

Análise da eficiência da simulação do modelo WRF na cidade de Huambo – Angola.

Lucia Yola Costa Fernando^{1*}
Rosiberto Salustiano da Silva Junior¹
Bruno Rafael Guimarães Jatobá¹
Rodrigo Lins da Rocha Junior¹
Thays Paes de Oliveira¹

¹ Universidade Federal de Alagoas - Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT)
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP
57072-900

yolafernando7@gmail.com
rosibertojr@gmail.com
bruno.jatoba@icat.ufal.br
rrodrigo.junior@hotmail.com
thaysoliveira13@gmail.com

Abstract

The atmosphere is influenced by planetary circulation transporting hot air to colder regions and cold air to hot areas responsible for different climates and with it the rainfall regime. Over day, the surface acts as the heat and humidity source for nearest air boundary because incident radiation in the surface. Geographic characteristics, kind of surface, wind and pressure systems modify the meteorology variables temperature, sun radiation and air humidity. In tropical latitudes have greater amount of incident radiation and change hemisphere influence in the speed wind and precipitation behavior. The tools computation use are essential for realize studies and better analysis in areas with absence data. The atmospheric models are useful for application in situations without the need measurement data. Was used, in the present journal, the WRF model for simulation of meteorology variables. The goal this study is available the efficient of the model for validate the variables precipitation (P), air temperature (T), relative humidity (UR), sun radiation (RG), speed(VV) and direction(DV) winds. Was utilized a statistical analysis to validate the simulation during the period of march/2015 in Huambo city (ANG) and based in the Person Correlation, calculated with observed dates (INAMET) and forecast by WRF model to check of the results. The simulation result foresaw with greater accuracy the relative humidity (0.78) and air temperature (0.57) but difficult in predicting the sun radiation (0.58) and precipitation (0.07).

Keywords: pearson correlation, meteorology variables, atmospheric modelling, correlaco de pearson, variaveis meteorologicas, modelagem atmosferica.

1. Introduco

A atmosfera é compreendida como um “fluido gasoso” influenciada por uma circulao geral planetária que faz com o que o ar mais quente seja transportado para regies mais frias e da mesma forma uma massa de ar frio para localidades mais quentes caracterizando os diferentes tipos de clima, com destaque aos regimes de precipitao em todo o globo (Alves e Repelli, 1992). Estudos observacionais e análises numéricas comprovam que existe uma forte dependência entre a atmosfera e a superfície. Esta interao é realizada trocando calor, umidade e momento linear. Tipicamente, durante o dia, a superfície funciona como fonte de calor e umidade para as camadas de ar mais próximas a superfície (camada limite planetária), devido a radiao incidente na superfície. Em momentos em que a atmosfera se encontra em instabilidade termodinâmica, a formao de elementos convectivos, pode ser propensa a precipitao.

Reboita et.al (2012) afirmam que fatores geográficos (latitude, altitude e distância do oceano), tipos de superfície e sistemas de vento e presso influenciam no tempo e no clima

por diferenciar na quantidade de energia recebida pelo sol variando a distribuição das variáveis temperatura, radiação solar e umidade.

Veiga et.al (2002) ressaltam que na região entre os trópicos são registrados os maiores índices de insolação e com a mudança de hemisférios influenciam no comportamento dos ventos e precipitação de forma distinta. Segundo Molion e Bernardo (2002), a precipitação é a variável meteorológica de maior importância na região tropical e possui uma dificuldade em ser observada de maneira eficaz por continuamente apresentar erros nos registros em instrumentos bem como pela escolha do local de exposição.

O regime pluviométrico é determinado fundamentalmente pelos elementos que caracterizam a circulação geral da atmosfera no continente em particular pela presença de um centro de altas pressões no Atlântico Sul e a ocorrência de um centro de baixas pressões no interior do continente, de cujo posicionamento do primeiro mais para Norte durante o verão resultam o aquecimento das massas de ar, a sua expansão e subida em altura com a consequente precipitação.

