

CONEM 2012 «Engenharia em destaque»
VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica
São Luís - Maranhão - Brasil
31 de julho a 03 de agosto
www.abcm.org.br/conem2012

MAPEAMENTO PRELIMINAR DO POTENCIAL EÓLICO EM BAIXAS ALTITUDES NA REGIÃO LITORÂNEA DE SALVADOR

Paulo Roberto Freitas Neves, paulo.neves@fieb.org.br¹
Alex Álisson Bandeira Santos, alex.alisson@fieb.org.br¹
Turan Dias Oliveira, turan.oliveira@fieb.org.br¹
Luzia Aparecida Tofaneli, luzia.tofaneli@fieb.org.br¹

¹ SENAI, Avenida Orlando Gomes, 1845, CEP: 41650-010, Piatã, Salvador, Bahia, Brasil.

Resumo: Apesar do crescente desenvolvimento das tecnologias em geração de energia elétrica através de geradores eólicos de grande porte, o aproveitamento de ventos litorâneos a baixas altitudes pode representar um potencial real de geração energética, principalmente sistemas de geração distribuída e de pequeno porte. A análise desse potencial aliada à vasta extensão litorânea do território brasileiro poderá contribuir com uma importante parcela da demanda nacional de energia elétrica. O objetivo do trabalho foi mapear de forma preliminar o potencial eólico da costa litorânea da região de Salvador através da instalação de instrumentação adequada para coleta, sumarização e interpolação de dados em uma determinada região da orla marítima. A partir deste mapeamento um primeiro potencial foi identificado. Com isso, se inicia um diagnóstico da possibilidade de geração elétrica a partir de ventos litorâneos na cidade, estabelecendo futuras bases para o desenvolvimento de aerogeradores de pequeno porte para aproveitar este potencial.

Palavras-chave: mapeamento eólico, baixas altitudes.

1. INTRODUÇÃO

Estudos comprovam o grande potencial eólico brasileiro em altitudes elevadas, porém nem todos os projetos de construção de parques eólicos são viabilizados devido à complexidade da logística dos equipamentos e profissionais para o local. Com isso, há a necessidade de novos estudos e mapeamentos em outros locais. Por se tratar de um país com enorme extensão litorânea, identificamos a importância de estudar e mapear possível potencial eólico em baixas altitudes na costa litorânea para geração de energia elétrica de baixas potências.

A Bahia ocupa a porção mais extensa da costa litorânea do Brasil, com 932 km, e abriga praias de notável beleza, onde há significativa demanda de energia elétrica para iluminação pública e edificações locais. Além disso, a Bahia se encontra na região de transição entre distintos regimes de ventos: mais ao norte, massas de ar equatorial atlântico, chamadas de ventos alísios de nordeste, e mais ao sul predominam as massas de ar tropical atlântico, chamadas de ventos alísios de sudeste.

Diversos estudos já foram realizados no Brasil sobre avaliação de potencial eólico. Os pesquisadores, Mônica Reis, Demercil Oliveira Junior e Paulo Carvalho, realizaram estudos de viabilidade econômica de geradores eólicos de pequeno porte no modo autônomo e obteve resultados satisfatórios. Foram observados dois pontos, um no litoral e outro no interior do Ceará e foi verificado que o preço da energia elétrica gerada no litoral, através dos geradores de pequeno porte, foi inferior àquela gerada no interior do estado comprovando que o aproveitamento do potencial eólico litorâneo é superior ao aproveitamento no interior (continente).

O potencial de energia eólica offshore avaliado em todo o litoral do Brasil, com dados obtidos pelo satélite QuikSCAT entre agosto de 1999 e dezembro de 2009, foi estimado em cerca de 12 vezes o potencial encontrado na área continental do país, sendo capaz de alavancar o desenvolvimento sustentável do Brasil em longo prazo (Ortiz e Kampel, 2011). Porém, estes dados coletados foram referentes a altitudes de 10 m do nível do mar. Com isso, foram realizados cálculos extrapolados de valores de magnitude de vento de acordo com metodologia descrita por Garvine e Kempton, (2008). Como conclusão, este trabalho apresentou um grande potencial eólico na costa litorânea do Brasil onde a região do nordeste, apresentou o maior potencial. A nossa ZEE (zona de costa litorânea) tem um potencial energético capaz de alavancar o desenvolvimento racional e sustentável do Brasil (Ortiz e Kampel, 2011). Além dos estudos citados acima, através da Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD), estudos verificaram o comportamento dos ventos na localidade de Laguna, Santa Catarina, sob a influência da topografia acidentada do terreno e efeitos de mudança de rugosidade (Küchle, 2010). Por ser um terreno de geometria complexa e irregular, o modelo digital do terreno foi gerado a partir da

base de dados obtidos pela NASA/NIMA (National Aeronautics and Space Administration e National Imagery and Mapping Agency). O estudo da microrregião de Laguna trouxe resultados relevantes e atenciosamente embasados na bibliografia referenciada, afirma Küchle. Também Kyungnam et. al (2010) realizaram trabalho de mapeamento eólico na Korea, avaliando as variações de velocidade do vento ao longo do tempo.

