

# INFLUÊNCIA DO EL NIÑO E LA NIÑA NO COMPORTAMENTO DO VENTO PARA OS MUNICÍPIOS DE BOCA DA MATA E SENADOR TEOTÔNIO VILELA-AL

Washington Luiz Félix Correia Filho – wlfcfm@hotmail.com  
Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Ciências Atmosféricas  
Ronabson Cardoso Fernandes – ronabson@hotmail.com  
Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas

1306 – 1.3 Potencial Eólico

**Resumo.** Este trabalho teve como objetivo a caracterização do comportamento do vento utilizando dados disponibilizados pela Diretoria de Meteorologia/SEMARH, das Estações Meteorológicas situadas na Usina Uruba, Boca da Mata-AL (09°38'S, 36°11'W, 147 m) e na Usina Seresta, Senador Teotônio Vilela-AL (09°41'S, 36°20'W, 153 m) no período de janeiro de 1980 à Dezembro de 1990. Foi estimada a velocidade do vento de 2 metros para 10 e 100 metros, através do método do perfil logarítmico e efetuada a análise dos parâmetros  $c$  e  $k$  da distribuição de Weibull e por fim, foi estimado potencial eólico à 100 metros de altura apresentado por Burton et al (2001) e plotadas no software Surfer 8.0. Os resultados mostraram favoráveis quanto à viabilidade na produção energética, com a velocidade do vento acima da velocidade média durante o período de verão (Dez-Jan-Fev) e abaixo da média durante o inverno (Jun-Jul-Ago). Os sistemas e fenômenos meteorológicos de macroescala como El Niño em 1983, La Niña em 1989 e o Padrão do Dipolo do Atlântico na Fase Positiva da Bacia Sul em 1981 e na Fase Negativa da Bacia Sul em 1986 interferiram diretamente nos resultados anuais, e a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) influenciou sazonalmente nos regimes padrão dos ventos, nos parâmetros  $c$  e  $k$  da distribuição de Weibull e por fim no potencial eólico das localidades estudadas. O valor do potencial eólico estimado médio, para 100 metros de altura, foi de 55 e 92 W/m<sup>2</sup> com valores máximos e mínimos das médias mensais de 8 à 149 W/m<sup>2</sup> com pico de 576 W/m<sup>2</sup>, e 24 à 210 W/m<sup>2</sup> com pico de 462 W/m<sup>2</sup> respectivamente para as cidades de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela.

**Palavras-chave:** Velocidade do vento, Parâmetros  $c$  e  $k$  da distribuição de Weibull, Energia Eólica, Boca da Mata, Senador Teotônio Vilela.

## 1. INTRODUÇÃO

Em meio à grande preocupação relacionada à escassez dos combustíveis fósseis e de seus derivados em um futuro próximo, e por estes serem os possíveis responsáveis pelo aquecimento global, vários países vem adotando fontes alternativas de energia como a eólica, a geotérmica, a solar, a biomassa, etc. e estas não poluem, são renováveis e provenientes dos ventos, da radiação solar, das marés e etc. (Correia Filho, 2008).

A energia eólica é um recurso abundante e, além de segura e limpa, não há custos com aquisição de combustíveis e riscos com preços de combustíveis à longo prazo, até 2030, o setor energético, fortemente dependente de combustíveis fósseis, poderá ser responsável por 45% das emissões globais de carbono, dispo de tecnologias já comprovadas para responder a esses problemas em escala global (Millais, 2005).

Quando há energia de fonte eólica disponível na rede elétrica, as formas convencionais de geração podem reduzir suas contribuições, poupando assim recursos naturais, diminuindo a emissão de poluentes e gases nocivos na atmosfera e poupando recursos hídricos dos reservatórios, principalmente em épocas de escassez de chuvas (Dalmaz, 2007).

Nas camadas de até 100 m de altura, os deslocamentos das massas de ar são chamados de ventos de superfície e sofrem influência das irregularidades desta superfície. Nestas pequenas altitudes, os ventos são frenados pela rugosidade da superfície e pelos obstáculos naturais ou artificiais existentes. Para o caso da energia eólica, é importante conhecer os ventos de superfície, assim os ventos de superfície são mais importantes para a produção eólica (Rocha e Rossi, 2005).

Outro fator que também afeta o vento é a rugosidade do terreno, onde este consiste de um conjunto de elementos, formados por árvores, arbustos, vegetação rasteira e pequenas construções sobre a superfície do solo, que oferecem resistência à passagem do vento e desvia a sua rota além de causar pequenas turbulências na superfície (Dutra, 2001).

No Brasil existem diversas centrais eólicas, uma parte situada no Nordeste, nos estados de Pernambuco e Ceará, também serão construídas 5 novas centrais em Pernambuco (Sbmet, 2008) e uma 1 nova central no Ceará (Eletrosul, 2007), onde há uma expectativa de suprir a necessidade energética da Região Nordeste. Também há centrais eólicas no Paraná e no Rio Grande do Sul. No estado de Alagoas atualmente estão sendo realizados estudos preliminares para determinar o mapa eólico do Estado, com a instalação de 6 torres eólicas.

