

MAPEAMENTO EÓLICO PARA O NORDESTE

Sin Chan Chou, Arthur Chaves Paiva Neto, Diego José Chagas, André A. Lyra, Enio B. Pereira

RESUMO

Este trabalho mostra o mapeamento eólico para o Nordeste a partir de simulações do Modelo Eta em 10 km de resolução horizontal. A média anual e sazonal são apresentadas para os ventos a 50m e o fator de forma, k, da distribuição de Weibull. As regiões de ventos anuais mais intensos e de maiores k se encontram na divisa entre Piauí e Ceará, na divisa entre Piauí e Pernambuco, em várias áreas na Chapada Diamantina na Bahia, litoral e faixa em pontos altos da Serra da Borborema no Rio Grande do Norte e Pernambuco, litoral e algumas regiões altas no Ceará. Comparação com outro mapeamento, mostra concordância entre as áreas.

ABSTRACT

This works shows a wind map for Northeast of Brazil derived from Eta Model simulations at 10 km horizontal resolution. The annual and seasonal means of 50-m winds and the k-shape factor of a Weibull distribution are shown. The regions of most intense winds and largest k-shape factor are located along the border between Piauí and Ceara states, along the borders between Piauí and Pernambuco states, various areas in the Diamantina Plateau, along the coastline and elevated areas of the Borborema mounts in the Rio Grande do Norte and Pernambuco states, and elevated areas and coastline of Ceara state. Comparison against another wind map shows agreement in these major areas.

Palavras-Chave: Mapeamento eólico, Modelo Eta, ventos a 50m.

1. INTRODUÇÃO

Entre os mecanismos de desenvolvimento limpo, o emprego dos recursos de energia renováveis figura entre os mais importantes. O Brasil tem em sua matriz de consumo de energia primária uma grande componente renovável, cerca de 45%. Essa componente é ainda maior (cerca de 81%) quando se trata da matriz de produção de eletricidade, graças ao uso majoritário da hidroeletricidade nesse país. Contudo, economias em desenvolvimento, como o Brasil, a Índia e a China, deverão ter um taxa de crescimento no consumo de energia superior a dos países desenvolvidos na próxima década, o que forçosamente implicará na prospecção de fontes adicionais de energia. Nesse contexto, a energia eólica apresenta-se com uma das opções viáveis financeiramente e tecnologicamente.

O mapeamento do regime dos ventos torna-se necessário para a identificação de possíveis locais viáveis para investimentos em novos projetos de exploração de energia eólica. Entretanto, os dados existentes ainda são muito escassos no Brasil. Muitas vezes os dados não são medidos na frequência adequada para o estudo. Por possuírem

representação matemática dos processos atmosféricos, os modelos atmosféricos em alta resolução têm sido empregados para a produção do mapeamento eólico de uma região. No Brasil, são disponíveis alguns mapeamentos eólicos, por exemplo, o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Amarantes et al., 2001) foi produzido utilizando o modelo Mesomap, que emprega uma metodologia comercial fechada, contratada no exterior. O presente trabalho descreve o resultado de um mapeamento eólico feito para o Nordeste do Brasil utilizando o Modelo Eta, com o objetivo de estabelecer a competência nacional para esse fim. Espera-se que com o emprego de uma ferramenta e metodologia alternativa, os mapeamentos existentes possam ser comparados e, assim, contribuir para aumentar o grau de confiança na prospecção eólica no Brasil através de levantamentos realizados por modelos.

