

# TESTES COM DIFERENTES AJUSTES DE PARAMETRIZAÇÕES DO MODELO BRAMS PARA MELHORAR AS ESTIMATIVAS DE VENTO

**Lucía Iracema Chipponelli Pinto** - lucia.chipponelli@inpe.br

**Fernando Ramos Martins** - fernando.martins@inpe.br

**Enio Bueno Pereira** - enio.pereira@inpe.br

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Ciências do Sistema Terrestre, São Jose dos Campos/SP - Brasil

**Roberto Lyra** - roberto.ufal@gmail.com

Universidade Federal de Alagoas, Departamento de Meteorologia, Maceió/AL - Brasil

**Resumo.** A definição de um local para um futuro parque eólico é um processo longo em que são necessárias séries de dados meteorológicos com medidas locais a fim de avaliar com maior precisão a densidade de potência eólica da região. No entanto, a escassez de dados meteorológicos de superfície ou de ar superior no Brasil e os custos para a implantação e operação de um sistema de aquisição de dados por um período suficientemente longo tem sido considerado uma barreira para o crescimento do setor. Como alternativa para suprir esta carência de dados, a modelagem atmosférica vem sendo empregada. Porém esta metodologia está limitada em função dos recursos computacionais que restringem a resolução temporal e espacial dos dados gerados. Dessa forma, as variáveis meteorológicas são representativas para uma determinada área (pontos de grade), os processos físicos podem ser mal simulados em razão da adequação das parametrizações adotadas para execução do modelo. O modelo atmosférico BRAMS (Brazilian Regional Atmospheric Modeling System) incorpora adequações na modelagem física com o intuito de representar da forma mais acurada os processos físicos da região tropical em que o Brasil está localizado. Este trabalho mostra os resultados de um estudo comparativo entre a velocidade do vento medida em duas torres anemométricas situadas nas regiões costeira e agreste do estado de Alagoas (Nordeste do Brasil) com as simulações obtidas a partir do modelo BRAMS executado com duas resoluções horizontais diferentes (8x8km e 2x2km) para os meses de maio (período de chuvas) e novembro (estação seca) de 2008 e adotando diferentes parametrizações de camada limite, convecção, microfísica de nuvens e radiação.

**Palavras-chave:** Estimativa do vento, Energia eólica, Modelo BRAMS

## 1. INTRODUÇÃO

As fontes renováveis de energia vêm sendo apresentadas como a principal alternativa para atender as demandas da sociedade com relação à qualidade e segurança do atendimento do consumo de eletricidade. E também são vistas como forma de mitigação para a questão das mudanças climáticas, pois apresentam redução nos danos ambientais decorrentes do consumo de energia.

A matriz elétrica Brasileira é altamente dependente da fonte hidráulica, com aproximadamente 75% do total. Em termos de segurança energética não é recomendado que um país dependa basicamente de uma única fonte de energia, em virtude disso o governo está investindo em alternativas que possibilitem diminuir a alta vinculação às hidrelétricas. Aliada a necessidade de diversificar e reduzir esta enorme dependência, existe ainda os compromissos assinados nos protocolos ambientais pelo Governo Federal, correspondentes à emissão de gases do efeito estufa, Schaeffer *et al.*(2008). Neste contexto a energia eólica vem se tornando uma alternativa economicamente competitiva em diversas regiões do Brasil, com destaque para o Sul e Nordeste, (Pereira *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2005).

A energia eólica além de ser uma energia considerada limpa, por trazer menos poluição ao meio ambiente em comparação com outras formas de geração de energia, é de suma importância nos períodos onde se tem escassez de recursos hídricos, pois aparece como fonte complementar na matriz energética regional (Fig. 1), o que pouparia os estoques de água da região, isto pode ser comprovado com o aumento significativo do potencial eólico no Nordeste Brasileiro nos últimos anos (CBEE/UFPE, 2000).

No entanto, a escassez de dados meteorológicos de superfície ou de ar superior no Brasil e os custos para a implantação e operação de um sistema de aquisição de dados por um período suficientemente longo tem sido considerado uma barreira para o crescimento do setor, Martins *et al.*(2008). Como alternativa para suprir esta carência de dados, a modelagem atmosférica vem sendo empregada.