O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento do vento, os parâmetros da distribuição de Weibull (c e k), estimar o potencial eólico dos municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL, e analisar se durante o El Niño ou La Niña associados aos sistemas meteorológicos influenciaram no comportamento do vento.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Área de Estudo

O município de Boca da Mata está localizado na região centro-leste do Estado de Alagoas, limitando-se a norte com os municípios de Maribondo, Pilar e Atalaia, a sul com São Miguel dos Campos, a leste com Pilar e São Miguel dos Campos e a oeste com Anadia, e pode ser visto na Figura 1. A área municipal ocupa 186,60 km<sup>2</sup> (0,67% de AL), inserida na meso-região do Leste Alagoano e na micro-região de São Miguel dos Campos (Mascarenhas *et al.*, 2005a).

O município de Teotônio Vilela está localizado na região centro-sul do Estado de Alagoas, limitando-se a norte com os municípios de Junqueiro e Campo Alegre, a sul com Coruripe, a leste com São Miguel dos Campos e Coruripe e a oeste com Junqueiro e São Sebastião, e pode ser visto na Figura 1. A área municipal ocupa 297,89 km<sup>2</sup> (1,07% de AL), inserida na meso-região do Leste Alagoano e na micro-região de São Miguel dos Campos (Mascarenhas *et al.*, 2005b).



Figura 1 – Mapa das divisas territoriais dos municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela. Fonte: Webcarta (2008).

Foram utilizados apenas dados da magnitude do vento, os dados de direção são ausentes. Os dados foram obtidos através da Diretoria de Meteorologia do Estado de Alagoas, no qual faz parte da SEMARH (Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Foi obtido através de um projeto entre o MEC/UFAL, e atualmente se encontra desativado. Esses dados consistem em médias mensais durante o mês de janeiro de 1980 à dezembro de 1990, obtidos nas Estações Meteorológicas através de anemômetros que medem a magnitude do vento à 2 metros de altura, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das Estações Meteorológicas. Fonte: Semarh (2007).

| Município               | Estações | Latitude  | Longitude |
|-------------------------|----------|-----------|-----------|
| Boca da Mata            | Triunfo  | 09° 38' S | 36° 11' W |
| Senador Teotônio Vilela | Seresta  | 09° 41' S | 36° 20' W |

Para a realização deste trabalho foram obtidos os dados mensais da velocidade do vento à 2 metros. Os dados brutos da velocidade do vento estavam em km/h, sendo necessário transformá-los para m/s. Em seguida foi feita uma separação dos dados em arquivos anuais de 1980-1990 para os dois municípios descritos anteriormente na Tabela 1.

Logo após a este procedimento, foi realizado através do Método Logarítmico da altura utilizado por Dutra (2001), que consiste em estimar a velocidade média do vento, e posteriormente em calcular os parâmetros c e k da distribuição de Weibull e por fim a estimativa do potencial eólico das cidades para todo o período estudado.

As estimativas iniciais da velocidade do vento, obtidas para as alturas de 2 metros do solo, foram convertidas para a altura de 10 metros, e deste para 100 metros, depois deste estimar o potencial eólico mensal. Após o potencial eólico se utilizou o software Surfer 8.0 para gerar as imagens do Potencial Eólico estimado à 100 metros para os municípios no presente estudo.

## 2.2 Estimativa da velocidade do vento

Pode-se determinar a velocidade do vento em uma determinada altura a partir das duas expressões de perfil logarítmico: um para a altura de referência ( $Z_0$ ) e outra a altura desejada ( $Z$ ). Essa equação torna-se mais precisa ao considerar a rugosidade em cada expressão logarítmica das alturas  $Z$  e  $Z_0$ . O modelo do perfil logarítmico apresentado por Dutra (2001) pode ser visto na Eq.(1):

$$V(Z) = V(Z_r) \frac{\ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{Z_r}{Z_0}\right)} \quad (1)$$

Na qual:

$V(Z_r)$  – Velocidade do vento na altura de referência  $Z_r$  (m/s);

$V(Z)$  – Velocidade do vento na altura  $Z$  (m/s);

$Z_r$  – Altura de referência(m);

$Z$  – Altura desejada (m/s);

$Z_0$  – Comprimento da rugosidade do local (m).

A rugosidade utilizada foi a de  $Z_0=0,05$  m, no qual está compreendido entre as classe 1 e 2, conforme pode ser vista na Tabela 2, onde há diversos  $Z_0$  para cada característica do terreno. A rugosidade tende a diminuir com a altura, o modelo do perfil logarítmico é freqüentemente utilizado para estimar a velocidade do vento em uma altura a partir da altura de referência. Para estimar obter a velocidades de 10 e 100 metros, foram utilizados os dados de velocidade do vento à 2 metros e multiplicou pelos índices de 1,6 e 2,3 respectivamente, sendo resultantes da divisão do Método do Perfil Logarítmico, mas que para o resultado da velocidade do vento se multiplicou pelo índice de 0,67 decorrentes de perdas por influência de meios externos.