A aplicação de ferramentas computacionais frente aos desafios de ter uma melhor análise dos dados observacionais em estações meteorológicas é útil em situações onde há falta de informações e a demanda de tempo e custo elevados. A modelagem atmosférica, nas diferentes áreas da meteorologia, é largamente utilizada em estudos de previsão do tempo e simulação de casos possibilitando a resolução de equações para “descrever os processos fundamentais que ocorrem na atmosfera” (Coelho e Pereira Neto, 2013). Uma das grandes vantagens em utilizar modelos numéricos de previsão do tempo e clima, é ter indicadores sobre a condição do tempo sem a necessidade de medições (dados observados), vale ressaltar que uma vez constatada a eficiência do modelo simular as variáveis meteorológicas (validação da simulação), pode-se utilizar outras saídas do modelo para visualizar um indicativo do padrão, por exemplo, do vento.

O modelo utilizado no presente artigo foi o WRF (*Weather Research and Forecast*) rodado em ambiente Linux, caracterizado como modelo regional ou de área limitada onde necessita das características iniciais e de borda para ser representativo da realidade da atmosfera no domínio e alimentado pelo modelo global por processo de output (Coelho e Pereira Neto, 2013).

O objetivo do presente trabalho é analisar as variáveis, precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar para se averiguar a eficácia dos dados simulados com modelo WRF comparando com os gerados por métodos estatísticos para mês de março de 2015.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

A província do Huambo é limitada pelas províncias angolanas de Kwanza Sul (a norte), Bié (a nordeste), Huíla (a sul) e Benguela (a oeste), e delimitada a $-12,50^{\circ}$ S de latitude e $15,66^{\circ}$ E de longitude cobrindo uma área de 35.736 Km². Fica situada na região do planalto central de Angola (área planáltica acima dos 1500 metros) sendo o Morro do Moco, localizado nesta província no município de Londuimbali, o maior pico montanhoso da região e do país (com mais de dois mil metros de altitude). Na capital uma população estimada em 2.075.713 habitantes com uma densidade de 58 habitantes/ Km².

Localiza-se em zona de climas alternadamente úmidos e secos nas regiões intertropicais, e, devido à altitude, o clima é temperado. Existe pouca variação climática ao longo de toda região. As temperaturas médias anuais estão compreendidas entre os 19° e 24° C, enquanto as

precipitações médias anuais oscilam de 750 mm a 1.500 mm (CESO Development Consultants, 2015). Na região existem duas estações distintas: a época das chuvas, com início em setembro – outubro e terminando em abril – maio, e o período seco (cacimbo), de maio a setembro. O cacimbo é muito rigoroso no planalto central (sobretudo nos meses de junho, julho e agosto); caracteriza-se por uma umidade relativa muito baixa e pela fraca nebulosidade.

As chuvas iniciam-se normalmente em outubro e terminam em abril, sendo os meses de maio e setembro considerados de transição. As chuvas podem ocorrer frequentemente com granizo e no período de junho a agosto há incidência de geada, principalmente nos vales e depressões, onde as temperaturas mínimas absolutas são próximas de 0°C.

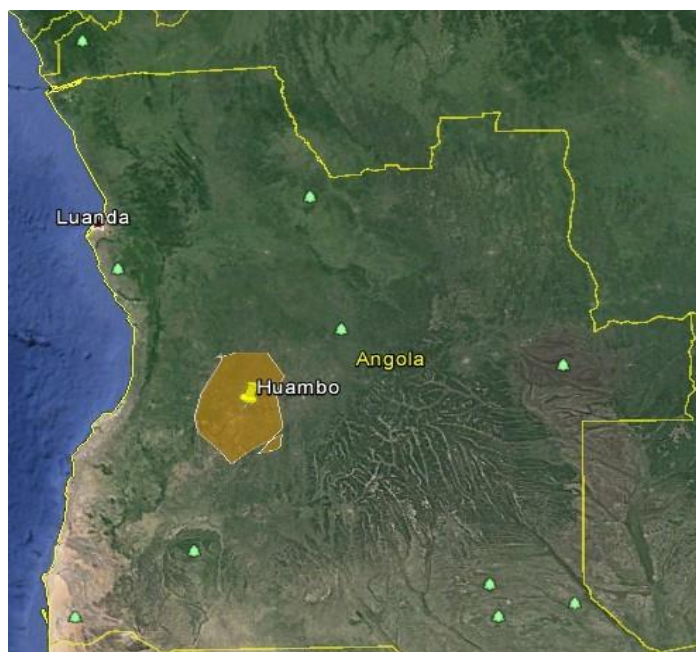


Figura 1: Localização da província de Huambo através do software Google Earth. Fonte: Google Earth, 2016.

