

Prognóstico da velocidade do vento utilizando o modelo WRF na região central de Alagoas

Wind velocity forecast using WRF model on the central region of Alagoas State (Brazil)

Roberto Fernando Fonseca Lyra, Rosiberto Salustiano da Silva Junior, Marcos Antonio Lima Moura e Marney Chaves de Aragão Lisboa Amorim

UFAL, Instituto de Ciências Atmosféricas, Maceió/AL, Brasil

RESUMO

O projeto PVPN (*Previsão do Vento em Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro*) foi elaborado com o objetivo de desenvolver uma metodologia para a previsão de curto e médio prazo da energia do vento em parques eólicos, adequada a região Nordeste brasileira. Neste trabalho são apresentados resultados obtidos em uma campanha intensiva onde, são feitas medidas anemométricas e micrometeorológicas incluindo os fluxos turbulentos. Foram comparadas as estimativas feitas pelo WRF para a velocidade do vento, a velocidade de fricção e os fluxos de calor sensível e de calor latente. Os resultados mostraram que o modelo representou bem os ciclos diários das quatro variáveis com coeficientes de correlação entre 0,79 e 0,94. As estimativas da velocidade do vento foram muito boas com uma diferença de apenas 10,55%. A estimativa das demais variáveis foi de razoável a ruim.

Palavras-Chave: Vento, Energia Eólica, Modelos Atmosféricos.

ABSTRACT

The PVPN project (*Previsão do Vento em Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro* “Wind forecast for wind farms in the Brazilian Northeast”) has been made aiming to developing a methodology for the prediction of short and medium-term wind energy in wind farms, proper Brazilian Northeast. This paper presents results from an intensive campaign, which, wind velocity and micrometeorological measurements including turbulence are made. Estimates made by the WRF model for the wind velocity were compared with friction velocity and the fluxes (sensible heat and latent heat). The results showed that the model represented well the daily cycles of the four variables with correlation coefficients between 0.79 and 0.94. The estimation of the wind velocity were very good with a difference of only 10.55%. The estimate of the remaining variables was bad to reasonable.

Key words: Wind, Wind power, atmospheric models

1. Introdução

O vento figura como um parâmetro meteorológico que exerce grande importância em uma série de atividades humanas, como agricultura, construção civil, transportes (sobretudo aéreo e marítimo), influencia na dispersão de poluentes, etc. Ele é de suma importância na caracterização do clima/microclima de uma determinada localidade (LYRA, 1998).

A energia eólica é outra atividade vinculada diretamente aos ventos que desperta grande interesse, sobretudo pela crescente demanda energética mundial e a busca por fontes de energias renováveis. Jervell (2008) destaca que por ser tecnicamente mais versátil do que outras fontes renováveis de energia, com um caráter limpo, abundante e inesgotável, a energia eólica desponta como uma das mais promissoras formas de energia renovável e com maior margem de progressão. De acordo com Wang, Guo e Huang (2011) sua capacidade instalada cresce mais de 30% a cada ano, e deve representar 12% de toda a energia elétrica produzida até 2020, com cerca de 30GW.

No Brasil o uso da energia eólica vem apresentando crescimento desde 2002, como reflexo de medidas políticas de incentivo a sua exploração (PINTO et al., 2014). No entanto, o setor ainda necessita de investimentos e maiores estudos, tanto para tornar o conhecimento do recurso mais apurado, bem como na melhoria da confiabilidade das estimativas acerca da variabilidade do vento, variabilidade econômica, planejamento e distribuição da planta eólica, etc. (PINTO et al., 2014). Ramos (2012) ressalta a importância do desenvolvimento de pesquisas nacionais para estudos eólicos, gerando mão-de-obra capacitada e avanços tecnológicos do setor no país.

Por estar vinculado a inúmeras atividades de grande importância, a previsão do vento é uma informação essencial em vários setores da sociedade (LYRA, 2008; RAMOS, LYRA e SILVA-JÚNIOR, 2013). A simulação precisa e previsão de vento próximo a superfície vem cada vez mais sendo alvo de interesse de intensiva pesquisa acadêmica e industrial (CARVALHO et al., 2012). O uso de modelos numéricos de mesoescala e globais constituem uma ferramenta poderosa e útil no estudo e simulação do escoamento atmosférico, capaz de representar razoavelmente bem a circulação geral da atmosfera e fenômenos sinóticos, sendo indispensáveis em estudos de previsão de vento, bem como em planejamentos eólicos (MARTINS, GUARNIERI e PEREIRA, 2008; PINTO et al., 2014).