Tabela 2 – Fator  $Z_0$  para diferentes tipos de rugosidade e seus respectivos comprimentos em metros. Fonte:Filgueiras (2002)

| $Z_0$ [m]          | Características do terreno                | Classe da Rugosidade |
|--------------------|---|----------------------|
| 1,00               | Cidades                                   | 3                    |
|                    | Florestas                                 |                      |
| 0,5                | Subúrbios                                 |                      |
| 0,30               | Barreiras de Proteção                     | 2                    |
| 0,20               | Muitas árvores e/ou arbustos              |                      |
| 0,05               | Fazenda com muitos arbustos               |                      |
| 0,03               | Fazenda com poucos arbustos               | 1                    |
|                    | Fazenda com muitos poucos prédios,        |                      |
|                    | Aeroportos com áreas de prédios e árvores |                      |
| 5.10 <sup>-3</sup> | Gramma rala ou cultivo cortado            | 0                    |
|                    | Terra nua(lisa)                           |                      |
|                    | Superfície com neve (lisa)                |                      |
|                    | Superfície de areia( lisa)                |                      |
| 10 <sup>-3</sup>   |   |                      |
| 3.10 <sup>-3</sup> |   |                      |
| 10 <sup>-4</sup>   | Mar, lagoas e lagos                       |                      |

## 2.3 Distribuição de Weibull

A função de distribuição de Weibull é um dos métodos mais eficazes para se calcular o potencial eólico, a obtenção da função de distribuição de Weibull requer dois parâmetros fundamentais:  $k$ , o fator de forma e  $c$ , o fator de escala. Ambos são funções de  $U$ , a velocidade do vento, e de  $\sigma_U$ , o desvio padrão da velocidade do vento. Foi apresentado por Manwell *et al.* (2002) que a função de densidade de probabilidade de Weibull é dada pela Eq. (2):

$$P(U) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{U}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{U}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

Na qual:

$P(U)$  – Probabilidade de Weibull;

$k$  – Fator de forma;

$c$  – Fator de escala (m/s);

U – Velocidade média do vento (m/s).

O parâmetro k é adimensional, P(U) pode variar entre 0 e 1, segundo Justus (1978) pode ser obtida através da Eq. (3):

$$k = \left(\frac{\sigma}{\bar{U}}\right)^{-1,086} \quad (3)$$

Na qual:

$\sigma$  - Desvio padrão da velocidade média do vento (m/s);

$\bar{U}$  - Velocidade média do vento (m/s).

Segundo Borba (2005) para obter os valores do Desvio padrão ( $\sigma$ ), utiliza-se a Eq.(4):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(U - \bar{U})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

Na qual:

$\sigma$  - Desvio padrão (m/s)

U - Valor atual da velocidade (m/s);

$\bar{U}$  - Velocidade Média do vento (m/s)

N - Número de Amostras

O fator de escala c da função de distribuição de Weibull, apresentado por Burton *et al.* (2001) que pode ser visto na Eq. (5):

$$c = \frac{\bar{U}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad (5)$$

Na qual:

c - Fator de escala (m/s);

$\bar{U}$  – Velocidade Média do vento (m/s);

$\Gamma$  – Função Gama.

$\Gamma$  é a função de distribuição Gama que foi apresentada por Borba (2005) é dada pela Eq. (6):

$$\Gamma = \int_0^{\infty} t^{(x-1)} \exp(-t) dt \quad (6)$$

Na qual:

x - valor da velocidade média

t – Período de estudos em meses

O potencial eólico (P) obtido à partir de uma turbina eólica é apresentado por Burton *et al.* (2001) é dada pela Eq. (7):

$$P = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho \cdot A \cdot U^3 \quad (7)$$

Na qual:

P – Potencial eólico (W/m<sup>2</sup>);

$\rho$  - Densidade do ar (kg/m<sup>3</sup>);

A – Área do rotor (m<sup>2</sup>);

U – Velocidade média do vento (m/s);

Cp- Limite de Betz (%).

O valor de Cp é de 0,59, sendo este o limite máximo em que o rotor poderá captar a energia produzida pelos ventos através das pás dos aerogeradores.

## 2.4 Sistemas Meteorológicos

### El Niño e La Niña

Os fenômenos El Niño e La Niña são caracterizados, respectivamente, pelo aquecimento e resfriamento anômalo das águas superficiais do Pacífico Equatorial Oriental e Central. O período de aquecimento e resfriamento durante episódio típico de El Niño e La Niña dura de 12 a 18 meses, atingindo sua máxima intensidade durante Dezembro - Janeiro e terminando na metade do segundo ano (Correia Filho, 2008).

Em seu estágio maduro, as águas quentes ocupam uma região estreita e comprida próxima do Equador que se estende desde a costa do Peru até por volta de 180° (linha de data) com anomalias de temperatura de 3° C a 5°C próximo à costa da América do Sul, reduzindo gradualmente para 1° C ou 2°C próximo de 160°W (Sampaio, 1998). E pode ser visto conforme a Tabela 3 os anos que ocorreram os El Niños e La Niñas e suas intensidades.

