

## Análise dos parâmetros de fluxo de calor superficial utilizados pelo modelo WAsP no levantamento do perfil vertical do vento no litoral norte do Estado do Ceará

Cícero Fernandes Almeida Vieira<sup>1,2</sup>, Emerson Mariano da Silva<sup>3</sup>,  
Francisco Sales Ávila Cavalcante<sup>3</sup>, Gustavo Rodrigues Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Aluno do Curso de Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas – Universidade Estadual do Ceará (UECE), (<http://www.fisica.uece.br/pgfisica/>),*

<sup>2</sup>*Bolsista BRASELCO,*

*e-mail: calmeidavieira@yahoo.com.br*

<sup>3</sup>*EOLUS/Lab. de Pesquisas Avançadas em Energia Eólica/UECE. Fortaleza, CE*

<sup>4</sup>*BRASELCO (Brasil Energia Solar e Eólica Ltda), Fortaleza – CE,*

*Homepage : <http://www.braselco.com.br>*

### Abstract

WAsP™ (Wind Atlas Analysis and Application Program) is a diagnosis numerical model for high resolution wind power estimation from wind measurements with neutral conditions. In this study we analyze the surface heat flux parameters used by WAsP to evaluate wind speed profile in two sites situated in the North coast in the State of Ceara, Northwest of Brazil. We concluded that, for the analyzed time series and for the region we studied, the surface heat parameters extracted from those data suggest that the atmosphere of the region is of the neutral conditions. In addition, the model was able to predict the wind vertical profile for that region.

### 1. Introdução

O Estado do Ceará está inserido na área da contínua circulação atmosférica sub equatorial dos ventos alísios, apresentando se como grande jazida de potencial eólico (Atlas do Potencial Eólico do Estado do Ceará, 2001).

Dessa forma, esse trabalho tem como principal objetivo obter o perfil vertical do vento, com alta resolução espacial, em duas regiões litorâneas do Estado, usando o modelo numérico computacional de diagnóstico WAsP® (*Wind Atlas Analysis and Application Program*), descrito em Troen e Petersen (1989), a partir da análise dos parâmetros de fluxo de calor superficial.

## 2. Metodologia

O WAsP® é um modelo numérico que estima o potencial eólico com alta resolução, recomendado para uso em terrenos com topografia de declives baixos ou suavizados. Os parâmetros de fluxo de calor utilizados no modelo são para uma atmosfera levemente estável. Em adição, o modelo resolve os fluxos de vento dentro da camada limite atmosférica assumindo um perfil logarítmico do vento, a partir do vento observado, e a lei do arraste geostrófico.

Usaram-se séries horárias de velocidades e direção do vento, observados a 10 metros de altura no período de setembro de 2004 a agosto de 2005, obtidas da rede Plataforma de Coleta de Dados (PCD's) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), nos municípios de Acaraú – CE e Barroquinha – CE (Figura 1).

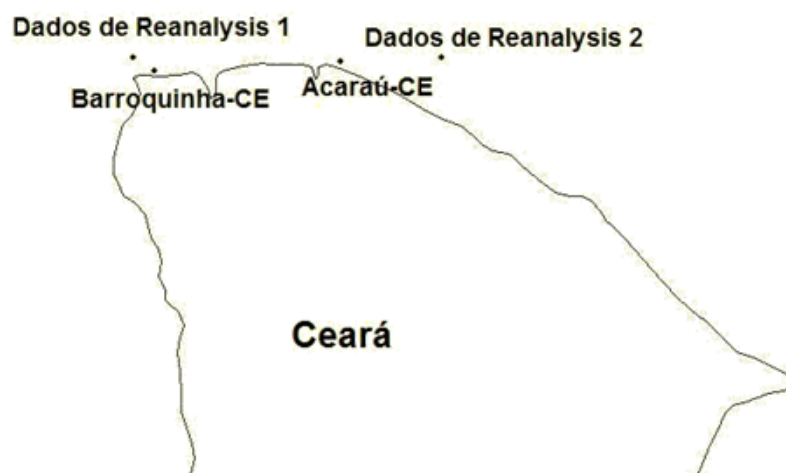


Figura 1. Localização aproximada das PCD's da FUNCEME, Municípios Acaraú – CE e Barroquinha – CE, e dos pontos com dados de *Reanalysis*.