Nas últimas décadas fatores como pesquisas extensivas na área de modelagem atmosférica, uma melhor organização dos bancos de dados observacionais e o aumento da capacidade computacional podem ser citados como contribuintes do sucesso no uso dos modelos de previsão numérica (GONÇALVES, 2011). Fatores como a representação inadequada da superfície, dificuldades na parametrização da camada limite atmosférica e superficial, além do caráter extremamente variável do vento no espaço e tempo dificultam a maior acurácia das previsões (LYRA, 2008; PINTO et al., 2014). Juntamente com os métodos baseados em modelos físicos já citados, existem também outras técnicas que visam o aprimoramento na previsão do vento, como modelos estatísticos baseados em séries meteorológicas, correções estatísticas ou ainda modelos computacionais como as Redes Neurais Artificiais – RNAs (GNANA SHEELA e DEEPA, 2011; GIORGI, FICARELLA e TARANTINO, 2011).

Existem vários modelos físicos regionais usados por centros e laboratórios de pesquisa (Amorim, 2015). Neste trabalho foi adotado o WRF (Weather Research and Forecasting Model) considerado o estado-da-arte de modelos numéricos (SILVA, 2013; CARVALHO et al., 2012). É também de extrema importância a validação destes modelos no processo de verificação dos pontos positivos e negativos associados as modelagens empregadas.

O projeto PVPN (Previsão do Vento em Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro) foi elaborado com o objetivo de desenvolver uma metodologia para a previsão de curto e médio prazo da energia do vento em parques eólicos, adequada a região Nordeste brasileira. Neste trabalho são apresentados resultados obtidos em uma campanha intensiva onde, são feitas medidas anemométricas e micrometeorológicas incluindo os fluxos turbulentos. Foram comparadas as estimativas feitas pelo WRF para a velocidade do vento, a velocidade de fricção e os fluxos de calor sensível e de calor latente.

2. Material e métodos

O sítio experimental foi montado em uma área plana (figura 1) na região semi-árida de Alagoas, no município de Craibas. No local, a vegetação é composta de pequenos fragmentos de caatinga, pastagens e culturas agrícolas temporárias. As culturas mais frequentes são: tabaco, mandioca milho e feijão.

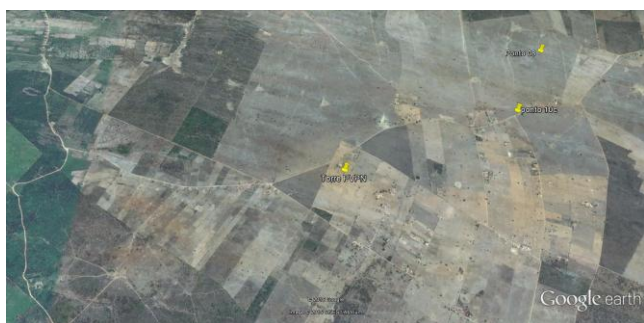


Figura 1 - Imagem de satélite da região onde foi instalado o sítio experimental. FONTE Google Earth

O aparato experimental foi instalado em 3 etapas. Na primeira (novembro de 2013), uma torre anemométrica de 100m equipada com os sensores de velocidade e direção do vento em tres níveis (50, 70 e 100m): anemômetros (A100LK - Vector) e “wind vane” (024A – Met one). Temperatura e umidade em dois níveis (13 e 100m) - termohigrometro (HMP155A – Vaissala). Pressão atmosférica a 13m - (CS106 – Vaissala). Na segunda etapa foram instalos 5 conjuntos anemométricos a 4,0, 9,5, 13,5 e 18,5 metros. Na terceira foi instalado um conjunto para medidas em alta frequencia do vento, temperatura, umidade, fluxos turbulentos (calor sensível, calor latente e quantidade de movimento) e concentração de CO₂ e vapor d’água. O conjunto é composto de um anemómetro sônico (WINDSONIC1-L34 19227-3 Gill 2-D Sonic) e um analisador de gás (EC150-SH-SC-EB-GC 25989-11 CO₂/H₂O Open-Path). Além dos instrumentos de alta frequencia, foram também instalados um saldo radiômetro (NR-LITE2-L50 26628-4 Kipp & Zonen) e um sensor de fluxo de calor no solo (HFP01-L34 21266-19 Hukseflux). O conjunto foi montado em um tripé proximo a torre anemométrico (a barlavento). A instrumentação vem sendo instalada em períodos de cerca de 2 semanas a cada 3 meses.

Todas as medidas e de baixa frequencia foram feitas em uma taxa de amostragem de 15 segundos e estocadas em médias de a cada 10 minutos. As medidas de alta frequencia foram feitas a 20Hz e estocadas em dois arquivos separados, um a 20Hz e outro em médias a cada 10 minutos junto com as médias dos sensores de baixa frequencia da terceira etapa (Saldo de radiação, fluxo de calor no solo, temperatura, umidade e fluxo de calor no solo).