Tabela 3 – Os anos de ocorrência de El Niños, La Niña e suas respectivas intensidades e ano neutro. Fonte: Alves *et al.* (2005).

| EL NIÑO                                  |                  |                  |
|--|------------------|------------------|
| FRACO                                    | MODERADO         | FORTE            |
| 1978,1980,1982,1988,1991,<br>1993        | 1973, 1987, 1995 | 1983, 1992, 1998 |
| LA NIÑA                                  |                  |                  |
| FRACO                                    | MODERADO         | FORTE            |
| 1975, 1984, 1985, 1996                   | 1976, 2000       | 1974, 1989, 1999 |
| NEUTRO                                   |                  |                  |
| 1972, 1977, 1979, 1981, 1986, 1990, 1997 |                  |                  |

### Padrão Dipolo do Atlântico

Este modo de variabilidade caracteriza-se pelo aparecimento de um padrão de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as Bacias Norte e Sul do Atlântico Tropical (Hastenrath, 1978). E pode ser visto conforme a Tabela 4, que mostra a ocorrência do Padrão de Dipolo do Atlântico (Souza e Nobre, 1998).

Tabela 4 – Ocorrência do Padrão Dipolo do Atlântico. Fonte: Souza e Nobre (1998).

| Fase Positiva do Dipolo   | Fase Negativa do Dipolo   |
|---|---|
| Anomalias de TSM positivas na Bacia Norte e negativas na Bacia Sul do Atlântico | Anomalias de TSM negativas na Bacia Norte e positivas na Bacia Sul do Atlântico |
| 1951, 1953, 1956, 1958, 1966, 1970, 1978, 1979, 1980, 1981 e 1992.              | 1949, 1964, 1965, 1971, 1972, 1973, 1974, 1977, 1985, 1986, e 1989.             |

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Velocidade Anual do Vento

A Tabela 5 mostra o comportamento da velocidade média anual do vento à 2 metros, e velocidade estimadas à 10 e 100 metros ao longo de 1980 à 1990 para os municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL, observou-se que os maiores velocidade anuais ocorreram no ano de 1983, em decorrência do forte El Niño ocorrido no respectivo ano. Enquanto a menor velocidade no município de Boca da Mata foi registrada em 1989, em função do forte La Niña, no município de Senador Teotônio Vilela se registrou a menor velocidade anual em 1986, motivado pelo dipolo do atlântico na fase negativa.

Tabela 5 – Comportamento da velocidade anual do vento à 2 metros, e estimados à 10 e 100 metros ao longo de 1980 à 1990 para os municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL

| Anos  | Boca da Mata |      |       | Senador Teotônio Vilela |      |       |
|-------|--------------|------|-------|-------------------------|------|-------|
|       | 2 m          | 10 m | 100 m | 2 m                     | 10 m | 100 m |
| 1980  | 1,5          | 1,7  | 3,8   | 2,0                     | 2,1  | 4,9   |
| 1981  | 1,9          | 2,0  | 4,6   | 2,2                     | 2,3  | 5,4   |
| 1982  | 1,8          | 1,9  | 4,3   | 2,0                     | 2,1  | 4,9   |
| 1983  | 2,0          | 2,1  | 4,9   | 2,3                     | 2,4  | 5,6   |
| 1984  | 1,7          | 1,9  | 4,2   | 2,0                     | 2,1  | 4,8   |
| 1985  | 1,5          | 1,6  | 3,6   | 1,9                     | 2,0  | 4,6   |
| 1986  | 1,5          | 1,6  | 3,7   | 1,6                     | 1,7  | 4,0   |
| 1987  | 1,3          | 1,4  | 3,3   | 1,9                     | 2,0  | 4,6   |
| 1988  | 1,3          | 1,4  | 3,3   | 2,0                     | 2,1  | 4,8   |
| 1989  | 0,8          | 0,9  | 2,0   | 2,0                     | 2,1  | 4,8   |
| 1990  | 1,1          | 1,2  | 2,7   | 2,0                     | 2,1  | 4,9   |
| Média | 1,6          | 1,8  | 3,7   | 2,2                     | 2,3  | 4,9   |

De acordo com Aragão (1998), nos anos de El Niño, a pressão tende a valores mais baixos no Pacífico e aumenta no restante da região tropical. Os valores baixos da pressão, o aumento da evaporação no Pacífico e a mudança dos ventos, conseqüentemente à velocidade do vento aumenta, sendo visto durante o El Niño de 1983 nos municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL. E nos anos de La Niña ocorre o inverso, pressões mais altas, diminuição da evaporação e a mudança dos ventos alísios, implicam na redução da velocidade do vento, foi o que ocorreu em 1989 no município de Boca da Mata.

A menor velocidade anual do vento no município de Senador Teotônio Vilela foi em 1986, podem ter sido influenciado pelo Padrão de dipolo da Fase Negativa. De acordo com Souza e Nobre (1998) o dipolo está associado às anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) da Bacia Norte e Sul do Oceano Atlântico, quando o Atlântico Sul está sob influência da Fase negativa do Dipolo do Atlântico, significa dizer que as anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) são positivas, resultando em aquecimento na superfície do Atlântico Sul, e enfraquecendo a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), resultando no enfraquecimento dos ventos alísios.

### 3.2 Parâmetros c e k da distribuição de Weibull

Na Tabela 6 mostra os valores médios anuais dos parâmetros c e k da função de distribuição de Weibull estimado à 100 metros, para os municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL de 1980 à 1990.