2. METODOLOGIA

O mapeamento eólico foi produzido a partir de simulações utilizando o Modelo Eta. (Mesinger et al., 1988; Black, 1994). Este é um modelo em ponto de grade que possui complexa representação dos processos dinâmicos e físicos atmosféricos. As trocas turbulentas na vertical são resolvidas pelo esquema de Mellor-Yamada (1982) no nível de fechamento 2.5, onde a energia cinética é prevista. As trocas de energia à superfície se baseiam na teoria de similaridade de Monin-Obukhov e utilizam as funções de estabilidade de Paulson. O tratamento da radiação de onda longa se baseia no esquema de Lacis e Hansen (1974) e a radiação de onda curta se baseia no esquema de Fels e Schwarzkopf (1975). As distribuições de dióxido de carbono, ozônio e do albedo iniciais são retiradas da climatologia. A água no solo segue o esquema de Chen et al. (1997). A umidade do solo inicial é climatológica. O modelo possui 4 camadas no solo e um mapa com 12 tipos de cobertura vegetal. A produção de chuva convectiva se baseia no esquema do tipo ajuste de Betts-Miller-Janjic (Janjic, 1994), neste esquema o perfil termodinamicamente instável é ajustado em direção a um perfil de referência. A chuva e as nuvens estratiformes do modelo são representadas pelo esquema de microfísica de nuvens (Ferrier, 2002) que trata de diferentes tipos de hidrometeoros. O modelo Eta foi configurado na resolução de 10 km e 38 camadas na vertical sobre a região Nordeste do país. As condições iniciais são provenientes dos dados de reanálises do NCEP/NCAR. As reanálises também são utilizadas nas bordas laterais do modelo. Estes dados estão na resolução de $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ latitude-longitude e 17 níveis na vertical. Valores de vento a 50 m e 100 m foram extraídos da integração do modelo. Dessa forma o perfil de vento corresponde à estabilidade atmosférica simulada. A topografia e

vegetação do modelo foram geradas a partir de um conjunto original de dados de topografia e vegetação de 1 km de resolução. Foram geradas simulações de 36 h do modelo Eta-10km. O mapeamento foi construído a partir de ciclos diurnos das últimas 24 h de simulação para o período de 2 anos, 2004 e 2005, o mesmo período de medição do projeto SONDA. A topografia gerada pelo modelo está mostrada na Figura 1.

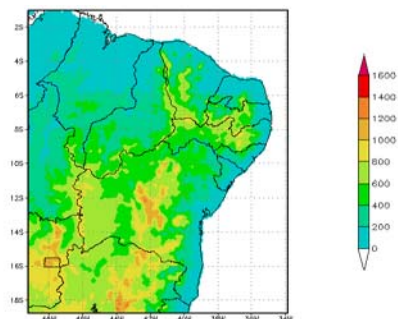


Figura 1 – Orografia do Modelo Eta-10km para o Nordeste Brasileiro (m).

O fator de forma da distribuição de Weibull, k , que caracteriza o regime dos ventos, será calculado para produzir o mapeamento dos ventos. O parâmetro de escala da distribuição de Weibull não será apresentado aqui, pois se aproxima do valor do vento médio, que estará sendo mostrado.

3. MAPEAMENTO

Anual

A Fig. 2 mostra a velocidade média anual do vento a 50 m de altura simulada pelo modelo Eta. Em geral, as maiores velocidades de ventos se localizam próximas de regiões de serras. As regiões que se destacam por apresentar ventos acima de 7 m/s se encontram próximas: à divisa entre Piauí e Ceará, a divisa entre Piauí e Pernambuco, em várias áreas na Chapada Diamantina na Bahia, litoral e faixa em pontos altos da Serra da Borborema no Rio Grande do Norte e Pernambuco, litoral e algumas regiões altas no Ceará.

No Nordeste do Brasil, predominam os ventos alísios em baixos níveis. Estes ventos são intensos e persistentes. O fator de forma da distribuição de Weibull, k , indica a maior frequência do vento, portanto, a combinação do vento forte com fator de forma alto indica a condição mais adequada de ventos intensos e persistentes. Nota-se que regiões de k alto correspondem às regiões de valor alto do vento anual médio .

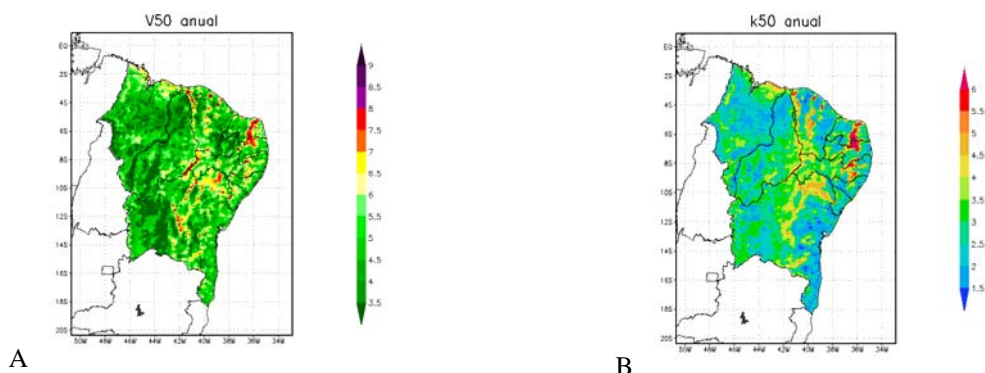


Figura 2 – Vento anual médio a 50m de altura (A) e fator de escala da distribuição de Weibull (B). Unidade é m/s.