Porém esta metodologia está limitada em função dos recursos computacionais que restringem a resolução temporal e espacial dos dados gerados. Dessa forma, as variáveis meteorológicas são representativas para uma determinada área (pontos de grade), os processos físicos podem ser mal simulados em razão da adequação das parametrizações adotadas para execução do modelo. O modelo atmosférico BRAMS (Brazilian Regional Atmospheric Modeling System) incorpora adequações na modelagem física com o intuito de representar da forma mais acurada os processos físicos da região tropical em que o Brasil está localizado (Fazenda *et al.*, 2006).

Este trabalho tem como objetivo determinar qual é a parametrização física mais adequada para a estimativa de vento no modelo BRAMS. Para analisar o desempenho do modelo foram comparados os resultados das diferentes

simulações com dados de vento (velocidade e direção) observados em duas torres de medição de vento para o mês de maio e novembro de 2008 localizadas no estado de Alagoas.

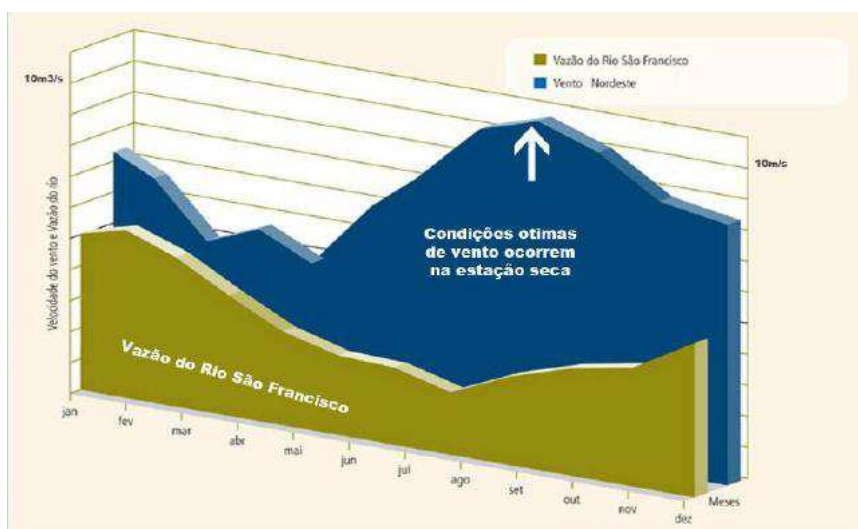


Figura 1- Comparação entre a vazão do rio São Francisco e o regime de vento no nordeste do Brasil. (Fonte: Centro brasileiro de energia eólica)

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de duas torres anemométricas localizadas no estado de Alagoas (Roteiro e Girau do Ponciano), estas torres fazem parte de um grupo de 6 torres que foram distribuídas pelo estado para a realização do projeto “Atlas Eólico e disseminação da tecnologia eólica no estado de Alagoas” (Eletrobrás, 2008) a Fig. 2 ilustra a localização das torres no mapa do estado.



Figura 2- Distribuição espacial das torres eólicas no estado de Alagoas. (Fonte: Eletrobrás, 2008)

A Tabela 1 apresenta as características das torres utilizadas neste estudo. Os dados utilizados consistiram de observações de vento (velocidade e direção) com medidas realizadas de 10 em 10 minutos para os meses de maio e novembro de 2008, estes dois meses foram escolhidos por representarem a estação seca e chuvosa da região. Estes dados foram comparados com as simulações do modelo numérico regional BRAMS versão 4.2 para o mesmo período. Para realizar as simulações com o modelo BRAMS inicialmente necessitou-se definir as grades, uma vez que a dimensão das mesmas tem influência direta no tempo de processamento. Optou-se em executar o modelo com duas grades aninhadas com resoluções horizontais de 8Km x 8km e 2km x 2km, Fig. 3, neste tipo de processo a interação ocorre em duplo sentido entre as grades aninhadas, permitindo que os processos ocorram da grade de maior resolução e vice-versa (Clark e Hall, 1991).

Tabela 1. Descrição das 2 torres utilizadas neste estudo.