Tabela 6 – Comportamento da Média anual do parâmetro c (m/s) e k da função de distribuição de Weibull estimado à 100 metros, para os municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela/ AL de 1980 à 1990.

| Anos  | Boca da Mata |         | Senador Teotônio Vilela |         |
|-------|--------------|---------|-------------------------|---------|
|       | k (s/dim)    | c (m/s) | k(s/dim)                | c (m/s) |
| 1980  | 1,8          | 4,2     | 3,9                     | 5,5     |
| 1981  | 3,0          | 5,1     | 4,9                     | 5,9     |
| 1982  | 2,7          | 4,8     | 5,1                     | 5,4     |
| 1983  | 2,5          | 5,5     | 4,4                     | 6,2     |
| 1984  | 2,7          | 4,8     | 3,6                     | 5,4     |
| 1985  | 2,8          | 4,0     | 2,6                     | 5,1     |
| 1986  | 5,2          | 4,1     | 4,1                     | 4,5     |
| 1987  | 2,4          | 3,6     | 2,4                     | 5,1     |
| 1988  | 3,4          | 3,7     | 3,8                     | 5,4     |
| 1989  | 1,8          | 2,2     | 4,0                     | 5,3     |
| 1990  | 3,9          | 3,0     | 4,3                     | 5,5     |
| Média | 5,2          | 4,1     | 4,2                     | 5,4     |

O parâmetro c da distribuição de Weibull, está diretamente relacionado à velocidade média anual do vento, os valores apresentados anteriormente da velocidade do vento se refletem nesta Tabela 6, e como já foi discutido que a maior velocidade do vento se encontrou no período de ocorrência do El Niño de 1983 nos municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela, o maior valor de c foi obtido durante a ocorrência do El Niño de 1983 nos municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela.

Enquanto o menor valor obtido foi durante o La Niña de 1989 para a cidade de Boca da Mata, e durante a Fase Negativa do Dipolo do Atlântico de 1986 para o município de Senador Teotônio Vilela, os valores mínimos e máximos variaram entre 2,2 à 5,5m/s e 4,5 à 6,2m/s para os municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL respectivamente.

O parâmetro k da distribuição de Weibull fornece informações sobre a uniformidade da distribuição dos dados. De acordo com Martínez (2003) esse parâmetro assume valores, geralmente, entre 1,5 e 3, e nos dá a idéia da regularidade dos ventos, ou seja, quanto maior o valor de k, maior será a regularidade dos ventos em termos de velocidade, isto significa que  $k > 3$  os valores serão mais homogêneos, a influência externa sobre a velocidade do vento como: turbulência, obstáculos e outros fatores são insignificantes. De acordo com a Tabela 6, os maiores valores anuais durante o período estudado ocorreram em 1986 e 1982, decorrentes do Padrão Dipolo na Fase Negativa e do El Niño respectivamente para os municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela, mostrando desta forma que durante estes eventos a velocidade se caracteriza de maneira homogênea, que não mudanças bruscas da velocidade do vento, devido a turbulência ou de fenômenos associados.

Enquanto os menores valores foram registrados em 1987, exceto o município de Boca da Mata que registrou a menor em 1986, os valores mínimos e máximos variaram entre 1,8 à 5,2m/s e 2,4 à 5,1m/s para as cidades de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL respectivamente.

### 3.3 Potencial Eólico Anual

Na Tabela 7 mostra comportamento médio anual do Potencial Eólico estimado à 100 metros de altura para os municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL de 1980 à 1990. Tendo em vista que o comportamento do potencial eólico está associado ao comportamento do vento, significa dizer que todos os fenômenos que venham alterar a velocidade, serão refletidos no potencial eólico, em decorrência deste fato podemos ver que na Tabela 7, o ano de 1983, durante a ocorrência de El Niño, se registrou o maior potencial anual nos municípios de Boca Mata e Senador Teotônio Vilela, indicando que durante os possivelmente ele deve ter intensificado os eventos de maneira local e regional.

Tabela 7 – Comportamento médio anual do Potencial Eólico estimado para 100 metros, para os municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL de 1980 à 1990 .

|       | Boca da Mata | Senador Teotônio Vilela |
|-------|--------------|-------------------------|
| 1980  | 79           | 77                      |
| 1981  | 88           | 113                     |
| 1982  | 77           | 86                      |
| 1983  | 117          | 130                     |
| 1984  | 73           | 91                      |
| 1985  | 44           | 89                      |
| 1986  | 35           | 51                      |
| 1987  | 36           | 102                     |
| 1988  | 30           | 89                      |
| 1989  | 10           | 86                      |
| 1990  | 16           | 92                      |
| Média | 55           | 92                      |

Enquanto o menor Potencial Eólico Anual foi obtido durante o forte La Niña, onde segue a tendência da velocidade do vento, isto para a cidade de Boca da Mata. Já em Teotônio Vilela foi a ocorrência do Padrão Dipolo na Fase Negativa ocorrido em 1986 que afetou diretamente o município de Senador Teotônio Vilela, onde já foi discutido anteriormente. Quanto aos valores mínimos e máximos obtidos, variaram entre 10 e 117W/m<sup>2</sup>, e 51 à 130W/m<sup>2</sup>, para as cidades de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela-AL.

