

## **Avaliação dos dados de vento gerados no projeto *reanalysis* do NCEP/NCAR para futuras aplicações no cálculo do potencial eólico em regiões do estado do Ceará**

**Cícero Fernandes Almeida  
Vieira**

**Clodoaldo Campos dos  
Santos**

**Francisco José Lopes de  
Lima**

**Rafael Aragão Magalhães**

**Emerson Mariano da Silva**

### **Resumo**

Nesse trabalho avalia-se o possível uso das séries de dados de velocidade e direção do vento geradas no projeto Reanalysis do National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) na quantificação dos recursos eólicos em duas regiões (litorânea, Localizada no Município de Barroquinha, e Continental, Município de Jaguaruana) no Estado do Ceará, a fim de apoiar a instalação de futuros projetos de centrais eólicas na região. A avaliação é feita através do cálculo dos coeficientes de correlação estatística (mensal) entre as séries de dados do vento observados e de Reanalysis. Os dados observados de Barroquinha - CE e de Jaguaruana - CE, a 10 metros de altura em estações meteorológicas de superfície, são da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), respectivamente. Os resultados encontrados para as regiões e seus respectivos períodos estudados levam a conclusão de que as séries de Reanalysis não fornecem confiabilidade para o uso sugerido acima.

*Palavras-chave:* Vento. Recursos eólicos. Reanalysis.

### **Abstract**

In this work we evaluate the use of the time series of wind velocity and direction from the Reanalysis project of the National Centers for Environmental Prediction/National Center Atmospheric Research (NCEP/NCAR) in the quantification of the wind resources in two regions (coastline and continental) in the State of Ceará, Brazil. This study can be useful in the project of wind farms in the region. The evaluation is made through the calculation of the correlation coefficients statistics (monthly) between the measured time series and the Reanalysis data. The measured wind data were obtained at 10 meters high from surface meteorological stations of Ceará State Foundation of Meteorology and Water Resources (FUNCEME) and of National Institute of Meteorology (INMET). We conclude that, for those sites and during the analyzed period of time, the data from Reanalysis is not suitable for wind power estimation.

*Keywords:* Wind. Wind resources. Reanalysis.

## **1 Introdução**

O Estado do Ceará é um dos pioneiros na realização de programas de levantamento do potencial eólico por meio de medidas de ventos em torres anemométricas instaladas em regiões litorâneas do Estado. Desta forma, o conhecimento do comportamento e das características dos ventos promove a compreensão dos principais aspectos científicos necessários a uma adequada modelagem eólica regional (Silva *et al.*, 2004; Silva, 2003), que visa fornecer informações para apoiar a instalação de futuros projetos de centrais eólicas na região.

Apesar da constatação da experiência alcançada ao longo dos anos no campo experimental, tem-se a necessidade do uso de novas metodologias para cumprir a tarefa de conhecimento da climatologia dos ventos da região. Assim, seguindo uma tendência dos estudos publicados por instituições certificadoras da comunidade européia (Pinto et al., 2006), os pesquisadores do laboratório EOLUS (Laboratório de Pesquisas Avançadas em Energia Eólica, parceria entre a Universidade Estadual do Ceará - UECE e a Brasil Energias Solar e Eólica Ltda – BRASELCO), estão lançando mão de investigações científicas que visam formular metodologias de uso dos dados provenientes de modelagem numérica atmosférica, mais especificamente de dados de vento gerados no Projeto Reanalysis do NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research), para a aplicação na quantificação dos recursos eólicos coletados em curto período de medição.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é avaliar a possível aplicação das séries de velocidade e direção do vento gerados no Projeto *Reanalysis*, para a futura quantificação dos recursos eólicos em duas regiões do Estado do Ceará. Essa avaliação será feita através da comparação das duas séries temporais de dados.

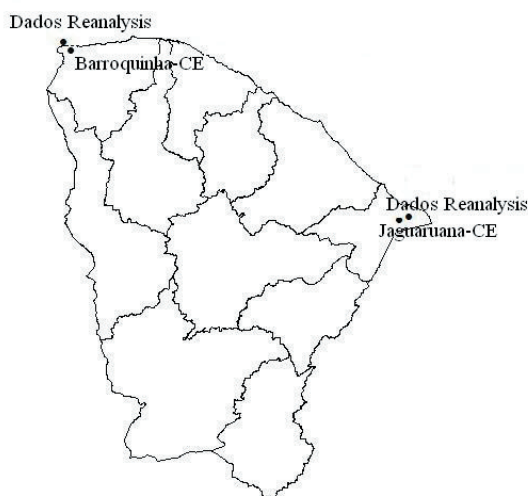
## 2 Materiais e dados utilizados

As séries de velocidade e direção do vento observadas usadas nesse estudo são provenientes das estações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e da rede de Plataforma de Coleta de Dados (PCD's) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). As séries simuladas são do Projeto *Reanalysis* do NCEP/NCAR.