	<b>Roteiro</b>	<b>Girau do Ponciano</b>
Latitude	09°56'29" S	09°45'58" S
Longitude	35°58'32" W	36°47'06" W
Altitude	40m	410m
Altura da Torre	50m	50m
Altura da instalação dos instrumentos	50m	50m

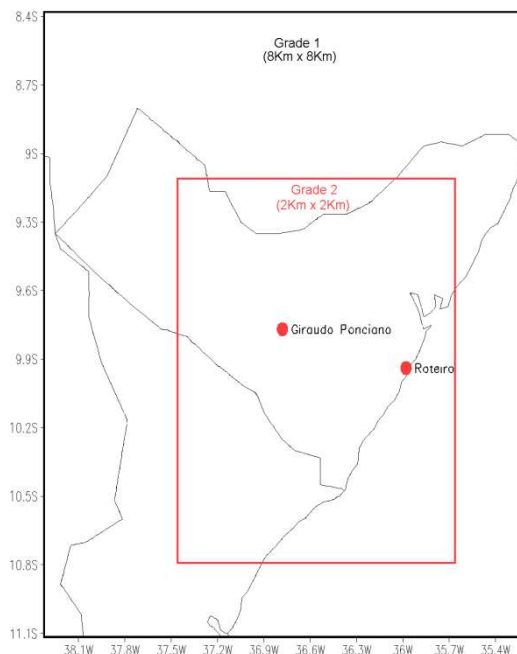


Figura 3- Representação das grades horizontais usadas no modelo.

Foram realizados testes de sensibilidade onde consideraram-se quatro tipos de configurações de parametrizações, partindo de um teste controle (simul\_1). As combinações de parametrizações adotadas estão descritas na Tab. 2.

Tabela 2. Configurações das parametrizações utilizadas em cada simulação.

Simulações	Parametrização Convecção	Parametrização Turbulência	Parametrização Radiação	Parametrização Microfísica	Parâmetro NPATCH
Simul_1	<b>GRELL</b>	<b>Mellor-Yamada</b>	<b>CARMA</b>	<b>Nível 3</b>	<b>2</b>
Simul_2	GRELL	Mellor-Yamada	<b>CHEN</b>	Nível 3	2
Simul_3	GRELL	Mellor-Yamada	CARMA	<b>Nível 2</b>	2
Simul_4	GRELL	Mellor-Yamada	CARMA	Nível 3	<b>4</b>

Para verificar o desempenho das estimativas do modelo realizou-se uma avaliação estatística com o cálculo do BIAS e da raiz do erro médio quadrático (RMSE). No caso da previsão do vento para o setor energético, estas análises estatísticas são extremamente importantes, tendo em vista que a densidade de potência eólica varia em função do cubo da velocidade do vento. O RMSE é a medida da magnitude média dos erros modelados, varia de 0 a infinito e o seu valor de previsão perfeita ocorre para RMSE=0. O BIAS (também conhecido como Viés) é a medida da média dos erros que permite verificar se a previsão (modelo) é sistematicamente subestimada ou superestimada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta sessão serão mostrados alguns resultados das simulações do modelo BRAMS para as diferentes configurações de parametrização para os meses de maio e novembro de 2008. Já para as diferentes resoluções espaciais serão apresentados só os resultados da grade de resolução de 8 km, pois as diferenças nos gráficos de cada grade são mínimas, já os resultados das análises estatísticas serão apresentados para ambas às grades.

#### 3.1 Maio 2008

Na Figura 4 são apresentadas as quatro simulações para a localidade de Girau do Ponciano com resolução espacial de 8 km, onde observa-se que os resultados dos experimentos simul\_1, simul\_2 e simul\_4 são muito similares, já para o experimento em que foi modificada a parametrização da microfísica (simul\_3) os resultados apresentam uma forte

subestimação. Na Tabela 3 estão os valores dos índices estatísticos calculados BIAS e RMSE, onde também é notada a deficiência do modelo com a modificação na parametrização da microfísica.