O objetivo deste estudo é mapear e avaliar a viabilidade de instalação de aerogeradores de pequeno porte na costa litorânea do estado da Bahia, áreas com classe de rugosidade 0 (zero) devido às massa de ar virem do mar (leste para oeste), para atender demandas energéticas locais, como por exemplo: iluminação pública e edificações próximas do litoral, ou seja, sistema de geração de geração distribuída, opção vantajosa pelo fato de geração e consumo de eletricidade serem feitos no mesmo ponto, reduzindo consideráveis perdas por transmissão e distribuição de energia de grandes centrais geradoras (Gonçalves, 2008) e no desenvolvimento de aerogeradores de pequeno porte para aproveitar este potencial.

2. METODOLOGIA

O mapeamento é constituído por uma estação de coleta de dados eólicos, solares e climáticos, instalada nas edificações do SENAI – CIMATEC, um instituto de pesquisa em Salvador localizado na região litorânea. Essa estação é dotada de sensores que, se comunicam com uma IHM (Interface Homem Máquina) via wireless, e software de programação e leitura dos dados e registrador para armazenamento dos dados da estação (WeatherLink), e por ser completa, é classificada como estação meteorológica.

As medições foram realizadas no período de agosto/2010 a novembro/2011. Os dados são salvos a cada 30 min de leitura, pela estação meteorológica conforme pré-programação (Tabela 1). Os dados pertinentes para o estudo são:

- Perfil de velocidade média e máxima do vento mensal;
- Perfil de velocidade média e máxima do vento diária;
- Gráfico de distribuição de probabilidade (Weibull);
- Freqüência da rosa-dos-ventos anual;
- Freqüência da rosa-dos-ventos mensal;
- Energia eólica total por direção.

Tabela 1: Valores de parâmetros da estação meteorológica do SENAI-CIMATEC.

PARÂMETROS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	
Latitude	S 12° 56' 20"
Longitude	W 38° 23' 12"
Elevação	30 m
Data inicial	16/08/2010
Data final	29/11/2011
Duração	16 meses
Intervalo medição	30 minutos
Limite vento calmo	0 m/s
Temperatura média	25,5 °C
Pressão atmosférica	101,3 kPa
Densidade do ar	1,182 kg/m ³
Densidade Pot. (30 m)	16 W/m ²
Classe dos Ventos	1 (poor)

2.1. Instrumentação Utilizada

Foram utilizados, um notebook para armazenamento e compilação dos dados, e uma estação meteorológica, fabricante DAVIS INSTRUMENTS (Figura 1 e 2), contendo uma IHM (Interface Homem Máquina) para comunicação com a torre instrumentada via wireless e software de programação e leitura dos dados e registrador para armazenamento dos dados da estação (WeatherLink), que realiza as seguintes medidas:

- Medidas eólicas – Velocidade do vento (78,2 m/s) e direção do vento (1° 10° 16 indicações segundo rosa dos ventos.);
- Medidas solares – Radiação solar;
- Medidas climáticas – Precipitação, umidade relativa do ar, temperatura, sensação térmica, pressão barométrica e previsões do tempo com informações extras sobre as condições do momento.



Figura 1: IHM da estação meteorológica Vantage Pro2 - DAVIS INSTRUMENTS.
Fonte: <http://www.davisnet.com/>.



Figura 2: Torre instrumentada da estação meteorológica Vantage Pro2 - DAVIS INSTRUMENTS.
Fonte: Paulo R. F. Neves (Autor).

2.2. Localização

O local escolhido para instalação da estação meteorológica, foi o ponto mais alto das edificações do SENAI – CIMATEC, a 30 m de altitude, localizado em Salvador – Ba nas coordenadas descritas na tabela 1. Este ponto fica a 2 km do litoral (Figura 3) local onde serão realizados estudos mais detalhados no futuro. Esta elevação facilita a comparação dos dados coletados com outras estações instaladas em diversos pontos espalhados na Bahia (Ex.: Estações Meteorológicas de Conde, Costa Dourada e Serra Grande).