2.2. Modelo WRF

O modelo atmosférico de mesoescala *Weather Research and Forecasting* (WRF) versão *Advanced Research WRF* (ARW), resultado de uma parceria conjunta entre uma série de instituições e agências governamentais, entre elas: o Centro Nacional de Pesquisas Atmosféricas (NCAR), a Administração Nacional de Oceanos e Atmosfera (NOAA) e o Centro Nacional de Previsão do Meio Ambiente (NCEP) (Skamarock et al., 2005). É classificado como um modelo euliano não-hidrostático por utilizar um ponto de referência que varia conforme o tempo da simulação (Cuchiara et.al, 2011) onde se obtém as informações sob a forma de pontos de grades e extraídas com o desenvolvimento de scripts em Shell Scripts, GrADS e Fortran (Ramos et.al, 2013).

O modelo apresenta uma diversidade de opções de esquemas dinâmicos e parametrizações físicas, tornando-o adequado para a previsão numérica e simulação de tempo e clima (Skamarock et al., 2008) incluindo a conservação de massa utilizando as mudanças de energia, momentum e umidade do ar (Ramos et.al, 2013).

Primeiramente é realizado um pré-processamento no modelo definindo configurações das informações do domínio interpolando sob a forma de pontos de grades, no processamento é feito a execução (*run*) do modelo e no pós-processamento é transformado as informações da saída do wrf (*wrfout*) de forma a ser visualizado por softwares de visualização (GrADS, NCL,

MATLAB) (Carvalho et.al, 2013). A figura 2, descrever todas as etapas da utilização do modelo.

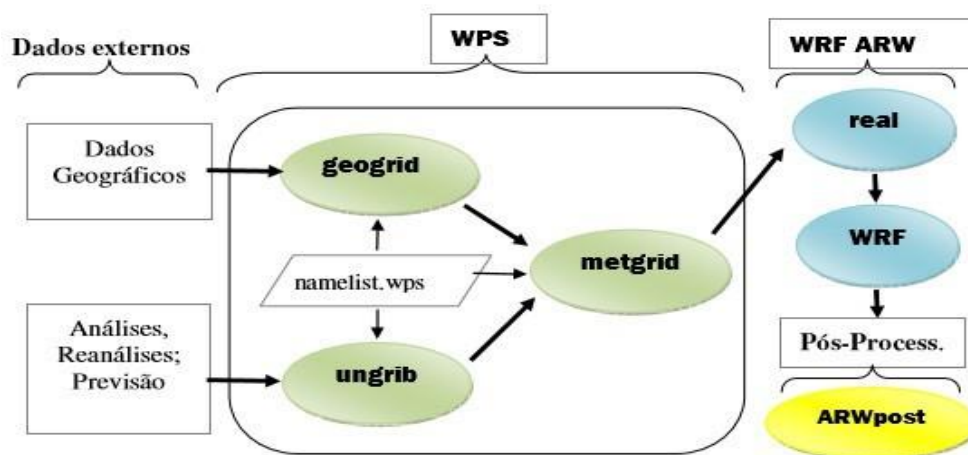


Figura 2: Representação esquemática do sistema de modelagem. Fonte: Carvalho et.al, 2013.

2.3 Metodologia utilizada

De acordo com a metodologia utilizada na presente pesquisa, tomou-se como variável independente (x) os dados do modelo e como variável dependente (y) os dados do INAMET. Para avaliar e determinar a magnitude da correlação entre os dados do WRF e os dados do INAMET, utilizou-se, no quadro 1 abaixo a correlação de Pearson, representada por Cavalcante (2003).

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (\text{Equação 1})$$

O referido autor define cada elemento desta equação como:

r- representa o coeficiente de correlação linear para uma amostra;

n- representa o número de pares de dados presentes;

\sum , denota a adição dos itens indicados;

$\sum x$, denota a soma de todos os valores de x;

$\sum x^2$, indica que devemos elevar ao quadrado cada valor de x, e somar os resultados;

$(\sum x)^2$, indica que devemos somar os valores de x, e elevar o total ao quadrado;

$\sum xy$, indica que devemos multiplicar cada valor de x pelo correspondente valor de y, e somar todos esses produtos.