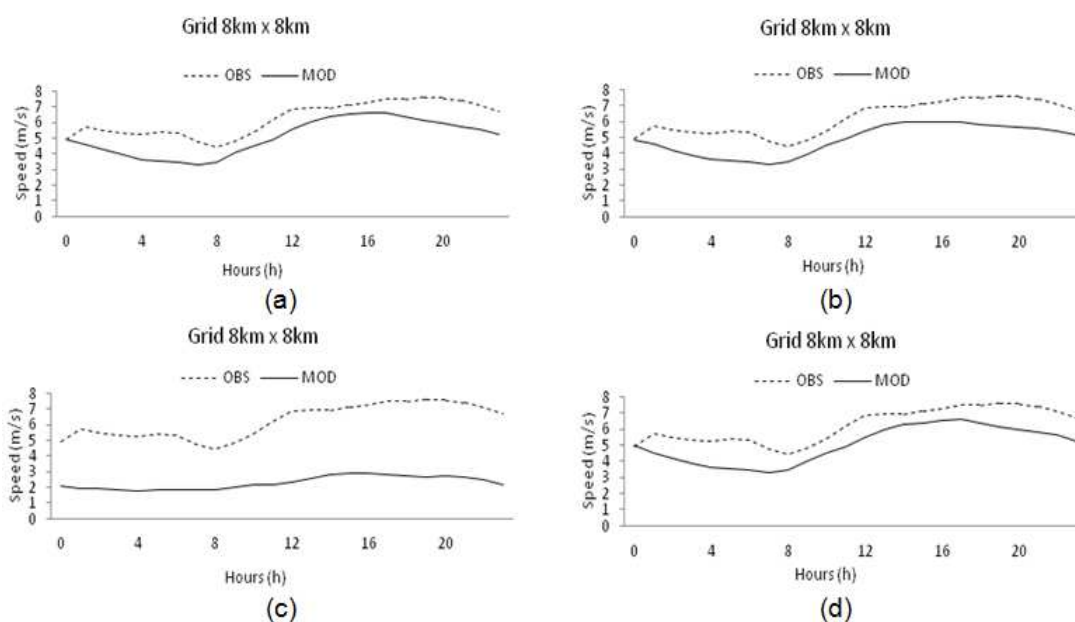


Figura 4 – Ciclo médio diário para a localidade de Girau do Ponciano no mês de maio de 2008: (a) simul\_1; (b) simul\_2; (c) simul\_3 e (d) simul\_4.

Tabela 3. Valores dos índices estatísticos para o mês de maio de 2008.

		8 Km (Grade 1)		2 Km (Grade 2)	
		RMSE	BIAS	RMSE	BIAS
Girau do Ponciano	simul_1	2,18	-1,19	2,10	-0,99
	simul_2	2,43	-1,40	2,39	-1,23
	simul_3	<b>4,87</b>	<b>-3,98</b>	<b>4,37</b>	<b>-3,40</b>
	simul_4	2,18	-1,21	2,10	-1,00

Para as simulações realizadas para a localidade de Roteiro, região litorânea, foi observado um padrão de brisa em três configurações (simul\_1, simul\_2 e simul\_4) com resultados bem similares no ciclo médio diário como nos índices estatísticos (Tabela 4). Já a rodada onde foi modificada a parametrização da microfísica (simul\_3) observa-se um padrão similar entre os perfis de vento medido e modelado, o qual apresenta uma pequena subestimação dos dados do modelo, Figura 5.

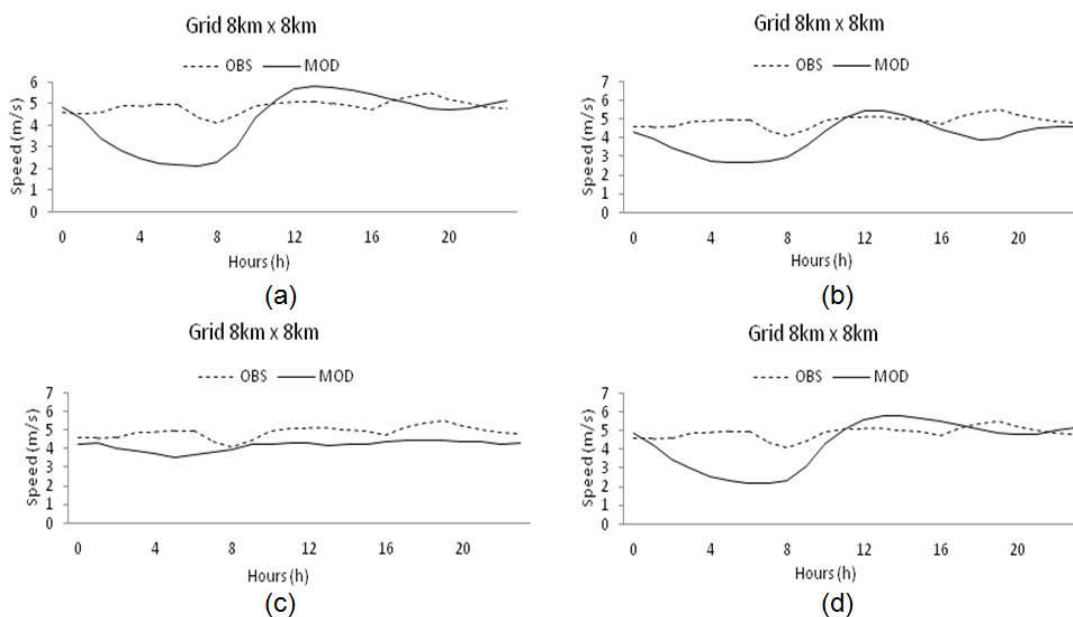


Figura 5 – Ciclo médio diário para a localidade de Roteiro no mês de maio de 2008: (a) simul\_1; (b) simul\_2; (c) simul\_3 e (d) simul\_4.