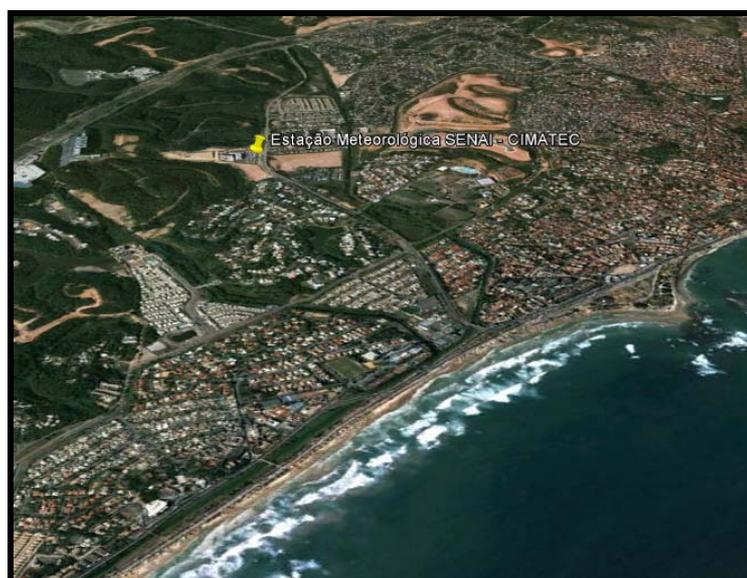


Figura 3: Vista superior das edificações do SENAI – CIMATEC.
Fonte: Google Earth, 2012.

2.3. Armazenamento de Dados

Através da Estação Meteorológica foram mensuradas, velocidades e direções predominantes dos ventos e com a utilização do software WeatherLink, foi realizado o up-load dos dados e armazenados no notebook. Estes dados foram sumarizados e selecionados com o uso do Microsoft Office Excel e inseridos no software Windographer para obtenção da rosa-dos-ventos e dos gráficos de distribuição de probabilidade (Weibull) (Figura 4).

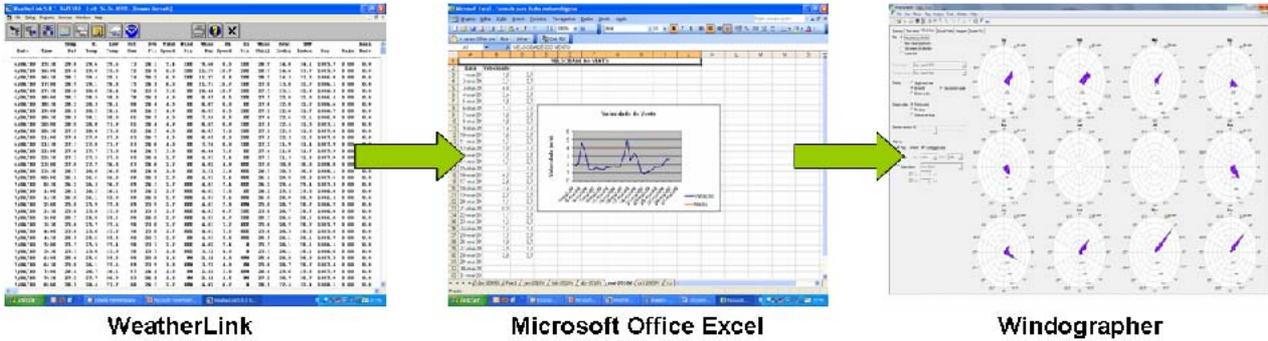


Figura 4: Fluxograma para compilação de dados.

3. RESULTADOS

A energia eólica é medida através de sensores de velocidade e direção do vento, denominados anemômetros, operados por instituições com diferentes objetivos. Em geral, a velocidade do vento é medida em m/s (metros/segundo), podendo ainda ser medida em outras unidades, tais como nós, km/h, etc. O parâmetro mais importante é a velocidade média do vento e sua direção predominante, mas é desejável conhecer também a sua distribuição estatística de velocidades.

Conforme Figura 5, o potencial eólico na costa litorânea da Bahia está entre 6 e 7 m/s, velocidades teoricamente viáveis para captação e geração de energia elétrica através de aerogeradores.