Tabela 1 - Classificação dos valores das correlações. Fonte: Cavalcante, J. C., 2003

R	r ²	Classificação
0	0	Nula
0,00 ----- 0,30	0,00 ----- 0,09	Fraca
0,30 ----- 0,60	0,09 ----- 0,36	Média
0,60 ----- 0,90	0,36 ----- 0,81	Forte
0,90 ----- 0,99	0,81 ----- 0,99	Fortíssima
1	1	Perfeita

3. Resultados e Discursão

3.1 Velocidade e direção do vento

Com base na figura 3 e 4, o padrão do vento pode ser descrito como sendo de velocidade média do vento de 1,5 m/s e quanto á direção do vento foi predominante em duas direções. Direção do vento em (315°) NO e direção do vento em (90°) E, para a cidade do Huambo/Angola.

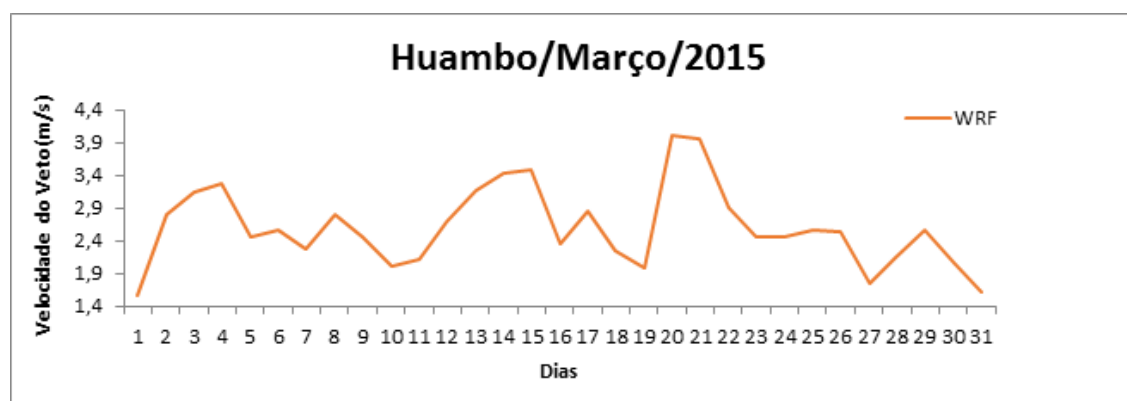


Figura 3: Variação diária da velocidade do vento para o mês de março/2015 previstos no modelo WRF. Fonte: Autor, 2016.

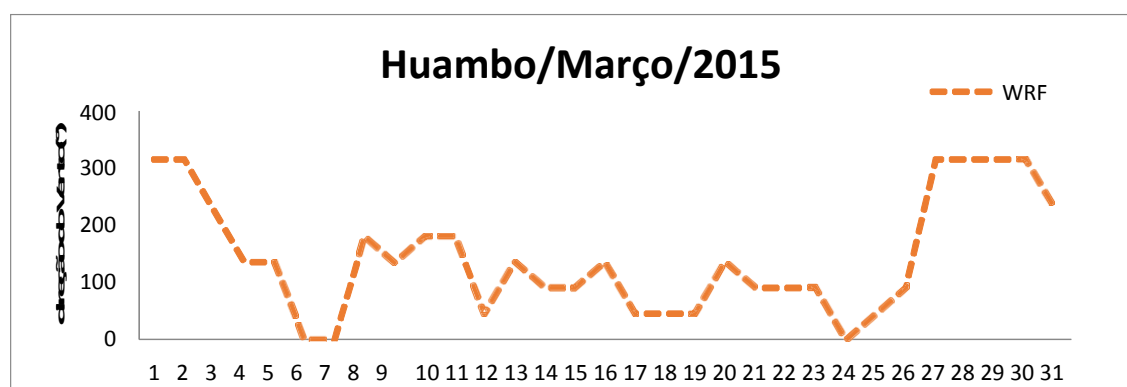


Figura 4: Variação diária da direção do vento para o mês de março/2015 previstos no modelo WRF. Fonte: Autor, 2016.