Os dados de vento do INMET são do município de Jaguaruana – CE (Fig. 1), observados a 10 metros de altura, nas estações meteorológicas de superfície, no período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981. Esses foram consistidos e gentilmente cedidos à equipe do EOLUS pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA/UFCG) e estão descritos em Silva *et al.* (2004). Os dados da FUNCEME são do Município de Barroquinha-CE (Figura 01), no período de agosto de 2004 a janeiro de 2006.

Para a geração dos dados de *Reanalysis* são usados campos globais atmosféricos e de fluxos superficiais derivados dos sistemas de previsão numérica e de assimilação de dados do NCEP/NCAR (Kalnay *et al.*, 1996; Kistler *et al.*, 2001). O modelo numérico usado tem truncamento triangular T62, com resolução espacial de aproximadamente 210 km nos trópicos, com 28 níveis verticais, sendo cinco níveis na camada limite e sete acima de 100 hPa. Adicionalmente, o modelo inclui parametrizações de processos físicos, como convecção rasa e profunda, precipitação, radiação (com ciclo diurno) e interação com as nuvens, física da camada limite, hidrologia de superfície (com 12 tipos de vegetações) e processos verticais e horizontais de difusão turbulenta.

Foram calculados coeficientes de correlação (Spiegel, 1985) entre as séries de dados observados e simulados. Ressalta-se que esse índice foi usado em estudos semelhantes de comparação entre dados observados e simulados realizados por Alves *et al.* (2003), e Silva e Castro (2006).



**Figura 01:** Localização aproximada da estação meteorológica de superfície do INMET, Município de Jaguaruana-CE, da plataforma de coleta de dados da FUNCEME, Município de Barroquinha-CE e dos pontos com dados de *Reanalysis*.

### 3 Resultados e discussões

A Figura 02 mostra os valores do coeficiente de correlação médio mensal entre os conjuntos de dados da velocidade e direção do vento observados (INMET) e de *Reanalysis*, para o período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981, Município de Jaguaruana – CE. Verifica-se que os valores do coeficiente para a velocidade do vento variam de 0.42 a 0.68, nos meses de abril e outubro, respectivamente. Em relação à direção do vento, os valores variam de 0.04 a 0.35, em junho e outubro, respectivamente.

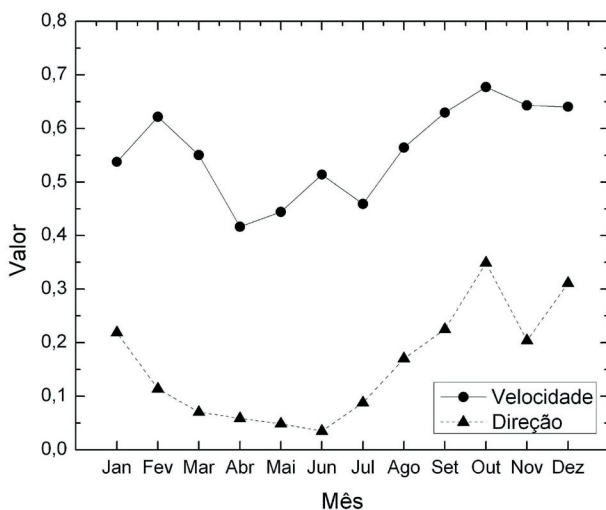
A Tabela 01 mostra os valores do coeficiente de correlação mensal para a velocidade e direção do vento entre os dados observados na estação do INMET (Município de Jaguaruana-CE) e os dados de *Reanalysis* para o período de janeiro de 1977 a dezembro de 1981. Os maiores valores encontrados do coeficiente de correlação mensal foram: 0.78 para o mês de março de 1981, 0.74 para novembro de 1978, 0.72 em outubro de 1977 e outubro de 1979, e 0.68 em setembro de 1980. Porém, é possível encontrar-se baixas correlações mensais entre os dois conjuntos de dados, como por exemplo, para o mês de maio de 1981 (0.03).

**Tabela 01:** Valores do coeficiente de correlação mensal para a velocidade e a direção do vento entre os dados observados (INMET) e os de *Reanalysis* para o município de Jaguaruana - CE.