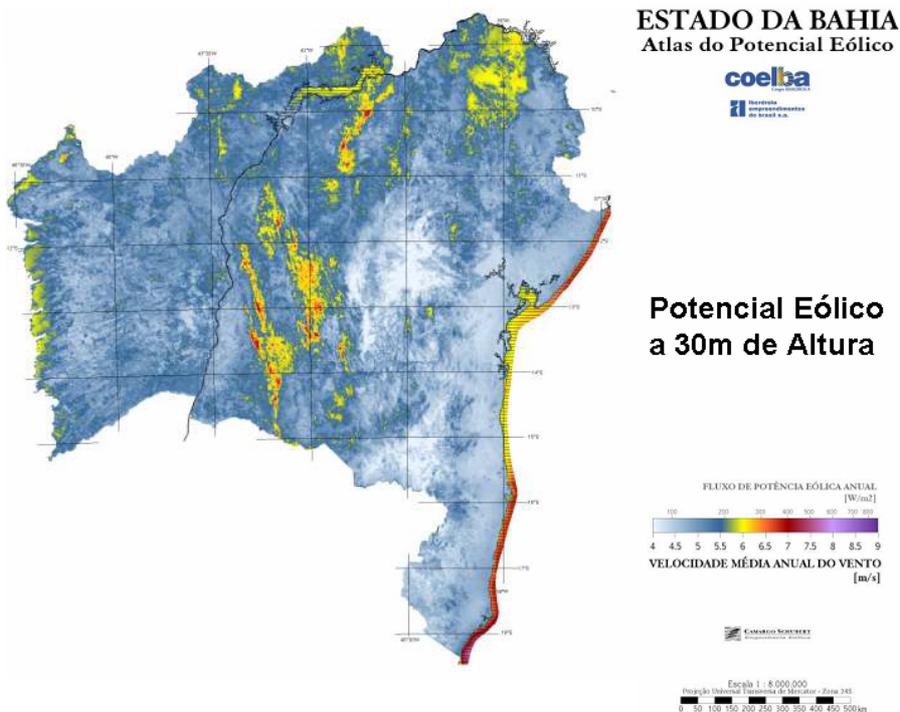


Figura 5: Potencial Eólico a 30 m de Altura para o Estado da Bahia. Fonte: COELBA, 2006.

ESTAÇÃO 0011: CONDE

PERÍODO: 07/00 a 06/01

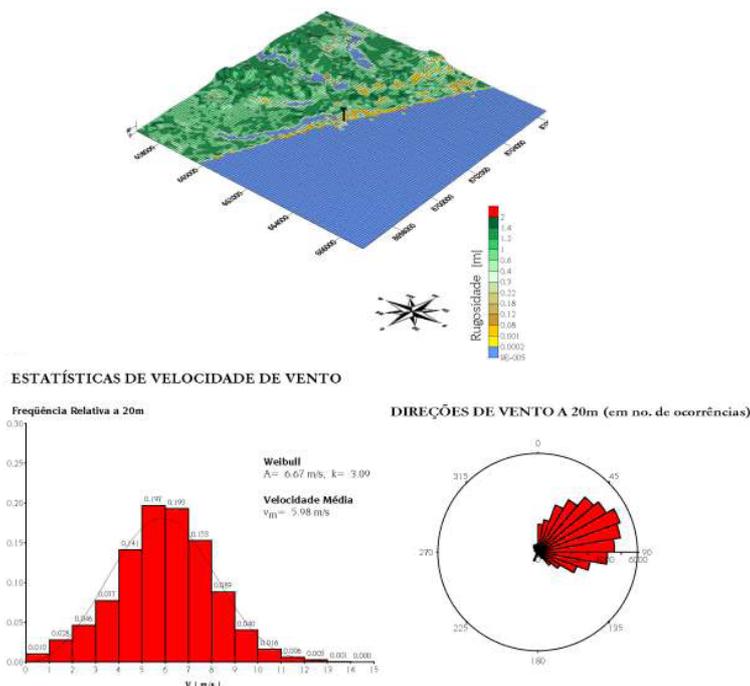


Figura 6: Representação gráfica da estação meteorológica de Conde - Ba.
 Fonte: COELBA, 2006.

ESTAÇÃO 0014: COSTA DOURADA

PERÍODO: 07/00 a 06/01

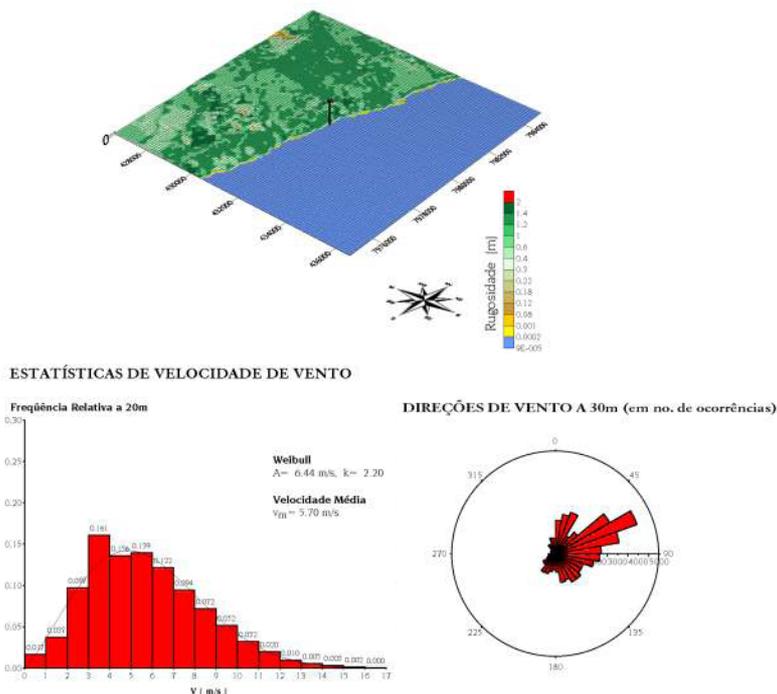


Figura 7: Representação gráfica da estação meteorológica de Costa Dourada - Ba.
 Fonte: COELBA, 2006.