3.2. Umidade relativa

Houve uma ótima previsão da umidade relativa (Figura 5) tendo coerência no comportamento dos dados do modelo e dos dados observados, tendo resultados satisfatórios com um coeficiente de correlação de Pearson classificado como forte de 0,78 (Tabela 02)

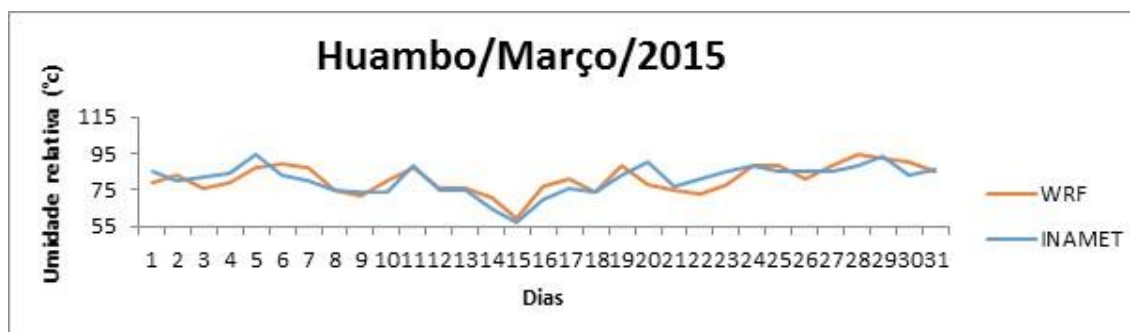


Figura 5: Variação diária da umidade relativa, para o mês de março/2015, observado (INAMET) e previsto (WRF). Fonte: Autor, 2016.

3.3. Temperatura do ar

Observou-se uma mudança marcante nos dias 04-08. Houve grande elevação de temperatura (Figura 6) atingindo o máximo no dia 08 com o valor de 21,3 °C, e houve uma variação na previsão do modelo nos dias 13/03 -18/03. Se compararmos com a figura 04 de umidade relativa, nota-se que são inversamente proporcionais, os mínimos de temperatura coincidem com os máximos de umidade relativa nos dias 05/03, 20/03 e 29/03. A correlação de Pearson foi de 0,57 (Tabela 02) classificada como forte

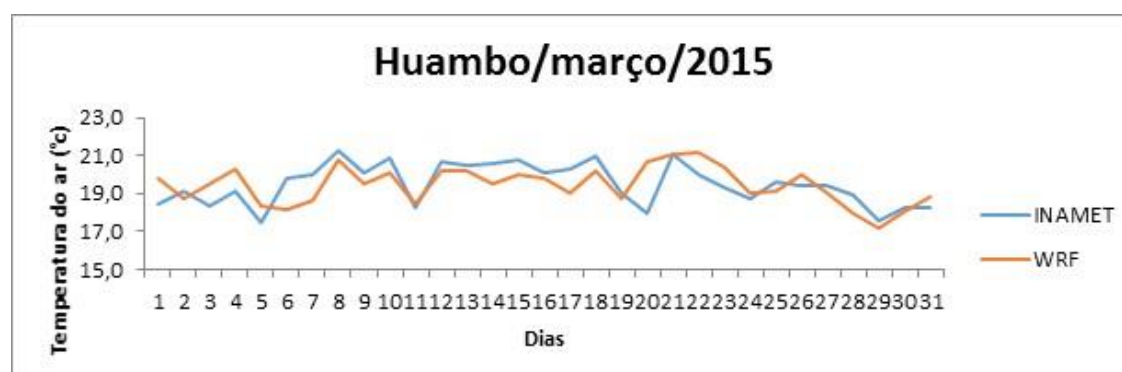


Figura 6: Variação diária da temperatura do ar, para o mês de março/2015, observados (INAMET) e previstos (WRF). Fonte: Autor, 2016.

3.4 Precipitação

Os dias 5,19 e 28 de março foram os dias mais chuvosos do mês (Figura 7). Comparando com o gráfico de umidade relativa, vemos que os dias mais chuvosos coincidem com os períodos em que se obteve um aumento da umidade relativa e deveu-se também a baixa temperatura nestes dias. Houve um problema na simulação não identificado para a variável precipitação em especial o dia 11/03. O coeficiente de Pearson foi de 0,07 classificado como fraca (Tabela 02).