Sazonal

Com o intuito de mostrar a variabilidade anual dos ventos da região, a Figura 3 mostra a média dos ventos em cada estação do ano: DJF se refere ao meses de dezembro-janeiro-fevereiro, MAM ao meses março-abril-maio, JJA aos meses junho-julho-agosto e SON se refere aos meses setembro-outubro-novembro.

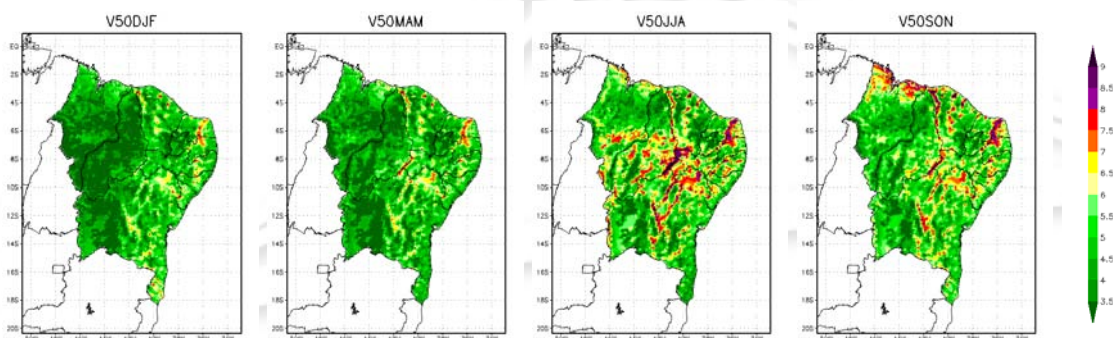


Figura 3 – Vento sazonal médio a 50m de altura para DJF (A), MAM (B), JJA (C) e SON (D). Unidade é m/s

O período DJF apresenta os ventos mais fracos enquanto que em JJA os ventos são mais intensos. Neste período os ventos alísios são mais intensos em consequência da maior intensidade do anticiclone do Atlântico Sul. O regime dos ventos de MAM se assemelha ao de DJF, enquanto que SON se assemelha mais ao de JJA. Em JJA os ventos se intensificam no interior do continente, valores acima de 7m/s surgem no sul do Maranhão. A região na divisa entre Piauí e Pernambuco se destaca nesta estação, bem como a região no Rio Grande do Norte. Em SON, os ventos se intensificam no litoral do Maranhão e penetram bastante no interior. A região no Rio Grande do Norte, sobre a Borborema, mantém alta disponibilidade eólica ao longo de todo ano.

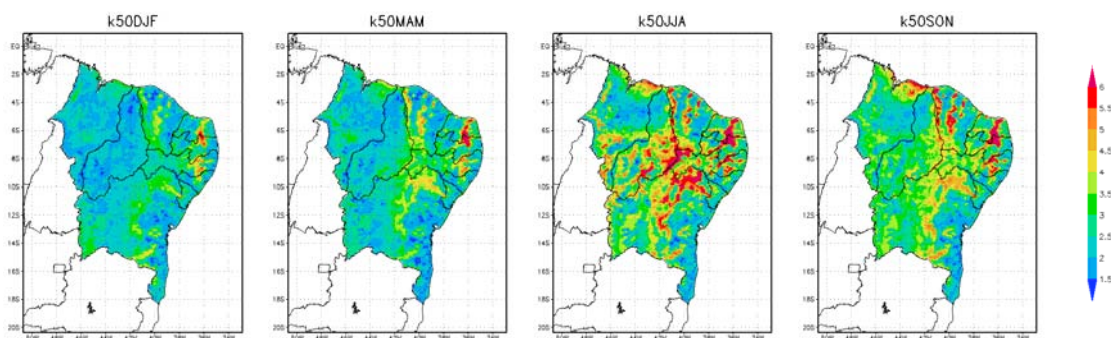


Figura 4 – Fator de forma da distribuição dos ventos a 50 m para DJF (A), MAM (B), JJA (C) e SON (D). Unidade é m/s.