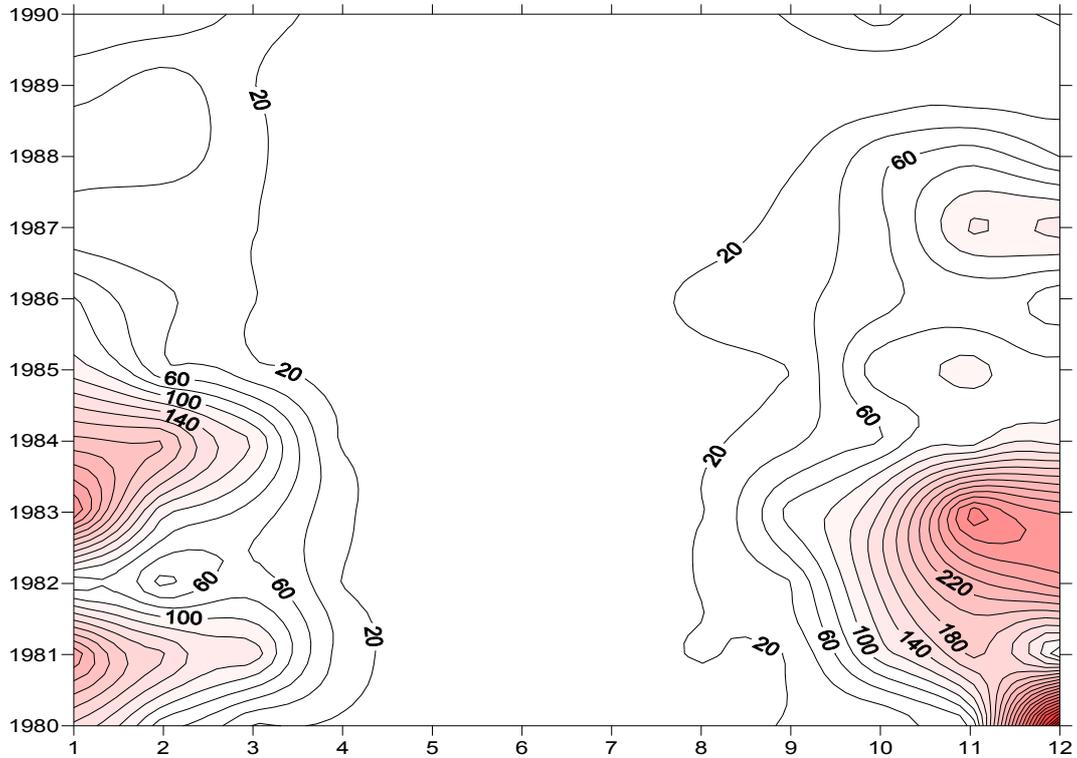
### 3.4 Potencial Eólico Mensal

Na Figura 2 mostra o variação mensal do Potencial Eólico estimado à 100 metros de altura para os municípios de Boca da Mata-AL de 1980 à 1990 gerada no software Surfer 8.0.

De acordo com Aceituno (1989) durante episódios de El Nino há o deslocamento da ZCIT para o norte, por causa do enfraquecimento da Alta Subtropical do Atlântico Norte, conseqüentemente há um fortalecimento da Alta Subtropical do Atlântico Sul, resultando no aumento da velocidade do vento, e como o potencial eólico está diretamente proporcional a velocidade do vento, quanto maior for a velocidade, muito maior será o potencial eólico. Já durante o La Niña ocorre o contrário, ocorre o enfraquecimento da Alta Subtropical do Atlântico Sul, resultando na redução da velocidade do vento.

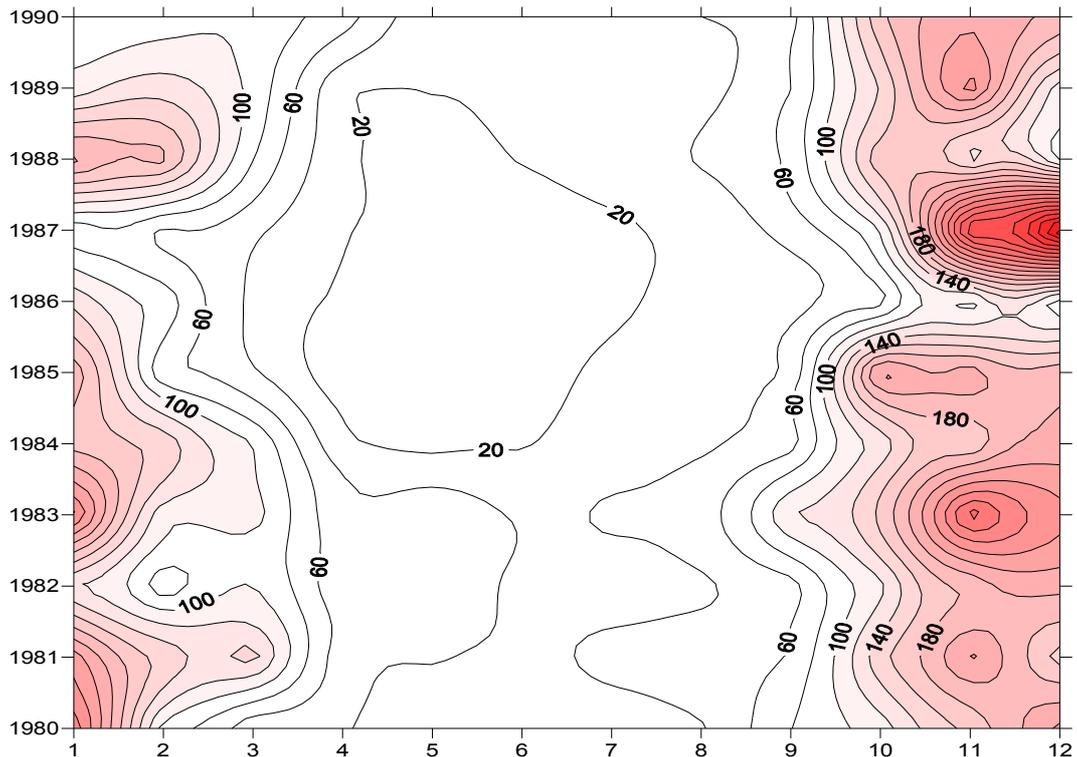
Se observou que durante o período chuvoso o Potencial Eólico mensal não ultrapassou os  $25\text{W/m}^2$ , enquanto durante o período seco atingiu o máximo de  $576\text{W/m}^2$ . Os valores mínimos e máximos variaram entre 0 à  $576\text{W/m}^2$  referentes aos meses de Outubro de 1989 e Dezembro de 1980.