Tabela 4. Valores dos índices estatísticos para o mês de maio de 2008.

		8 Km (Grade 1)		2 Km (Grade 2)	
		RMSE	BIAS	RMSE	BIAS
Roteiro	simul_1	2,51	-0,63	2,63	-0,55
	simul_2	2,56	-0,84	2,62	-0,75
	simul_3	2,19	-0,73	2,12	-0,48
	simul_4	2,51	-0,60	2,65	-0,55

### 3.2 Novembro 2008

As rodadas realizadas para Girau do Ponciano no mês seco da região mostram que o modelo BRAMS possui uma tendência de subestimar a intensidade do vento no que diz respeito ao ciclo médio diário, das 4 parametrizações adotadas todas apresentam resultados similares. As diferenças são muito pequenas esta característica também é observada nos índices estatísticos onde os valores são próximos, na maioria na segunda casa decimal tanto para o RMSE e BIAS (Tab.5), com exceção para a simul\_3 (microfísica) que novamente demonstra um mau desempenho. Porém este resultado fica fortemente evidenciado nos índices estatísticos, pois no ciclo médio diário aparece uma subestimação um pouco maior em relação às outras configurações de parametrização.

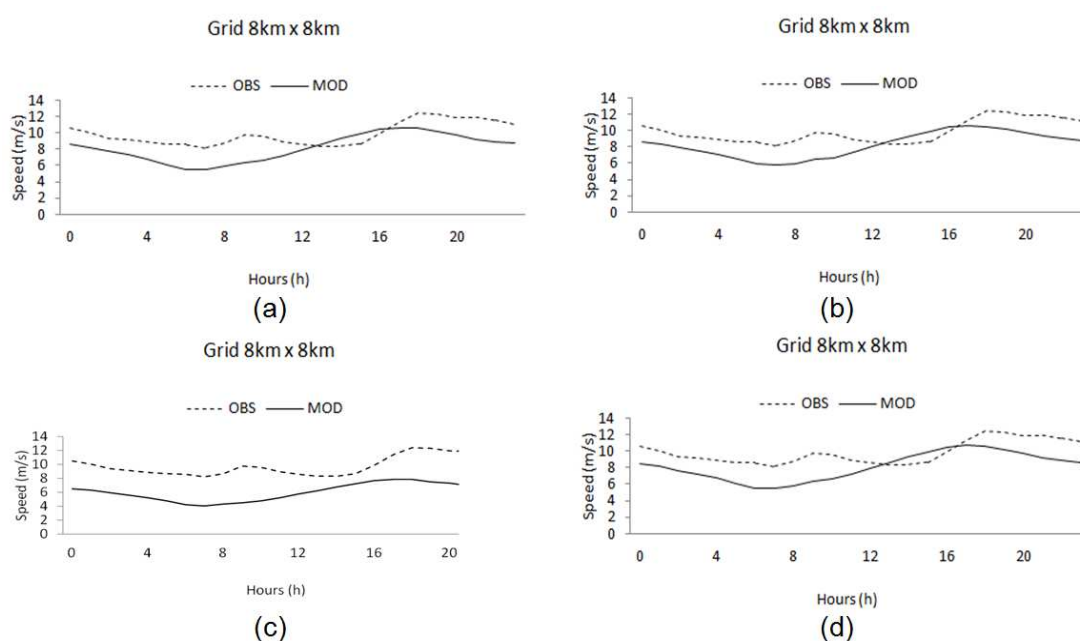


Figura 6 – Ciclo médio diário para a localidade de Girau do Ponciano no mês de novembro de 2008: (a) simul\_1; (b) simul\_2; (c) simul\_3 e (d) simul\_4.

Tabela 5. Valores dos índices estatísticos para o mês de novembro de 2008.