Figura 4 mostra que valores do fator de forma, k, acima de 3,5 ocorrem nas principais regiões de vento intenso durante todas as estações do ano.

Comparação com Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

Comparando a Fig. 2 com o mapeamento do Atlas Eólico (Fig.5), nota-se uma grande concordância entre as áreas de ventos mais intensos dos dois mapeamentos. As áreas ao longo da linha do litoral não são aparentes no mapeamento do Eta devido à máscara usada para realçar o continente. Duas regiões se destacam pelas diferenças, o sul da Bahia e o norte, na divisa com Piauí. O mapeamento do Eta não indica ventos anuais muito intensos nestas duas regiões.

Com relação à variação sazonal, o mapeamento do Eta concorda com o atlas no período de DJF. Em MAM, o mapeamento do Eta apresenta ventos mais intensos na região da Borborema e na divisa entre Piauí e Pernambuco, que não são indicados pelo Atlas. Nos meses de JJA e SON, o mapeamento do Eta apresenta os ventos mais intensos em áreas menores, enquanto que no Atlas as áreas de ventos intensos são mais expandidas. Os valores do fator de escala k mapeados pelo Modelo Eta são geralmente maiores, indicando maior persistência dos ventos.



Figura 5- Atlas do Potencial Eólico Brasileiro para a região Nordeste (Amarantes et al., 2001)

4. CONCLUSÕES

O mapeamento eólico foi produzido para a região Nordeste do Brasil utilizando o Modelo Eta na resolução horizontal de 10 km. As principais regiões de ventos intensos e persistentes concordam com as regiões indicadas pelo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, publicado pelo Ministério de Minas e Energia. Por exemplo, destacam-se em ambos trabalhos a divisa entre Piauí e Ceará, a divisa entre Piauí e Pernambuco, em várias áreas na Chapada Diamantina na Bahia, litoral e faixa em pontos altos da Serra da Borborema no Rio Grande do Norte e Pernambuco, litoral e algumas regiões altas no Ceará.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido dentro do escopo do projeto SONDA (convênio FINEP 22.01.0569.00).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amarante, O. A. C.; Brower, M.; Zack, J.; de Sá, A. L., 2001: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Ministério de Minas e Energia/Eletróbrás/CEPEL/Cresesb.
- Black, T. L. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. *Wea. Forecasting*, 9, 265-278, 1994.
- Chen, F.; Janjic, Z. I.; Mitchell, K.. Impact of atmospheric surface-layer parameterization in the new land-surface scheme of the NCEP mesoscale Eta model. *Boundary Layer Meteorology*, v. 85, 391-421, 1997.
- Fels, S. B.; Schwarzkopf, M. D. The simplified exchange approximation. A new method for radiative transfer calculations. *J. Atmos. Sci.*, 32, 1475-1488, 1975.
- Ferrier, B. (2002) A new grid-scale cloud and precipitation scheme in the NCEP Eta model. In Spring Colloquium on the Physics of Weather and Climate: Regional Weather Prediction Modelling and Predictability. Trieste, Italy, 8-19 abril de 2002
- Janjic, Z. I.: The step-mountain eta coordinate model: further developments of the convection, viscous sublayer and turbulence closure schemes. *Monthly Weather Review*, v. 122, 927-945, 1994.
- Lacis, A. A.; Hansen, J. E.: A parameterization of the absorption of solar radiation in earth's atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 31, 118-133, 1974.
- Mellor, G. L.; Yamada, T. A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1791-1806, 1974.
- Mesinger, F.; Janjic, Z. I.; Nickovic, S.; Gavrilov, D.; Deaven, D. G.: The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. *Mon. Wea. Rev.*, 116, 1493-1518, 1988.
- Mesinger, F. A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models. *Riv. Meteor. Aeronaut.*, 44, 195-202, 1984.