Com base nos dados coletados na estação meteorológica, a velocidade média dos ventos a 30 m de altura foi calculada em 3,0 m/s e máxima de 7,5 m/s. O perfil de velocidade do vento mostra as velocidades médias e máximas para cada mês do ano (Figura 8).

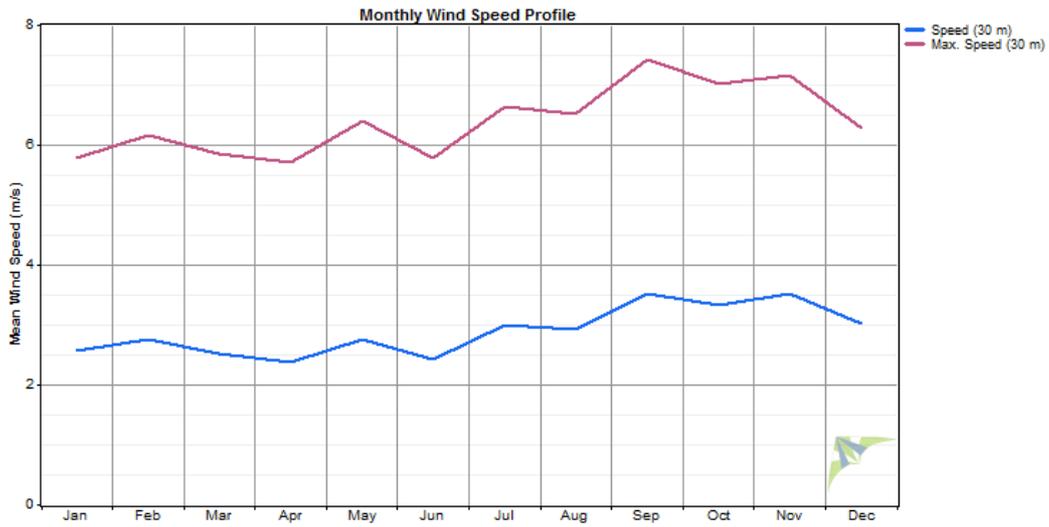


Figura 8: Perfil de velocidade média e máxima do vento mensal

Observando as médias mensais é possível notar que os valores entre setembro e novembro, foram maiores que nos outros meses, registrando aproximadamente 3,5 m/s. Porém, estes valores de velocidade estão bem abaixo dos valores encontrados nas cidades de Conde e Costa Dourada (Figuras 6 e 7), também no litoral da Bahia ocorre devido à quantidade de obstáculos encontrados pelo vento vindo do litoral até à estação meteorológica instalada no SENAI – CIMATEC localizado a 2 km do litoral. Todavia os valores encontrados são suficientes para a geração de potência já que os atuais geradores eólicos de pequeno porte precisam de pelo menos 2,5 m/s para início de produção.

A figura 9 mostra o perfil diário da velocidade do vento. É possível observar que no período da tarde, o vento escoa com maior intensidade, chegando à velocidade média de 4,0 m/s e máxima de 8,2 m/s.

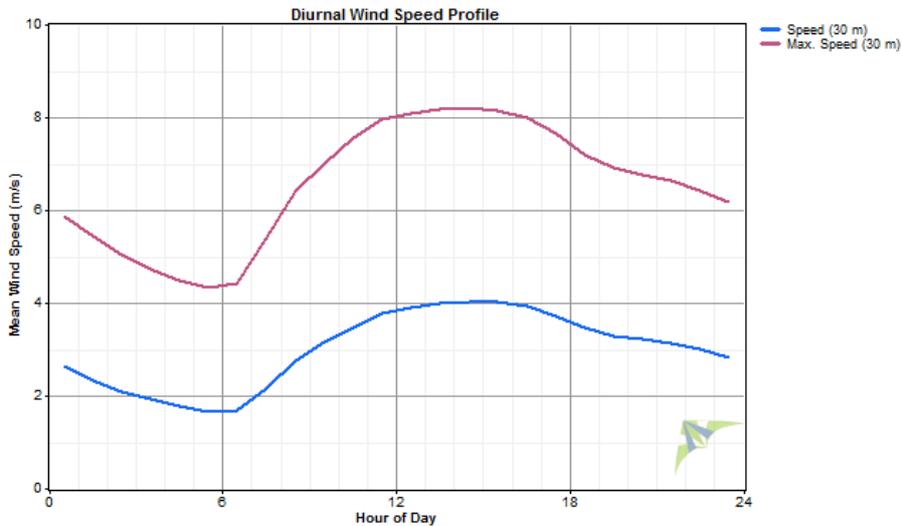


Figura 9: Perfil de velocidade média e máxima do vento diária

Outra informação obtida com o tratamento dos dados foi à distribuição de frequência (distribuição de Weibull) das velocidades de vento para o SENAI – CIMATEC (Figura 10). O gráfico mostra a frequência com que são atingidas determinadas velocidades do vento (0 a 0,125 m/s, 0,125 a 0,25, e assim por diante). A curva sobreposta às faixas de velocidade representa a distribuição de probabilidade usada para caracterizar a amplitude da distribuição de velocidades do vento. A melhor distribuição de Weibull tem como uma predominância da velocidade de 3,33 m/s.

