

Brazil: Creating a Test Site for CFD-Model Verification

Brasil: Implementando um campo de teste para verificação de modelo CFD

K. Mönnich; DEWI GmbH
A. Pacheco; DEWI do Brasil Ltda.



Dr. K. Mönnich

ENGLISH - PORTUGUÊS

Wind energy application is internationally seen as a very fast growing energy sector, gaining increasing importance in the electric energy supply of many countries. Reduction of CO₂-emissions, limited conventional energy resources and the reduction of energy imports are the main political drivers of this development. With today's very large wind turbines new areas for the use of wind energy are opened up, which are very often no longer near the windy and flat coastal sites but more often in the inlands of the continents with their mostly much higher complex surface structures. Whereas wind turbines become more and more mature despite the challenges caused by the fast size development during the past two decades, the applied method to predict the possible energy generation of future wind farms, the so-called *micrositing*, is somewhat behind the accuracy demanded by the financing institutes and the investors. Under the aspect that in multi-megawatt wind farms many millions of Euros are invested by investors, mainly based on the annual energy yields calculated, a further development of the *micrositing* tools is more than necessary.

For such sites the application of the well known and mostly applied European Wind Atlas Method [1],[2] is no longer recommendable. At least the Wind Atlas Method should not be used as the only calculation tool. Computational Fluid

Internacionalmente, a utilização da energia eólica apresenta um rápido crescimento no setor energético, ganhando crescente importância no fornecimento de energia elétrica de muitos países. A redução das emissões de CO₂, recursos energéticos convencionais limitados e redução da dependência energética são os principais fatores desse desenvolvimento. Com as grandes turbinas eólicas atuais tornou-se possível o aproveitamento de novas áreas para utilização da energia eólica, as quais não estão com tanta frequência próximas aos sítios costeiros planos e com muitos ventos mas, mais freqüentemente, nos interiores dos continentes com estruturas de superfícies muito mais complexas. Considerando que as turbinas eólicas tornaram-se cada vez mais aperfeiçoadas, apesar das mudanças causados pelo rápido desenvolvimento do seu tamanho nas últimas duas décadas, o método utilizado para prever a geração da energia eólica, conhecido como *micrositing*, está um pouco aquém da precisão exigida pelas instituições financeiras e investidores. Sob o ponto de vista de que muitos milhões de Euros são investidos em fazendas eólicas de multi-megawatts, principalmente com base no cálculo do rendimento anual da energia, é mais que necessário um maior desenvolvimento das ferramentas de *micrositing*.

Dynamic Models (CFD) might be helpful to improve the application of the traditional Wind Atlas Method or sometimes are also applied as exclusive method for the wind prognosis of such complex sites. These numerical models are using the necessary physics to principally model the complex flow characteristics including the small scale features like re-circulations and turbulence characteristics. But such models have been developed primarily for different purposes and not for modelling the free field wind flow over a complex surface of several kilometres extension. Several models and individual adjustments to wind energy purposes exist. General problem of their application in wind energy is that the resulting calculated wind speeds must be of very high accuracy to keep the uncertainties of the energy yield prognosis low and the economic risk of a wind farm project within acceptable limits. Unfortunately the application of the different existing CFD models suffer from the fact, that a verification of their quality is very difficult and therefore not yet exists in an acceptable manner.

Some few years ago DEWI organised a round robin of different CFD models [3],[4] with the aim to find out their prediction quality compared against wind speeds measured at meteorological towers. As shown in [3], it was very difficult for this round robin to identify a site that suited the requirements needed for the round robin, as such a site and measurement data were not publicly available. Even existing DEWI internal data that met the requirements needed for the round robin were difficult to find. Against the expectations of the participants of the interlaboratory comparison, the CFD-models showed considerable deviations from the reality and from one another, leading to the conclusion that

About CPFL

CPFL Energia is the biggest private power company in Brazil with distribution, generation and trading businesses. The distribution sector serves 6.4 million customers in 568 cities in the states of São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais and Paraná. In the free Brazilian energy market, the company has achieved a market share of 21 %. In the generation sector, the holding company manages business in São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás, Tocantins and Minas Gerais. The company has 33 small hydroelectric power plants and owns significant stakes in eight hydropower plants. Its current power generation capacity reaches 1,704 MW and should reach 2,202 MW by 2010, when the Foz do Chapecó power plant will be operating commercially and the cogeneration contract of the CPFL Bioenergia will be on.

CPFL Energia stocks are traded on the Bovespa New Market and on the New York Stock Exchange (Nyse), both committed to the highest standards of corporate governance. CPFL is on the most important capital markets index, such as ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial) in the Bovespa, the IBrX-50 and the MSCI – Morgan Stanley Capital International. CPFL Energia free float is 28.2 %. Its gross revenue in 2008 was BRL 14.4 billion.

Sobre a CPFL

A CPFL Energia é a maior empresa privada de energia do Brasil com distribuição, geração e comercialização de energia elétrica. O setor de distribuição atende 6,4 milhões de clientes em 568 cidades nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Paraná. No mercado livre brasileiro de energia, a empresa alcançou uma cota de mercado de 21%. No setor de geração, a holding administra negócios em São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás, Tocantins e Minas Gerais. A empresa possui 33 pequenas centrais hidrelétricas e detém participações significativas em oito usinas hidrelétricas. A sua atual capacidade de geração de energia atinge 1.704 MW e deve chegar a 2.202 MW até 2010, quando a usina Foz do Chapecó entrará em operação comercial e o contrato de co-geração da CPFL Bioenergia também.