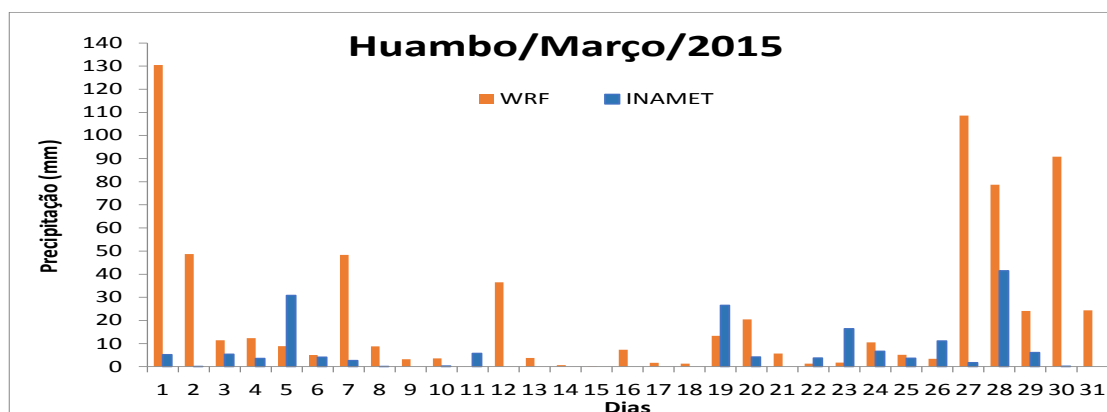


Figura 7: Variação diária da precipitação, para o mês de março/2015, observado (INAMET) e previsto (WRF). Fonte: Autor, 2016.

3.5. Radiação solar

Para a Radiação solar (Figura 8), o modelo apresentou dificuldades em fazer a previsão com grandes variações ao longo do mês, apesar da falta de eficiência em prever a variável, obteve-se um bom resultado de coeficiente de correlação de Pearson de 0,58, classificado como forte.

Comparando os gráficos de radiação e precipitação percebe-se que quanto maior for à precipitação, menor será a radiação solar, devido possivelmente ao aumento de nebulosidade que teoricamente seria responsável pela precipitação impedindo a passagem de maior quantidade de radiação solar. A correlação entre os valores medidos e simulados foi de 0,58 classificado como forte (Tabela 02).

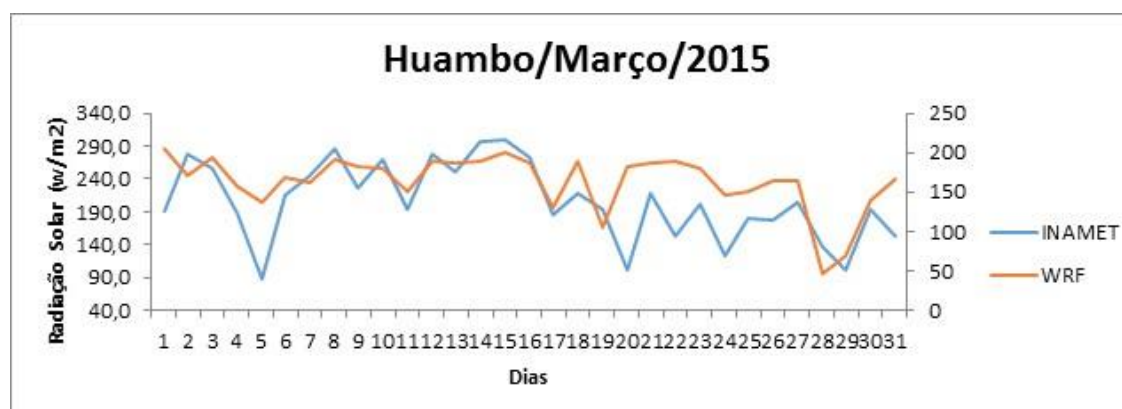


Figura 8: Variação diária da radiação solar, para o mês de março/2015, observados (INAMET) e previstos (WRF). Fonte: Autor, 2016.