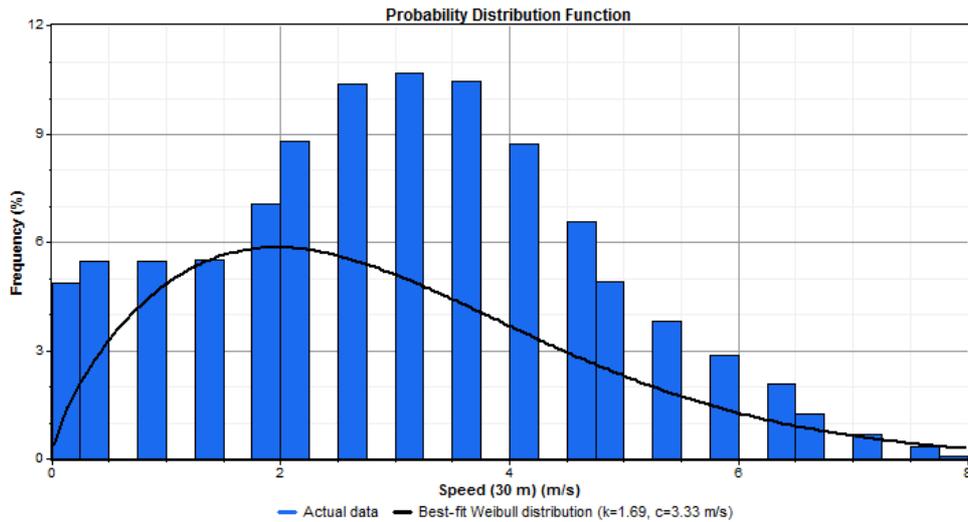


Figura 10: Gráfico de distribuição de probabilidade (Weibull)

Com base no gráfico de distribuição de Weibull, podemos observar que as frequências mais relevantes estão entre os valores 2,5 e 3,5 m/s, o que comprova a velocidade média anual. Já o fato de existir velocidades iguais à zero, é provável, pois ocorrem todos os dias a inversão do vento, de nordeste para sudeste, no período da manhã entre 05h00min e 06h00min.

Através dos dados registrados pela estação meteorológica foi obtida também a rosa dos ventos (Figura 11), representando graficamente as direções predominantes dos ventos. Percebe-se que, ao longo dos 12 meses de coleta, os ventos foram predominantes entre o nordeste e sudeste, conforme as massas de ar Equatorial Atlântico e Tropical Atlântico, vindas do nordeste e do sudeste do Brasil respectivamente.

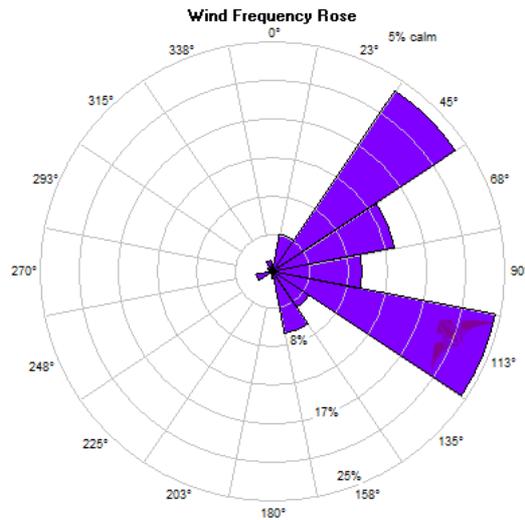


Figura 11: Frequência da rosa dos ventos anual.

Avaliando as representações mensais, é possível perceber que nas estações Primavera e Verão, os ventos predominantes são de nordeste e entre as estações Outono e Inverno, os ventos predominantes são de sudeste (Figura 12).

