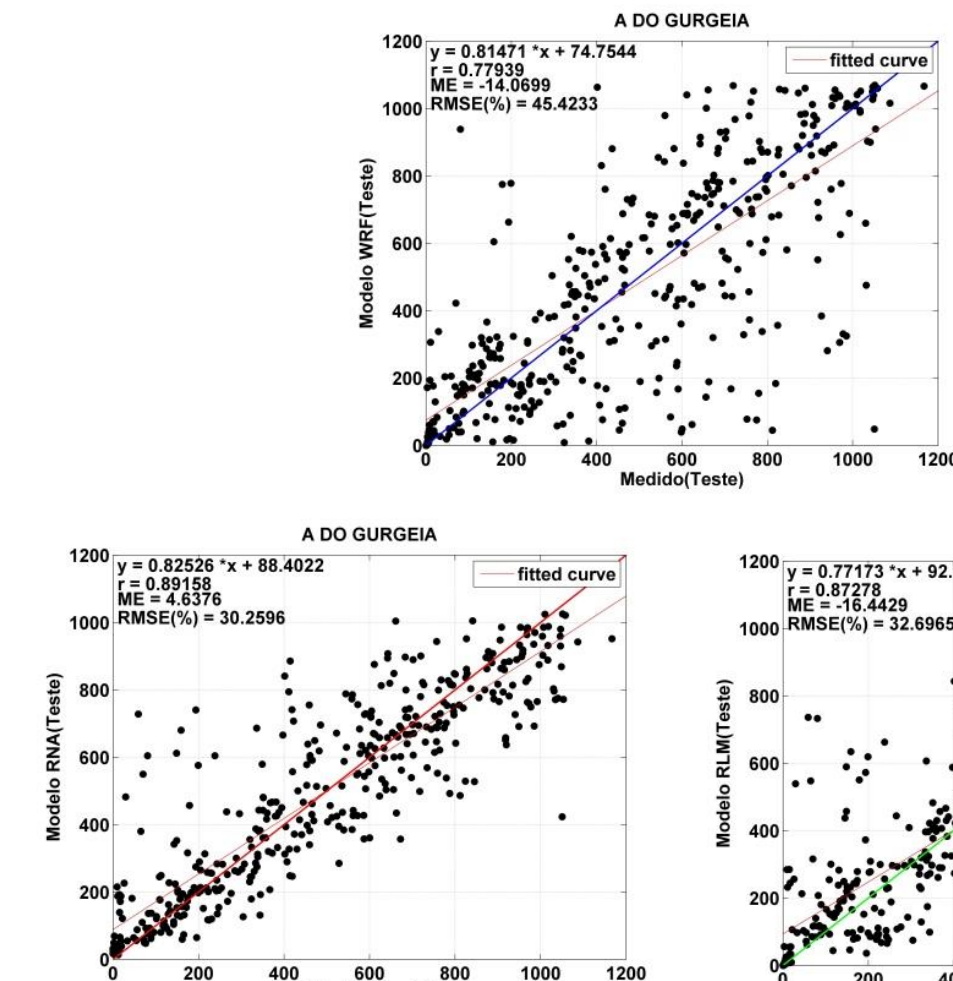


Figura 9 - Dispersão final obtida entre a irradiação solar observado e a modelada pela RLM e RNA para (R1).

Figura 11 - Dispersão final obtida entre a irradiação solar observado e a modelada pela RLM e RNA para (R2).

Figura 13 - Dispersão final obtida entre a irradiação solar observado e a modelada pela RLM e RNA para (R3).

Figura 15 - Dispersão final obtida entre a irradiação solar observado e a modelada pela RLM e RNA para (R4).