Figura 2 – Variação mensal do Potencial Eólico de 1980 à 1990, para o município de Boca da Mata-AL gerada pelo software Surfer 8.0.



Na Figura 3 mostra o variação mensal do Potencial Eólico estimado à 100 metros de altura para os municípios de Senador Teotônio Vilela/AL de 1980 à 1990 gerada no software Surfer 8.0.

Figura 3 – Variação mensal do Potencial Eólico de 1980 à 1990, para o município de Senador Teotônio Vilela-AL gerada pelo software Surfer 8.0.



Para o ano de 1983, em decorrência do El Niño, que influenciou diretamente as velocidades médias, intensificando as velocidades médias dos meses de (Set-Dez), e conseqüentemente registrando um Potencial Eólico estimado acima de 100 W/m<sup>2</sup>.

Para o ano de 1986, a atuação da fase positiva do Dipolo do Atlântico, contribuiu para o enfraquecimento da Alta Subtropical do Atlântico, resultando no enfraquecimento dos ventos alísios. E sendo interferiu diretamente na velocidade e no Potencial Eólico da região, os valores mínimos e máximos variaram entre 6 à 462W/m<sup>2</sup> referentes aos meses de Abril de 1985 e Dezembro de 1987 respectivamente.

#### 4. CONCLUSÕES

- O forte El Niño de 1983 e o forte La Niña de 1989, influenciaram diretamente sobre no regime dos ventos, no aumento e redução da velocidade média do vento, conseqüentemente esta modificação refletiu no potencial eólico.
- As velocidades do vento são maiores no período seco que no período chuvoso. Aproximadamente 59% na cidade de Boca da Mata e 92% em Senador Teotônio Vilela a velocidade do vento estimada à 100 metros de altura esteve acima de 3m/s. O parâmetro c e k da distribuição de Weibull estimado à 100 metros de altura foram satisfatórios no município de Senador Teotônio Vilela.
- O potencial eólico estimado máximo foi de 576W/m<sup>2</sup> e 462W/m<sup>2</sup>, onde foram registrados em dezembro de 1980 e em dezembro de 1987 nas cidades de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela.
- Em aproximadamente 17% na cidade da Boca da Mata e 35% em Senador Teotônio Vilela do tempo o potencial eólico esteve acima 100W/m<sup>2</sup>.
- A cidade onde demonstrou condições favoráveis para futuras instalações de torres eólicas foi a cidade de Senador Teotônio Vilela.