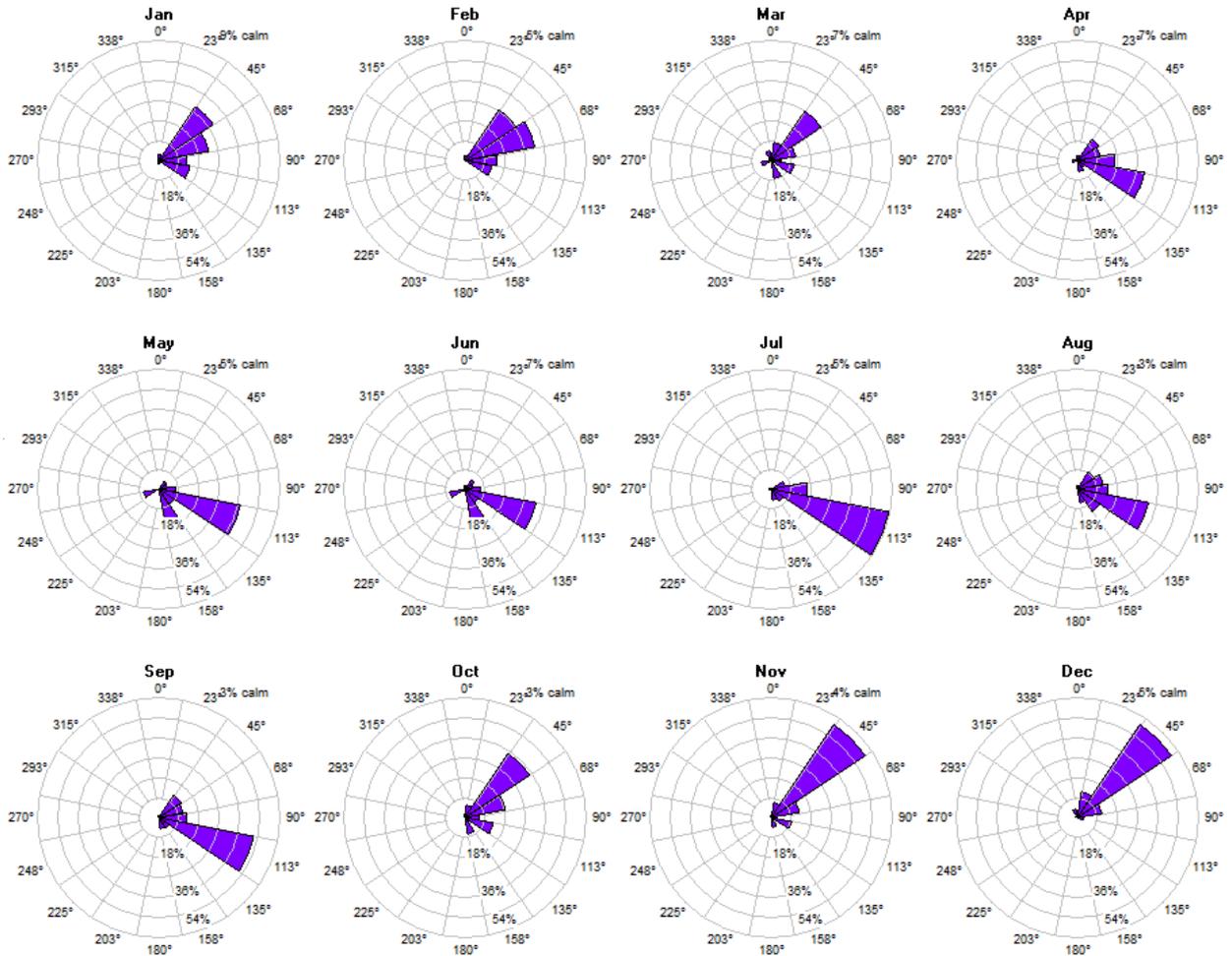


Figura 12: Frequência da rosa dos ventos mensal.

Na representação da figura 13, é possível observar o potencial de energia eólica em frequência de direção do vento. Podemos identificar que qualquer potência gerada de energia eólica nesta altitude e localização (30 m e no SENAI-CIMATEC) será em decorrência de 40% a direção e 30% a leste-sudeste.

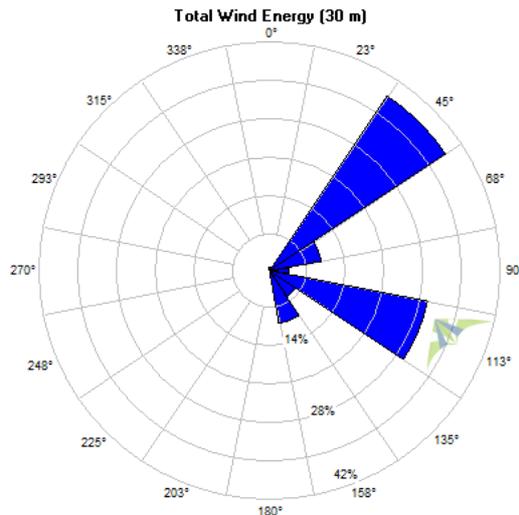


Figura 13: Energia eólica total por direção anual.

As representações gráficas das regiões Conde e Costa Dourada (Figuras 6 e 7) revelam dados de velocidades e direções dos ventos bastante animadores para o estudo em questão. As velocidades de ventos coletadas em suas respectivas estações meteorológicas são, 5,98 m/s para Conde e 5,70 m/s para Costa Dourada. O que possibilita esses valores de velocidade é a classe de rugosidade que é praticamente 0 (zero), pois os ventos vem do mar para o continente

(do leste para o oeste). Estes dados comprovam que o potencial eólico na costa da Bahia é sim, passível de um estudo mais detalhado para comprovação de seu potencial real em baixas altitudes.