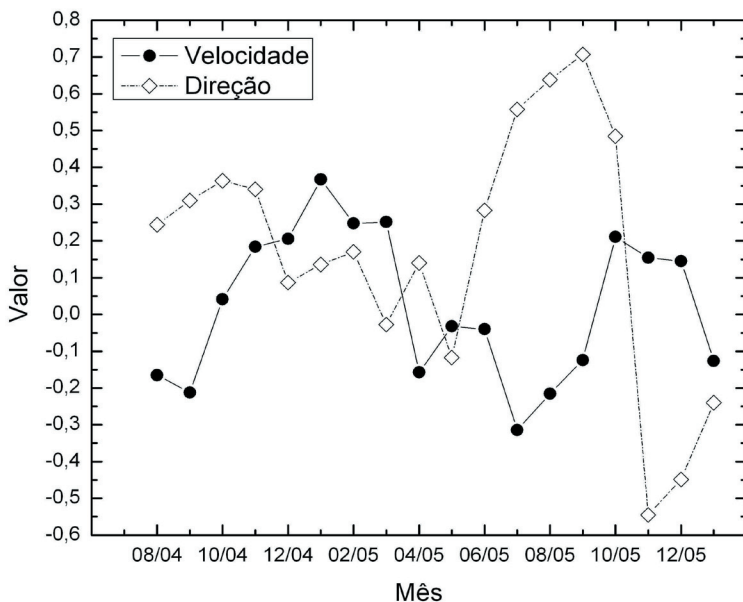
|            | 1977  |        | 1978  |        | 1979  |        | 1980  |        | 1981  |       |
|------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
|            | MOD   | DIR    | MOD   | DIR    | MOD   | DIR    | MOD   | DIR    | MOD   | DIR   |
| <b>Jan</b> | -     | -      | 0,539 | 0,300  | 0,547 | 0,044  | 0,561 | 0,300  | 0,484 | 0,285 |
| <b>Fev</b> | 0,495 | 0,108  | 0,672 | 0,222  | 0,559 | 0,042  | 0,679 | 0,069  | 0,165 | 0,000 |
| <b>Mar</b> | 0,249 | 0,187  | 0,441 | -0,005 | 0,683 | -0,018 | 0,247 | 0,042  | 0,782 | 0,021 |
| <b>Abr</b> | 0,324 | 0,056  | 0,257 | -0,172 | 0,552 | 0,295  | 0,351 | -0,112 | 0,340 | 0,272 |
| <b>Mai</b> | 0,287 | 0,086  | 0,160 | -0,039 | 0,460 | 0,179  | 0,474 | 0,078  | 0,028 | 0,028 |
| <b>Jun</b> | 0,452 | -0,027 | 0,258 | -0,067 | 0,612 | 0,140  | 0,413 | 0,192  | 0,441 | 0,014 |
| <b>Jul</b> | 0,408 | 0,107  | 0,391 | -0,210 | 0,599 | 0,148  | 0,510 | 0,159  | 0,414 | 0,353 |
| <b>Ago</b> | 0,618 | 0,259  | 0,454 | -0,178 | 0,090 | 0,202  | 0,212 | 0,192  | 0,507 | 0,380 |
| <b>Set</b> | 0,654 | 0,382  | 0,657 | -0,113 | 0,696 | 0,144  | 0,684 | 0,435  | 0,511 | 0,320 |
| <b>Out</b> | 0,715 | 0,226  | 0,648 | 0,095  | 0,721 | 0,421  | 0,215 | 0,447  | 0,702 | 0,476 |
| <b>Nov</b> | 0,704 | 0,202  | 0,739 | 0,324  | 0,656 | 0,001  | 0,207 | 0,163  | 0,551 | 0,418 |
| <b>Dez</b> | 0,626 | 0,095  | 0,640 | 0,264  | 0,669 | 0,288  | 0,617 | 0,424  | 0,664 | 0,344 |

Quanto à correlação mensal da direção do vento, para o período estudado, encontra-se na Tabela 01 os maiores valores que são de 0.48, 0.45 e 0.42, para o mês de outubro dos anos de 1981, de 1980, e de 1979, respectivamente. Porém, nesse caso vale ressaltar que se encontram correlações negativas entre os conjuntos de dados, como por exemplo, o período que vai de março a setembro de 1978.

A Figura 03 mostra os valores do coeficiente de correlação mensal entre os dados de velocidade e direção do vento, observados na cidade de Barroquinha - CE (Fonte: FUNCEME), e os obtidos no conjunto de dados de *Reanalysis*, no período de Agosto de 2004 a Janeiro de 2006. Os resultados mostram que para o período em estudo, encontram-se valores para o coeficiente de correlação mensal entre as velocidades do vento que variam de 0.36 no mês de Janeiro de 2005 a -0.31 no mês de julho de 2005, evidenciando correlações negativas no período. Quanto à direção do vento, a melhor correlação dá-se em setembro de 2005 (0.70), com valores negativos que chegam a -0.55 em novembro desse ano.