Quadro 02-representação de máximas, mínimas, médias, e coeficiente de Pearson das variáveis. Fonte: Autor, 2016

Pontos relevantes dos dados							
Variáveis	Dados observados			Dados Previstos			coeficiente de Pearso
	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	
Precipitação	41,5	0	5,8	130,5	0,0	24,0	0,07
Temperatura	21,3	17,5	19,5	21,2	17,2	19,4	0,57
Umidade Re	94,5	57,1	80,8	94,2	59,2	80,9	0,78
Radiação	298	87,8	205,7	205,8	46,4	163,1	0,58

4. Conclusões

Conclui-se que, o modelo foi bem eficiente na simulação ao prever a variável umidade relativa, com uma correlação forte de valor 0,78. Ambos as seriem temporais (previsto e observado) apresentaram a mesma variabilidade dos dados, atingindo o valor mínimo no dia 15/03/2015 mostrando assim a coerência do modelo. O modelo atmosférico também se mostrou eficiente ao analisar a varia temperatura do ar em que os picos de máxima e mínima coincidiram com resultados observados, conferindo-lhe uma classificação considerada forte em termos de coeficiente de correlação de Pearson.

Já para as variáveis precipitação e radiação solar, a simulação do modelo teve dificuldade em fazer a previsão. Sugerimos para trabalhos futuros um estudo detalhado sobre os motivos que levaram o modelo a ter dificuldade em prever as variáveis precipitação e radiação solar.

5. Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INAMET) de Angola pela concessão dos dados para o presente estudo e a equipe do Laboratorio de Modelagem Atmosferica do Instituto de Ciencias Atmosferica (ICAT/UFAL).

6. Referências Bibliográficas

Alves, J.M.B.; Repelli, C.A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do Nordeste e os eventos El-Niño-Oscilação-Sul (ENOS). Revista Brasileira de Meteorologia, v.7, n.2, 583-592, 1992.

Carvalho, M.A.V.; Abrunhosa, M.L.; Lopes, J.R.O. Manual de instalação, compilação e execução do modelo de mesoescala WRF no ICEA (versão 3.4.1). Instituto de Controle do Espaço Aéreo, 2013

Cuchiara, G.C.; Rodrigues, B.; Carvalho, J.C. Modelagem da poluição fotoquímica na Região Metropolitana de Porto Alegre, IV Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia, 2011.

Coelho, S.A.; Pereira Neto, A.V. Avaliação dos prognósticos de precipitação para os diferentes esquemas de microfísica gerados pelo modelo de mesoescala WRF na região de Brasília -DF. Instituto de Controle do Espaço Aéreo, 2013.

Cavalcante, J. C. **Mortalidade em menores de um ano: utilização de novos indicadores para avaliação.** Dissertação de mestrado em Saúde da criança, Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Tocoginecologia. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.

Estudos de mercado sobre províncias de Angola 2015 -Benguela, Cabinda, Huambo, Huila, Luanda e Namibe. Disponível em: <http://www.ceso.pt/upload/pdf/content_intelligence/WyJnjMLG/CESO_estudos_angola_2015_01.pdf>. Acesso em: 08.jul.2016.

GOOGLE. Google Earth. **Localização da província de Huambo.** Disponível em < download.2014 >. Gerada em 10.Julio.2016

Molion, L.C.B.; Bernardo, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v.17, n.1, 1-10, 2002.

Ramos, D.N.S.; Lyra, R.F.F.; Silva Júnior, R.S. Previsão do vento utilizando o modelo atmosférico WRF para o estado de Alagoas. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.2, 163-172, 2013.

Reboita, M.S.; Krusche, N.; Ambrizzi, T.; Rocha, R.P. Entendendo o tempo e clima na America do Sul. Revista Terra e Didática, v.8, n.1, p. 34-50, 2012. Disponível em: <<https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v8-1/pdf81/s3.pdf>>.

Skamarock, W. C.; Klemp, J.B.; Dudhia, J.; Gill, D.O.; Barker, D.M.; Duda, M.G.; Huang, X.Y.; Wang, W.; Powers, J.G. A description of the Advanced Research WRF version 3. NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR, 2008. Disponível em: <www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/arw_v3.pdf>. Acesso em: 08.jul.2016.

Veiga, J.A.P.; Orsini, J.A.M.; Rao, V.B. A influência das anomalias de TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico sobre as chuvas de monção da America do Sul. Revista Brasileira de Meteorologia, v.17, n.2, 181-194, 2002.