		8 Km (Grade 1)		2 Km (Grade 2)	
		RMSE	BIAS	RMSE	BIAS
Girau do Ponciano	simul_1	2,56	-1,70	2,09	-1,01
	simul_2	2,45	-1,59	2,04	-0,95
	simul_3	<b>5,03</b>	<b>-3,79</b>	<b>3,90</b>	<b>-2,58</b>
	simul_4	2,58	-1,72	2,11	-1,03

Na Figura 7 estão representados os ciclos médios diários para Roteiro (litoral) no mês de novembro, onde não é identificada a configuração de brisa tão marcante como foi detectado no mês de maio (Fig. 5). Esta diferença esta associada ao fato do mês de novembro ser um mês seco na região de estudo, assim um melhor acompanhamento dos resultados do modelo com o perfil dos dados observados é notado, isto pode estar associado à física da parametrização da convecção do modelo. Para os índices estatísticos a diferença é muito pequena entre cada experimento, Tab. 6. O pior desempenho do modelo BRAMS para determinar a velocidade do vento na região em estudo é a que foi alterada a parametrização da microfísica.

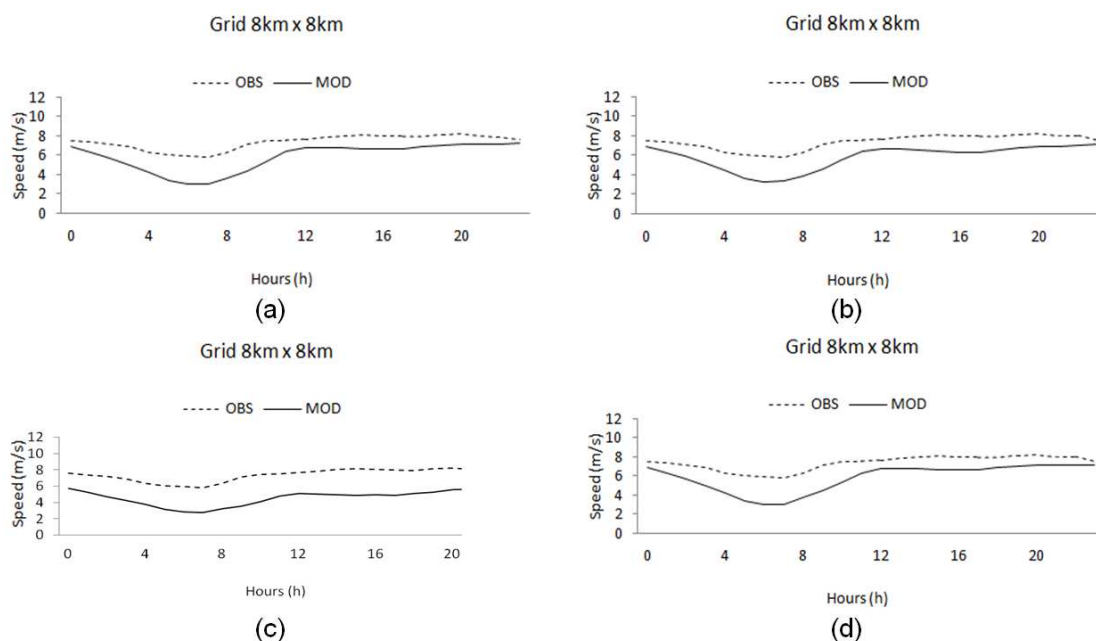


Figura 7 – Ciclo médio diário para a localidade de Roteiro no mês de novembro de 2008: (a) simul\_1; (b) simul\_2; (c) simul\_3 e (d) simul\_4.

Tabela 6. Valores dos índices estatísticos para o mês de novembro de 2008.

		8 Km (Grade 1)		2 Km (Grade 2)	
		RMSE	BIAS	RMSE	BIAS
Roteiro	simul_1	2,32	-1,55	2,34	-1,54
	simul_2	2,33	-1,59	2,29	-1,53
	simul_3	<b>3,72</b>	<b>-2,77</b>	<b>3,73</b>	<b>-2,77</b>
	simul_4	2,35	-1,57	2,36	-1,55

Comparando os resultados das simulações realizadas com maior resolução (2 km) observa-se que a melhoria dos resultados é muito pequena e em alguns casos não é nem notada, isso é observado para ambas às localidades e meses.