Os valores encontrados em rosa dos ventos de Conde e Costa Dourada são bastante parecidos com os valores encontrados no mapeamento preliminar estudado no SENAI – CIMATEC segundo rosa dos ventos (Figura 11).

4. CONCLUSÕES

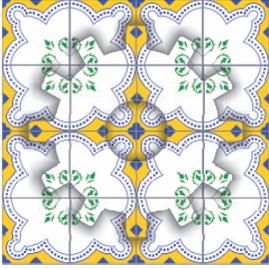
Foram observadas as direções predominantes que indicaram fluxos constantes em períodos distintos ao longo do ano.

Os dados coletados pela estação meteorológica do SENAI – CIMATEC mostram que as velocidades médias dos ventos são baixas quando comparadas com as estações dos municípios de Conde e Costa Dourada devido a grande quantidade de obstáculos encontrados pelos ventos da costa litorânea até à estação meteorológica. Porém, isso não impossibilita a instalação de geradores eólicos de pequeno porte no local estudado, já que os atuais geradores eólicos de pequeno porte precisam de pelo menos 2,5 m/s para início de geração. Além do mais, novos projetos de equipamentos podem ser realizados para operação nessa faixa de velocidades, encontradas em regiões litorâneas com incidência natural de obstáculos encontrados em qualquer capital do país. Isso permite a instalação de sistemas distribuídos para suprimento de demanda de energia elétrica dos laboratórios e salas de aulas.

Com isso é possível concluir que, para saber ao certo qual o potencial eólico em baixas altitudes existente no litoral em Salvador, é necessário um estudo mais aprofundado, ou seja, instrumentação adequada e reforçada em pontos estratégicos percorrendo toda a costa litorânea da região, para realização mais fundamentada de um Atlas de Potencial Eólico apenas do litoral da cidade. Este tipo de estudo será realizado no futuro para verificar a possibilidade de instalações de geradores de pequeno porte para alimentação elétrica de atividades comerciais, implementando o conceito de geração distribuída e renovável na cidade do Salvador.

5. REFERÊNCIAS

- Coelba - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, 2006, “Atlas do Potencial Eólico do Estado da Bahia”. Disponível em <www.coelba.com.br>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2010.
- Garvine, R.W.; Kempton, W., 2008, "Assessing the wind field over the continental shelf as a resource for electric power". *Journal of Marine Research*, 751-773.
- Gonçalves, F. F., 2008, “ENERGIA EÓLICA DISTRIBUÍDA – Estudo da Tecnologia e Avaliação de Viabilidade Técnica no Estado da Bahia”. Bahia.
- Küchle, J., 2010, “Emprego da Dinâmica dos Fluidos Computacional na Análise do Potencial Eólico de uma Microrregião em Laguna”, Monografia de Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Kyungnam, K.; Kyoungbo, K.; Jongchul, H., “Variations of wind speed in time on Jeju Island, Korea, *Energy*, 35, p. 3381-3387.
- Ortiz, G. P.; Kampel, M., 2011, “Potencial de Energia Eólica Offshore na Margem do Brasil”. V Simpósio Brasileiro de Oceanografia, Santos - S.P., Brasil.
- Reis, M. M.; Junior, D. S. O.; De Carvalho, P. C. M., “Estudo de Viabilidade Econômica de Geradores Eólicos de Pequeno Porte no Modo Autônomo”. Ceará, disponível em <www.dee.ufc.br/~demercil/Artigos/%5B10_25%5D>. Acesso em 20 de fevereiro de 2012.



PRELIMINARY MAPPING OF WIND POTENCIAL IN LOW ALTITUDE IN THE COASTAL REGION OF SALVADOR

Paulo Roberto Freitas Neves, paulo.neves@fieb.org.br¹

Alex Álisson Bandeira Santos, alex.alisson@fieb.org.br¹

Turan Dias Oliveira, turan.oliveira@fieb.org.br¹

Luzia Aparecida Tofaneli, luzia.tofaneli@fieb.org.br¹

¹ SENAI, Avenida Orlando Gomes, 1845, CEP: 41650-010, Piatã, Salvador, Bahia, Brasil.

Resumo: *Despite the increasing development of technologies in power generation through large-scale wind generators, the use of coastal winds at low altitudes may represent a real potential for energy generation, particularly distributed and small generation systems. The analysis of this potential coupled with the vast coast of Brazil may contribute with a significant share of the domestic demand for electricity. The objective of this work was to map in a preliminary way the wind potential of the coastline of the region of Salvador through the installation of suitable instrumentation for the collection, summarization and interpolation of data in a particular region of the coastline. From this mapping a first potential was identified. Thus, begins an analysis of the possibility of generating electricity from wind in the coastal city, establishing bases for the future development of small wind turbines to harness this potential.*

Keywords: *wind mapping, low altitudes.*