As ações da CPFL Energia são negociadas no Novo Mercado da Bovespa e na Bolsa de Nova York (NYSE), ambas comprometidas com os mais elevados padrões de governança corporativa. A CPFL integra os mais importantes índices do mercado de capitais, tais como o ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial) da Bovespa, o IBrX-50 e ao MSCI - Morgan Stanley Capital International. A quantidade de ações da CPFL Energia disponíveis para negociação no mercado (free float) é de 28,2%. Seu faturamento bruto em 2008 foi de R\$ 14,4 bilhões.

further research and verification is not only necessary, but obligatory.

DEWI now thinks that a further step to improve CFD models for the modelling of a free field wind flow can be done. With CPFL Energia, the biggest Brazilian private power company (see box), which has eight distribution companies in three states of Brazil, DEWI found a sponsor for the development of a CFD free-field test site in complex terrain and for the improvement of the CFD model used by DEWI. The research project started in July 2009 and will last three years. On an area of several square kilometres six 100 m high meteorological measurement masts will be installed, with wind measurements at every 20 m height. With a measurement period of two years a well known description of the air flow across the complex surface will be possible against which the CFD model calculation results can be compared. As a further future step it is planned to offer the test site also for other interested CFD model applicants for the improvement of their own developments or for new interlaboratory comparisons.

Para esses sítios a utilização do conhecido e mais aplicado método, o Método do Atlas Eólico Europeu, [1],[2], não é recomendável. Ao menos o Método do Atlas Eólico não deve ser usado como única ferramenta de cálculo. Modelos Computacionais de Dinâmica de Fluido (CFD) podem ser úteis para melhorar a aplicação do tradicional Método do Atlas Eólico ou, em alguns casos, são também aplicados como método exclusivo para prognósticos de vento em terrenos complexos. Estes modelos numéricos estão usando a física principalmente para modelar as características de fluxo complexo, incluindo as características de pequena escala como re-circulação e de turbulência. Mas esses modelos estão sendo desenvolvidos, principalmente, para diferentes fins e não para modelar o fluxo de vento sobre uma superfície complexa de muitos quilômetros de extensão. Existem vários modelos e adaptações individuais para uso em energia eólica. O problema geral de sua aplicação em energia eólica é que o resultado das velocidades de vento calculadas deverá ser de alta precisão para manter as incertezas do prognóstico de rendimento energético baixo e, por isso, os riscos econômicos do projeto de um parque eólico em níveis aceitáveis. Infelizmente, a aplicação dos diferentes modelos de CFD existentes sofre com o fato de que a verificação de sua qualidade é muito difícil e, portanto, ainda não existe de forma aceitável.

Há alguns anos atrás o DEWI organizou uma competição

(*interlaboratory comparison* ou *round robin*) de diferentes modelos CFD [3],[4] com o objetivo de descobrir a qualidade de suas previsões, comparando estas com as velocidades de vento medidas em mastros de medições meteorológicas. Como mostrado em [3], foi muito difícil para esta *competição* identificar um sítio que preencha os requisitos necessários para tal *round robin*, tais como sítio e dados de medição que não estavam disponibilizados publicamente. Mesmo dados existentes no DEWI, que preencham os requisitos necessários, foram difíceis de encontrar. Contra as expectativas dos participantes da comparação interlaboratorial, os modelos CFD mostraram um considerável desvio da realidade e de um para outro, levando à conclusão de que aprofundar a pesquisa e a verificação não se torna apenas necessário, mas obrigatório.

O DEWI agora acredita que mais um passo para melhorar os modelos CFD da modelagem do fluxo de vento pode ser feito. Com a CPFL Energia, maior empresa privada de energia elétrica brasileira (vide explicação na página anterior), que tem oito empresas de distribuição em três estados do Brasil, o DEWI encontrou um patrocinador para o desenvolvimento de um campo de teste para modelos CFD em terreno complexo e para a melhoria do modelo CFD utilizado pelo DEWI. O projeto de pesquisa iniciou em Julho de 2009 e terá a duração de três anos. Em uma área de vários quilômetros quadrados serão instaladas seis torres de medições meteorológicas com 100 m de altura e com medições de vento a cada 20 m de altura. Com um período

de medição de dois anos de duração será possível uma boa descrição do fluxo de ar em toda esta superfície complexa, com a qual os resultados de cálculo do CFD poderão ser comparados. Numa futura etapa, está previsto oferecer o sítio de teste também para outros interessados em aprimorar seus próprios modelos CFD ou para novas comparações interlaboratoriais.

References / Referências

- [1] I. Troen, E.L. Petersen: European Wind Atlas. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1990.
- [2] G. Mortensen, L. Landberg, I. Troen, E.L. Petersen: Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP), Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1993 and updates.
- [3] F. Durante, V. Riedel, et. Al.: Round Robin Numerical Flow Simulation in Wind Energy, Part 1: Description of Test, DEWI GmbH, Wilhelmshaven, Dewi-Magazin 31, August 2007.
- [4] F. Durante, V. Riedel: Harvest Time in the Mountains, DEWI GmbH, Wilhelmshaven, Dewi-Magazin 32, February 2008.