**Figura 02:** Valores do coeficiente de correlação médio mensal da velocidade e direção do vento entre os dados observados (INMET) e os de *Renalysis* para o município de Jaguaruana – CE, período de 1977 a 1981.



**Figura 03:** Valores do coeficiente de correlação mensal entre os dados de velocidade e direção do vento observado (FUNCEME) e os de *Renalysis* para o município de Barroquinha – CE, período de agosto de 2004 a janeiro de 2006.

#### 4 Conclusões e Recomendações

Os resultados mostram que para a região continental, Município de Jaguaruana – CE, os valores dos coeficientes de correlação médio mensal e mensal encontrados para velocidade e direção do vento, entre as séries de dados estudados, não fornecem segurança para as aplicações sugeridas. Especula-se que esse fato deve-se a topografia utilizada no modelo numérico global usado no Projeto *Reanalysis* do NCEP/NCAR.

Para a região litorânea, Município de Barroquinha – CE, apesar de o período estudado ser diferente, encontram-se resultados semelhantes aos da região continental. Sendo que nessa região, no período em estudo, têm-se correlações negativas, entre as séries de dados, tanto para velocidade, quanto para a direção do vento.

Assim, conclui-se que para as regiões e os períodos investigados, os dados de vento, a 10 metros de altura, gerados no Projeto *Reanalysis* do NCEP/NCAR não fornecem confiabilidade para o uso na quantificação dos recursos eólicos. No entanto recomenda-se para futuros estudos, o uso de modelos de mesoescala, com maior resolução espacial e temporal, e de períodos mais longos de dados.

## 5 Agradecimentos

Ao DCA/UFCG e à FUNCEME por cederem os dados usados neste trabalho. À BRASELCO pelo suporte financeiro e à parceria junto a Universidade Estadual do Ceará.

## Referências

- ALVES, J. M. B. et al. Uma aplicação da técnica de “downscaling” dinâmico no setor norte da região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 20, n. 2, p. 191-206, 2003.
- KALNAY, E. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Boston, v. 77, n. 3, p. 437-471, 1996.
- KISTLER, R. et al. The NCEP–NCAR 50-year reanalysis: monthly means CD-ROM and documentation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Boston, v. 82, n. 2, p. 247-267, 2001.
- PINTO, P. et al. NCEP/NCAR reanalysis data for portuguese mainland. *European wind energy conference & exhibition*. Athens: Greece, 2006. Disponível em: <<http://www.iceo.be/abstracts/dar/infobyday.php?idday=2>>. Acesso em: 15 set. 2006.
- SILVA, B. B. et al. Variabilidade espacial e temporal do potencial eólico da direção predominante do vento no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 19, n. 2, p. 189-202, 2004.
- SILVA, E. M. da; CASTRO, M. A. H. de. Uma análise preliminar da distribuição espacial da climatologia de precipitação pluviométrica simulada em bacias hidrográficas no estado do Ceará - Brasil. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, v. 27, n. 1, p. 7-16, 2006.
- SILVA, G. R. *Características de vento da região Nordeste: análise, modelagem e aplicações para projetos de centrais eólicas*. 2003. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- SPIEGEL, M. R. *Probabilidade e estatística*. 2. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1985. (Coleção Schaum)

## SOBRE OS AUTORES

### Emerson Mariano da Silva

Mestre em Meteorologia, formado pela Universidade Federal da Paraíba, *Campus* de Campina Grande, hoje, Universidade Federal de Campina Grande. Aluno do Curso de Doutorado de Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará e Professor do Curso de Física da Universidade Estadual do Ceará.

### Cícero Fernandes Almeida Vieira

Aluno do Curso de Graduação em Física da Universidade Estadual do Ceará – UECE. Bolsista da BRASELCO.

### Clodoaldo Campos dos Santos

Aluno do Curso de Graduação em Física da Universidade Estadual do Ceará – UECE. Bolsista do Programa IC-UECE.

### Rafael Aragão Magalhães

Aluno do Curso de Graduação em Física da Universidade Estadual do Ceará – UECE. Bolsista da FUNCAP.

### Francisco José Lopes de Lima

Aluno do Curso de Graduação em Física da Universidade Estadual do Ceará – UECE. Bolsista da FUNCAP.