#### 4. CONCLUSÕES

Nos estudos realizados até o momento verificou que, independente das parametrizações adotadas, há uma forte tendência para a subestimação dos ventos pelo modelo BRAMS. Para a região do litoral (Roteiro) o modelo demonstra debilidade e representa erroneamente brisa. Esse problema de modelagem deve ser estudado e analisado com mais atenção, já que a região costeira do Nordeste Brasileiro mostra-se como a de maior interesse para instalação de parques geradores de energia eólica no Brasil.

Os resultados indicam que o refinamento do modelo tem um limite de otimização que deve ser considerado, pois o tempo computacional é muito elevado para altas resoluções espaciais e nem sempre apresenta melhorias nos resultados. Em algumas simulações os valores dos índices estatísticos são maiores para a grade de 2 km e quando os resultados são melhores essa melhoria é mínima não chegando nem a 10%.

Novas simulações com modelo BRAMS ainda devem ser realizadas com o intuito de verificar o comportamento de outras parametrizações oferecidas pelo código, como convecção e turbulência.

#### REFERÊNCIAS

- CBEE/UFPE, Centro brasileiro de energia eólica, 2000.
- Clark, T. L.; Hall, W. D. Multi-Domain Simulations of the Time Dependent Navier - Stokes Equations: Benchmark Error Analysis of Some Nesting Procedures. *J. Comput. Phys.*, v. 92, p. 456-481, 1991.
- Eletrobrás. Atlas eólico do estado de Alagoas, v.1, 67p, 2008.
- Fazenda, A. L.; Demerval, S. M.; Enari, E. H.; Panett, J.; Rodrigues, L. F. First Time User's Guide CPTEC, 2006, ver.2, p4-5.
- Martins, F. R.; Guarnieri, R. A.; Pereira, E. B. O aproveitamento da energia eólica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.1, p. 1-13, 2008.
- Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Ruther, R.; Amarante, O.; Chan, C. S.; Lima, E. Solar and Wind Energy Brazilian Report. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, v.1, p. 100, 2008.

- Pinto, L. I. C.; Moraes, M.; Martins, F. R.; Perreira, E. B.; Fisch, G.; Silva, A.; Lyra, R. Avaliação do Modelo BRAMS para Estimativa do Vento Médio para o Aproveitamento da Energia Eólica. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém-PA, 2010.
- Schaeffer, R.; Szklo, A. S.; Lucena, de A. F. P.; Souza, de R. R.; Borba, B. S. M. C.; Costa, da I. V. L.; Pereira, A. O.; Cunha, da S. H. F. Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil. COPPE/UF RJ, 2008.
- Silva, N. F.; Rosa, L. P.; Araújo, M. R. The utilization of Wind energy in the Brazilian electric sector's expansion. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.9, p. 289-309, 2005.

### **Agradecimentos**

Os autores do trabalho agradecem ao pesquisador Dr. Roberto Lyra por disponibilizar os dados das torres anemométricas utilizadas neste estudo.

## **TESTS WITH DIFFERENT SETTINGS OF THE MODEL PARAMETERIZATION BRAMS TO IMPROVE THE ESTIMATE OF THE WIND**

**Abstract.** *The project design of a future wind farm requires long temporal data series of weather variables in order to assess the energy power density. However, the scarcity of public meteorological database and the high costs for implementation and operation of a data acquisition system for a sufficiently long period has been considered a barrier to increase the wind energy deployment in Brazil. Atmospheric modeling is an alternative to overcome this barrier and to provide scientific and reliable data to meet the energy sector demand. Nevertheless, there are some limitations related to computational modeling like spatial resolution – the meteorological variables provided by numerical models stands for an area (model grid points) instead for a single specific point. In addition to that, the numerical parameterizations selected in model setup cannot well simulate physical process of the actual local atmosphere conditions. The atmospheric model BRAMS (Brazilian Regional Atmospheric Modeling System) incorporates adaptations in the physical modeling in order to improve accuracy in the tropical region where Brazil is located. This work shows the results of a comparative study between data provided by BRAMS and observed wind speed acquired in two anemometric towers located in two different climate regions of the state of Alagoas: coastal and “agreste” areas. Two different horizontal resolutions (8x8km and 2x2km) were used. Simulations for May (rainy season) and November (dry season) in 2008 were performed adopting different arrangements of the boundary layer, convection, cloud microphysics and radiation parameterizations in order to evaluate what is the best model setup for numerical simulation to the both regions.*

**Key words:** *Wind forecasts, Wind energy, BRAMS model*