Foram também feitas simulações utilizando o modelo atmosférico de mesoescala Weather Research and Forecasting (WRF) na versão 3.2. As condições de contorno do modelo foram feitas com dados de reanalyse do NCEP, Final Analysis (FNL). Foi configurado com dois domínios, definidos como: Domínio 1 – abrange parte do NEB e Oceano Atlântico, possui resolução espacial de 25 km;

Domínio 2 – Todo o estado de Alagoas, sul de Pernambuco e parte do oceano Atlântico, com resolução de 5 km (Silva Junior et al 2015).

3. Resultados e decisões

Serão discutidos a seguir alguns resultados preliminares no intervalo de 10 dias (22 a 31 de março de 2015). O período foi escolhido por se tratar de uma campanha intensiva onde todo aparato experimental estava funcionando.

O fato de situar o sítio experimental em região homogenea e plana representou um ganho muito grande em termos de performance do modelo. Na figura 2 são mostradas as curvas da velocidade de fricção observada e simulada. Apesar de superestimar o valor de u^* , o WRF reproduz muito bem os ciclos diários. Curiosamente, o período em que se verifica maior discrepância entre as duas séries é pela manhã onde se verifica quase sempre superestimava. Provavelmente foram as condições de estabilidade que provocam o erro (superestimava). A média para os dados observados foi de $0,31 \text{ m.s}^{-1}$ e para o WRF de $0,41 \text{ m.s}^{-1}$.

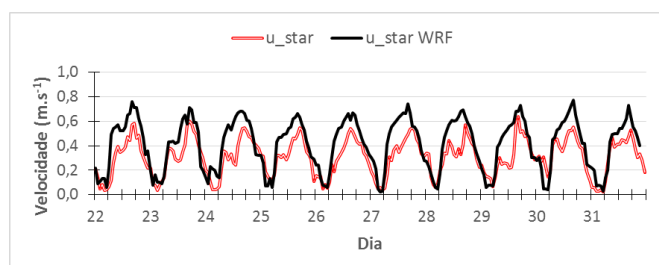


Figura 2- Velocidade de fricção em Craíbas de 22 a 31 de março de 2014.

O WRF também represento muito bem os ciclos diários da velocidade do vento ainda que as tenha superestimado no geral WRF (figura 3). Neste caso as diferenças foram maiores no período entre a metade da noite e o início da manhã. A média foi de $5,72 \text{ m.s}^{-1}$ para o observado e de $6,32 \text{ m.s}^{-1}$ para o simulado, ou seja, houve superestimava de 10,5%. Esta é uma margem de erro pequena uma vez que se trata de um modelo de mesoescala. O coeficiente de correlação foi de 0,86.

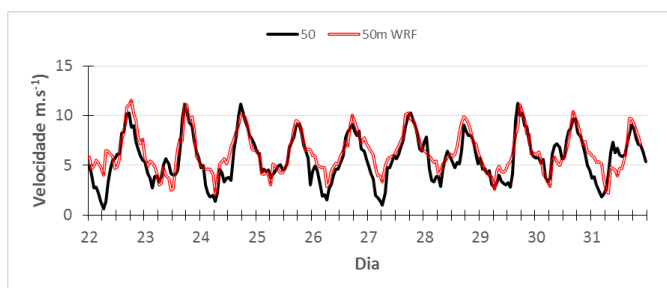


Figura 3- Velocidade do vento, observado e estimado (WRF), em Craíbas de 22 a 31 de março de 2014.

No caso dos principais componentes do balanço de energia os prognósticos do WRF foram menos eficazes.

O fluxo de calor sensível foi subestimado em 86% sendo que a tendência foi de superestimava durante o dia e de subestimativa durante a noite (figura 4). A média observada foi de $69,92 \text{ W.m}^{-2}$ e de $130,0 \text{ W.m}^{-2}$ para o WRF. Apesar de subestimar os fluxos o modelo reproduziu bem a sua evolução temporal tanto que o coeficiente de correlação foi de 0,94.

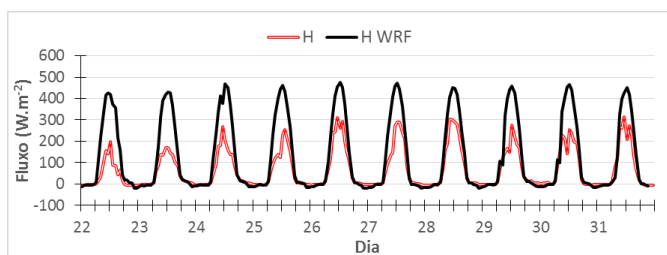


Figura 4 Fluxo de calor sensível, observado e estimado (WRF), em Craíbas de 22 a 31 de março de 2014

No caso do fluxo de calor latente a tendência foi de melhora das estimativas a medida que o os dias

4. Conclusões

O modelo representou bem os ciclos diários das quatro variáveis com coeficientes de correlação entre 0,79 e 0,94. As estimativas da velocidade do vento foram muito boas com erro (superestimava) de apenas 10,55%. Ele superestimou a velocidade de fricção em 33,11%, o fluxo de calor sensível em 84,29% e o fluxo de calor latente em 40,72%.