#### REFERÊNCIAS

- Aceituno, P., 1989, On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Parte II: Upper-air Circulation. *Journal of Climate*, 4 (2): 341-355.
- Alves, J. M. B., Ferreira, F. F., Campos, J. S. B., 2005 Movimento Vertical e Índices Atmosféricos Associados as Células de Hadley e Walker em anos de contrastes Climáticos: Relação com chuvas do Setor Norte do Nordeste do Brasil – SNNEB. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.20, n.1, 15-36.
- Aragão, J. O. R. de., 1998, O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil, *Bull Inst Fr Études Andines*, Grécia, v. 27, n. 3, p. 839-844.
- Borba, J.C.C., 2005, Identificação do Potencial Eólico no estado de Alagoas utilizando dados de reanálises.. Dissertação de Mestrado, ICAT, UFAL, Maceió.
- Burton T., Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E., 2001, *Wind Energy Handbook*, John Wiley & Sons Ltd, 681 pp.
- Correia Filho, W. L. F., 2008, Influência do El Niño e La Niña no comportamento do vento para os municípios de Boca da Mata, Campo Alegre e Senador Teotônio Vilela/AL. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, ICAT, UFAL, Maceió.
- Dalmaz, A., 2007, Estudo do Potencial Eólico e previsão de ventos para geração de eletricidade em Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, PPGEM, UFSC, Santa Catarina.
- Dutra R. M., 2001, Viabilidade Técnico-econômica da energia eólica face ao novo Marco Regulamentário do setor elétrico brasileiro, Dissertação de Mestrado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Eletrosul, 2007 Na costa cearense, o maior parque eólico. Disponível em: [http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/index.php?pg=cl\\_abre&cd=ggnebZ9!%5Bsegg](http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/index.php?pg=cl_abre&cd=ggnebZ9!%5Bsegg)
- Filgueiras A. R., 2002, Curso Geração de Energia.
- Hastenrath, S., 1978, On modes of tropical circulation climate anomalies. *J. Atmos. Sc.*, v.35, p.2222- 2231.
- Justus, C. G., 1978. *Winds and Wind System Performance*, Franklin Institute Press, Philadelphia, PA.
- Manwell, J.F., MCGowan, J.G., Rogers A.L., 2002. *Wind Energy Explained - Theory, Design And Application*, John Wiley & Sons Ltd., England, 590 pp..
- Martínez, C., 2003, Principios de conversión de la energía eólica. In: Amenedo, J. L. R.; Gómez, S. A.; Díaz, J. C. B. *Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica*. Madrid: Rueda, p. 27-96.
- Mascarenhas, J. de C.; Beltrão B. A.; Junior, L. C. de S., 2005a, Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Boca da Mata, estado de Alagoas. Recife: CPRM/PRODEEM.
- Mascarenhas, J. de C.; Beltrão B. A.; Junior, L. C. de S., 2005b, Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Senador Teotônio Vilela, estado de Alagoas. Recife: CPRM/PRODEEM.
- Millais, C., 2005, Relatório Wind Force 12: segurança global a partir do vento. *Revista ECO 21*, Rio de Janeiro, n. 104, julho.
- Rossi, L. A., Rocha, A., 2005, Caracterização do Potencial Eólico do Estado de São Paulo. *Coletânea de Artigos: Energia Solar e Eólica*, Rio de Janeiro, v. 2, p. 249 – 253.

- Sampaio, G., Satyamurty, 1998, P. El Niño de 1997/98: Evolução e Impactos no Brasil. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10 e Congresso da Federação Latino-americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia, 8, 1998. Anais ...
- Sbmet, 2008, Pernambuco terá centrais de energia eólica. Disponível, em: [http://www.sbmet.org.br/noticias\\_gerais/pernambuco\\_centrais\\_eolicas/index.html](http://www.sbmet.org.br/noticias_gerais/pernambuco_centrais_eolicas/index.html).
- Semarh, 2007, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Boletim Mensal dos Dados Meteorológicos.
- Souza, E. B. de, Nobre, P., 1998, Uma revisão sobre o Padrão de dipolo no Atlântico Tropical. Revista Brasileira de Meteorologia, v.13, n.1, 31-44p. 1998.
- Webcarta, 2008, Mapa das divisas territoriais dos municípios de Boca da Mata e Senador Teotônio Vilela/AL

## **INFLUENCE OF EL NIÑO AND LA NIÑA ON BEHAVIOUR OF THE WIND IN THE MUNICIPALITIES OF BOCA OF MATA AND SENADOR TEOTÔNIO VILELA-AL**

**Abstract.** *This work aimed at the characterization of the behavior of the wind using data provided by the Directory of Meteorology / SEMARHN from meteorological stations located in Usina Uruba, Boca da Mata/AL (09° 38' S, 36° 11' W, 147 m), Usina Porto Rico and Usina Seresta, Senador Teotônio Vilela/AL (09° 41' S, 36° 20' W, 153 m) in the period January 1980 to December 1990. It was estimated the wind speed of 2 meters for 10 and 100 meters, as a logarithmic profile and performed the analysis of the parameters  $c$  e  $k$  distribution of Weibull and finally, wind power has been estimated to 100 meters in height according to the proposal - Burton (2001), and plotted on the Software Surfer 8.0. The results showed favourable as to the viability in energy production, with the wind speed above the average speed during the summer (Dec-Jan-Feb) and below average during the winter (Jun-Jul-Aug). The systems and weather phenomena such as El Niño, Macroscale in 1983, La Niña in 1989 and the Standard Dipolo Atlantic in the positive phase of the South Basin in 1981 and the negative phase of the South Basin in 1986 interfered directly in the annual results, and the High Subtropical South Atlantic (HSAS), seasonally influenced regimes in the pattern of winds, the parameters  $c$  e  $k$  distribution of Weibull and finally wind power in the locations studied. The value of wind power estimated average to 100 meters high, was 55 and 92W/m<sup>2</sup> with maximum and minimum monthly average of 8 to 149W/m<sup>2</sup> with a peak of 576 W/m<sup>2</sup> and 24 to 210 W/m<sup>2</sup> with a peak of 462 W/m<sup>2</sup> respectively for the towns of Boca da Mata and Senador Teotônio Vilela.*

**Key words:** *Wind velocity, Weibull distribution, Wind Energy, Wind power, Boca da Mata, Senador Teotônio Vilela.*