## RESULTADOS: Avaliação dos Modelos

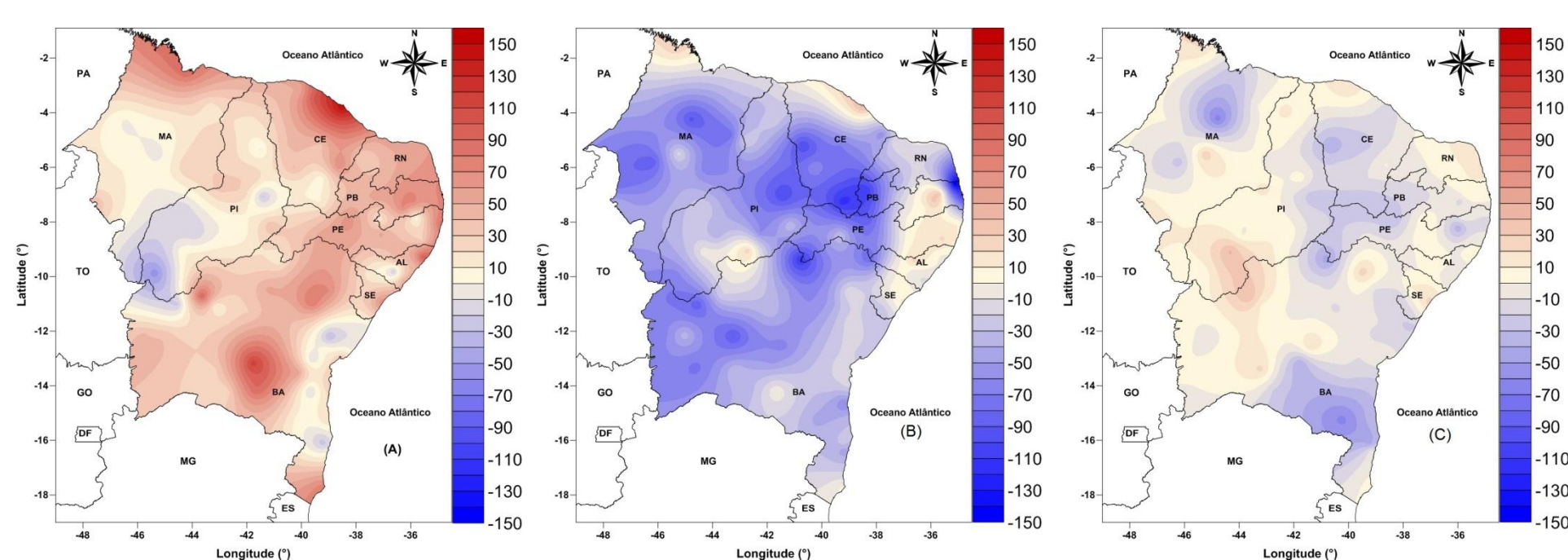


Figura 16 - Mapas de diferenças (em  $W/m^2$ ) para o período chuvoso de 2011. (A) WRF menos dados observacionais; (B) RLM menos dados observacionais e (C) RNA menos dados observacionais.

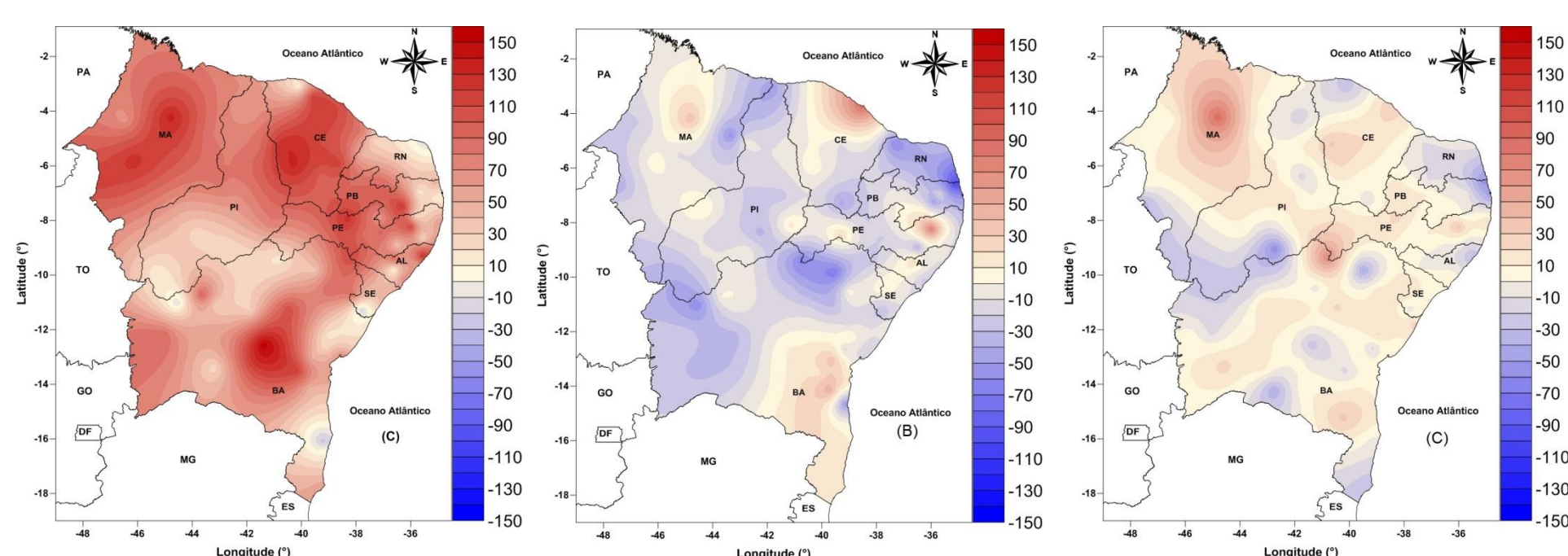


Figura 17 - Mapas de diferenças (em  $W/m^2$ ) para o período seco de 2011. (A) WRF menos dados observacionais; (B) RLM menos dados observacionais e (C) RNA menos dados observacionais.

## CONCLUSÕES

- Pode-se estabelecer uma metodologia eficiente para a previsão e simulação de radiação solar no Nordeste com o WRF acoplado com um refinamento estatística com o uso de redes neurais artificiais (RNA) ou regressão linear múltipla (RLM).
- Foi observada com o uso de RNA e RLM uma diminuição significativa no BIAS e RMSE em quase todas as estações do nordeste do Brasil.
- Há um desempenho melhor da RNA em relação a RLM, mas ambos os métodos foram eficientes na melhoria das previsões do WRF. Em resumo, é possível utilizar o modelo WRF para prever a irradiação solar no Brasil com o uso de um devido refinamento estatística.