Não há relação direta entre o os desvios da velocidade com do vento com os desvios das demais variáveis. Os coeficientes de correlação variaram entre -0,41 e 0,35.

foram passando (figura 5). O fato é que os fluxos medidos foram grandes nos primeiros 3 dias e diminuíram com o passar dos dias e as estimativas pouco variaram. A partir do quarto dia a diferença entre o simulado e observado passa a ser razoável. Os valores maiores de LE nos dois primeiros dias coincidem com os menores valores de H (figura 4), no entanto isto não explica o que ocorreu no terceiro dia onde H foi próximo da média e LE superior a mesma.

A média geral foi de $26,92 \text{ W.m}^{-2}$ para o observado e de $15,55 \text{ W.m}^{-2}$ para o simulado, ou seja, o modelo subestimou em 40%. O coeficiente de correlação foi de 0,79.

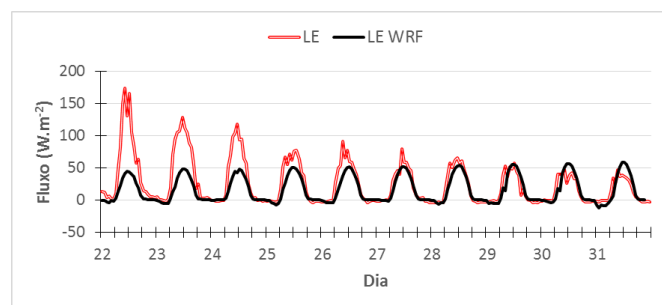


Figura 5 - Fluxo de calor latente, observado e estimado (WRF), em Craíbas de 22 a 31 de março de 2014.

Visando averiguar se o erro na estimativa do vento está ligado ao erro na estimativa de outras variáveis foram calculados os coeficientes de correlação entre os desvios da velocidade e das demais variáveis. Os valores coeficientes de correlação foram muito baixos: -0,21 para o calor latente, -0,41 para o calor sensível e 0,35 para a velocidade de fricção.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao senhor João Bezerra Sampaio por permitir a instalação do sítio experimental na sua propriedade e ao CNPq pelo apoio financeiro concedido.

Referências

AMORIM, M. C. A. L., Desenvolvimento da Camada Limite Atmosférica e o Processo Convectivo em Rondônia – RBLE3. 2011. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió-AL, Brasil.

- CARVALHO, D.; ROCHA, A.; GÓMEZ-GESTEIRA, M.; SANTOS, C. A sensitivity study of the WRF model in wind simulation for an area of high wind energy. *Environmental Modelling & Software*, v. 33, p. 23-34, 2012.
- GIORGI, M. G.; FICARELLA, A.; TARANTINO, M. Assessment of the benefits of numerical weather predictions in wind power forecasting based on statistical methods. *Energy*, 36(7):3968 – 3978, 2011.
- GNANA SHEELA, K.; DEEPA, S. N. An Intelligent Computing Model for Wind Speed Prediction in Renewable Energy Systems. *Procedia Engineering* 30, 380-385. 2011. doi:10.1016/j.proeng.2012.01.875.
- GONÇALVES, R. A. Refinamento estatístico das previsões de vento do modelo ETA aplicado ao setor Eólico-Elétrico no Nordeste Brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, São José dos Campos (SP): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2011. 151 pp.
- LYRA, A. A. Testes de sensibilidade e avaliação das previsões de vento do modelo ETA para Região Nordeste. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, São José dos Campos (SP): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2008. 106 p.
- LYRA, R. F. F. Predominância do vento na região de tabuleiros costeiros próximo a Maceió. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, 1998.
- MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. *Revista Brasileira de Ensino em Física*, v. 1, p. 1-13, 2008. ISSN 1806-1117.
- PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; FISCH, G. F.; LYRA, R. F. F. Confiabilidade nas Estimativas do Regime do Vento Fornecidas Pelo BRAMS no Estado de Alagoas: Influência do Aninhamento e da Resolução Horizontal de Grades. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, n.2, 242 - 258, 2014.
- RAMOS, D. N. S. Mapeamento eólico do Estado de Alagoas utilizando ferramentas computacionais e dados observados. 2012. 130 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió (AL), 2012.
- 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.
- SILVA, A. F. G. Avaliação do Modelo WRF ao Perfil do Vento no Centro de Lançamento de Alcântara. 2013. 76 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013.
- WANG, X.C.; GUO, P.; HUANG, X.B. (2011). A Review of Wind Power Forecasting Models. *Energy Procedia*, 12, 770-778. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2011.10.103>.