Para a obtenção do fluxo de calor superficial nas regiões em estudo (Figura 1), utilizaram-se os dados do Projeto *Reanalysis* do *National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (Kalnay et al., 1996). Na construção dos mapas das linhas de contorno utilizados no modelo de fluxo do WAsP® usou-se o conjunto de

dados de topografia do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), descrito em Rodríguez et al. (2005), e para a vegetação utilizou-se um comprimento de rugosidade ( $z_0$ ) 0,03 m, coberta por solo areno argiloso, característico de falésias.

### 3. Resultados e discussão

Os valores encontrados para o fluxo de calor superficial, variam de  $1,24 \text{ Wm}^{-2}$  (setembro/04) a  $10,76 \text{ Wm}^{-2}$  (junho/05) para Acaraú – CE e de  $8,99 \text{ Wm}^{-2}$  (setembro/04) a  $11,73 \text{ Wm}^{-2}$  (maio/05) para Barroquinha – CE, com valores médios (período de setembro de 2004 a agosto de 2005) de  $3,87 \text{ Wm}^{-2}$  e  $1,46 \text{ Wm}^{-2}$ , respectivamente. Dessa forma, os resultados mostram que o fluxo de calor superficial encontrado para as duas regiões apresenta uma atmosfera com comportamento neutro, concordando com os valores de classes de fluxo de calor apresentados na literatura (Giebel e Gryning, 2004).

A Figura 2 mostra os valores médios do perfil vertical da velocidade do vento, obtidos usando o WAsP®, para diferentes classes de rugosidade  $z_0$ , no período de setembro de 2004 a agosto de 2005, nos municípios de Acaraú – CE e Barroquinha – CE, utilizando-se valores padrões para o fluxo de calor superficial e a média obtida para o período.

Em geral, nas duas situações em estudo, observa-se que, quanto maior o valor do comprimento de rugosidade, menor é o valor da velocidade do vento encontrada. Em adição, para o município de Acaraú – CE tem-se maiores desvios do valor da velocidade encontrada no caso da atmosfera neutra em relação a estável, que os obtidos para o município de Barroquinha – CE. Ressaltando-se que estes desvios variam entre aproximadamente 0% e 15% em alturas menores ou iguais a 100 m.

### 4. Conclusões

Os resultados apresentados nesse trabalho são um primeiro passo para o entendimento da representatividade dos parâmetros utilizados pelo modelo WAsP® na obtenção dos perfis verticais do vento. A partir desses resultados obtidos em dois sítios do litoral Norte do Estado do Ceará, pode-se identificar o erro observado no perfil médio vertical do vento causado pela variação nos valores do fluxo de calor superficial, e se o valor da rugosidade superficial utilizada realmente é representativa para o período em estudo.

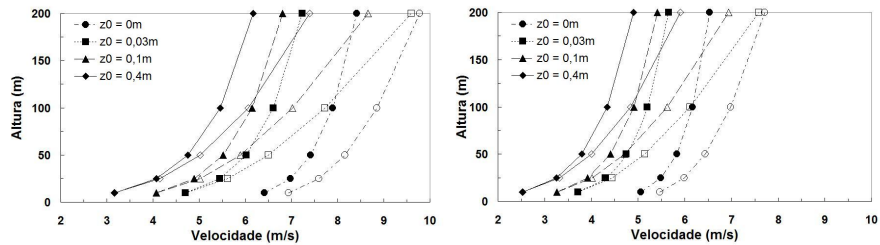


Figura 2. Valores da velocidade média do vento a partir dos dados de velocidade da PCD de Acaraú CE (a) e Barroquinha CE (b) para diferentes tipos de rugosidades, assumindo o fluxo de calor superficial padrão do WAsP (série com símbolos sem preenchimento) e a média obtida para o período em estudo (série com símbolos preenchido), respectivamente.

## 5. Referências

- Atlas do Potencial Eólico do Estado do Ceará, Governo do Estado do Ceará – Secretaria da Infraestrutura. CD ROM, 2001.
- GIEBEL, G.; GRYNING, S.-E. Shear and stability in high met masts, and how WAsP treats it. In: EWEA special topic conference “The science of making torque from wind”, Delft (NL), 2004.
- KALNAY, E., et al. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, v.77, p. 437-471, 1996.
- RODRÍGUEZ, E. et al. **An assessment of the SRTM topographic products**, JPL Pub. D31639, 143 p. 2005.
- TROEN, I.; PETERSEN, E. L. *European Wind Atlas*. Risø National Laboratory, 1989.