



## WIND POWER FORECASTING WITH A METEOROLOGICAL-STOCHASTIC MODEL

J. M. Lima<sup>(1)</sup>, J. Panetta<sup>(2)</sup>, J. G. Z. Mattos<sup>(3)</sup>, S. R. Freitas<sup>(4)</sup>, A. K. Guetter<sup>(5)</sup>

(1) Companhia Paranaense de Energia – COPEL (jm.lima@copel.com), (2) ITA/IEC, Computation Science Division (jairo.panetta@gmail.com), (3) Weather Forecasting and Climate Studies Center – CPTEC (joao.gerd@cptec.inpe.br), (4) USRA/GESTAR at NASA/GFSC, Global Modeling and Assimilation Office (saulo.r.freitas@nasa.gov), (5) Department of Hydraulics and Sanitation – Federal University of Paraná (guetter.dhs@ufpr.br)

**ABSTRACT:** By the end of 2016, Brazil has installed more than 10 GW of wind power turbines. A large-scale introduction of wind power causes a number of challenges for the electricity market and power system operators, who must consider the variability and uncertainty in wind power generation when making their scheduling and dispatch decisions. Wind power forecasting (WPF) is rapidly becoming an important topic for the electric power industry. System operators, generating companies, and regulators all support efforts to develop more reliable and accurate forecasting models. Wind farm owners and operators also benefit from better wind power prediction, as it supports competitive participation in electricity markets against more stable and dispatchable energy sources. In general, WPF can be used for a number of purposes, such as generation and transmission maintenance planning, determination of operating reserve requirements, unit commitment, economic dispatch, energy storage optimization (e.g., pump hydro storage), energy trading, energy exchanging between markets, electrical power systems performance, voltage and frequency control, and wind turbine performance. This work presents a method for wind power forecasting, for very short and short-term, up to 72 hours ahead, with 10-minute resolution. The method consists of a combination of deterministic wind forecasting, performed by a numerical weather prediction model, with stochastic models, to reduce the forecast error. After this correction, wind is converted in electric power. The numerical weather prediction model selected is BRAMS (Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System), maintained and developed by INPE/CPTEC. The stochastic model for state update is the Kalman filter, applied to assimilate the real-time wind observations in order to reduce wind prediction errors and, consequently, power generation errors. Both wind and observed power generation assimilation were used as input data for the dynamic model state updating. The dynamic model was formulated with polynomial functions, whose coefficients were estimated by regression analysis applied to BRAMS' wind forecasts. Wind power and energy were computed in two ways: interpolation of the wind turbine power curve and regression equations. The weather-stochastic model was validated with wind and generation measurements of Palmas wind farm (Southern Brazil). For the 8-hour energy forecast, the anomaly correlation coefficient exceeded 0.6 for the 72-hour forecasting horizon. For the 24-hour energy forecast the correlation coefficient was 0.7, reaching 0.8 for the first day. Finally, the proposed method can be used for any wind farm located in Brazil.

**Key words:** Wind power forecast, BRAMS, Kalman filter, power curve



# XIX CBMET

CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA

JOÃO PESSOA PB | 07 A 11 DE NOVEMBRO DE 2016

METEOROLOGIA: TEMPO, ÁGUA E ENERGIA



## PREVISÃO DA GERAÇÃO EÓLICA COM MODELO METEOROLÓGICO-ESTOCÁSTICO

**RESUMO:** O Brasil atingiu em 2016 a marca de 10 GW de potência instalada de fonte eólica. Em termos de produção, a energia gerada nos parques eólicos do Nordeste já representa 40% do consumo de energia desta região. A introdução de energia eólica em grande escala em uma matriz energética causa enormes desafios aos agentes da operação do sistema elétrico e do mercado de energia. Os agentes da operação devem gerenciar a incerteza da geração eólica quando estabelecem a programação diária do despacho. Quanto ao mercado de energia, a energia eólica interfere na formação dos preços, bem como nas liquidações das diferenças e na formação das reservas operativas. Desta forma, a previsão de geração de energia eólica curto prazo em mercados com grande penetração de energia eólica é frequentemente identificada com uma importante ferramenta para gerenciar a variabilidade e incerteza desta fonte de energia, de modo a garantir maior eficiência e segurança do Sistema Interligado Nacional (SIN). Esse trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo meteorológico-estocástico com o objetivo de se prever com maior precisão a velocidade do vento à altura do aerogerador e convertê-lo posteriormente em geração eólica, até 72h à frente. O modelo numérico de previsão de tempo escolhido para essa previsão foi o *BRAMS*. Posteriormente, foi aplicado um método para correção dos erros sistemáticos da previsão da velocidade do vento, com o objetivo de se remover o viés da previsão de vento. O filtro de Kalman foi usado para corrigir as previsões de vento a partir da assimilação do vento observado na torre anemométrica. A conversão do vento em energia foi feita através da curva de potência dos aerogeradores, e também através de equações de regressão. Uma nova aplicação do filtro de Kalman foi empregada para corrigir a geração elétrica a partir da assimilação dos registros de geração do aerogerador. Os resultados foram séries temporais de potência, a cada 10 minutos, para um horizonte de 72h à frente. A validação do modelo foi realizada para a usina eólio-elétrica (UEE) de Palmas (PR), da Copel Geração e Transmissão. Os resultados da previsão de geração de energia podem ser considerados muito bons, uma vez que, para a agregação a cada 8 horas, os índices de correlação de anomalia foram superiores a 0,6 no horizonte de 72 horas. Quando a agregação é a cada 24 h, esse valor sobe para 0,7, atingindo, no primeiro dia, valores próximos a 0,8. Esse resultado é extremamente importante para diferentes agentes do setor elétrico, sobretudo aqueles que lidam com a programação diária de intercâmbio de energia entre as diferentes regiões do país, permitindo um planejamento energético da operação muito mais seguro. Finalmente o método exposto pode ser aplicado para qualquer empreendimento eólico no Brasil.

**Palavras Chave:** previsão de geração eólica, BRAMS, filtro de Kalman, curva de potência