



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
RODRIGO QUEIROS DE ALMEIDA

RELAÇÃO DO VENTO ARACATI COM A TEMPERATURA
MÁXIMA DIÁRIA

FORTALEZA-CEARÁ

2010

RODRIGO QUEIROS DE ALMEIDA

RELAÇÃO DO VENTO ARACATI COM A TEMPERATURA MÁXIMA DIÁRIA

Monografia apresentada ao Curso de Física do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Física.

Orientador: João Bosco Verçosa Leal Junior

**FORTALEZA-CEARÁ
2010**

A447r Almeida, Rodrigo Queiros de
Relação do vento Aracati com a temperatura
máxima diária./ Rodrigo Queiros de Almeida. –
Fortaleza, 2010.
43p.
Orientador: Prof. Dr. João Bosco Verçosa Leal
Junior.
Monografia (Graduação em Física) – Universidade
Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia.
1. Vento Aracati. 2. Ventos locais. 3. Correlação de
Pearson. I. Universidade Estadual do Ceará, Centro de
Ciências e Tecnologia.

CDD: 530

RODRIGO QUEIROS DE ALMEIDA

RELAÇÃO DO VENTO ARACATI COM A TEMPERATURA MÁXIMA DIÁRIA

Monografia apresentada ao Curso de Física do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Física.

Aprovada em: 24 / 08 / 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Bosco Verçosa Leal Junior (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará - UECE

Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona
Universidade Estadual do Ceará – UECE

Prof. Ms. Henrique do Nascimento Camelo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

Aos meus amados pais José Almeida e Maria de Fátima, e irmão Lutiane.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por minha existência e pela vida, que em todos os seres reflete o Seu poder;

Agradeço ao Prof. Dr. João Bosco Verçosa Leal Junior pela sua valiosa orientação, por ter me dado a oportunidade de desenvolver atividades de pesquisa, pela sua amizade e confiança;

Agradeço aqueles que me deram a vida e demonstraram toda a sua dedicação em forma de amor, meus pais Almeida e Fátima;

Ao meu irmão Lutiane, o qual tenho como prova de superação, pelo companheirismo e incentivo na minha educação;

A minha tia Maria Moreira Moura, que muito contribui para minha formação, auxiliando na participação de eventos fora do Estado e na aquisição de meu computador.

Aos meus grandes amigos Paulo Henrique “Cascavel” e César Vinícius, pela lealdade, sinceridade, força, amizade e senso de humor (Casquinha);

A Deiziane Aguiar pelo carinho, atenção, motivação e grande apoio nas horas difíceis;

Ao meu amigo Francisco Wellery que me intimou a terminar o mais rápido possível essa monografia;

Aos amigos de laboratório e de sala de aula, Francisco das Chagas “Chaguinha” pelos conselhos, a Camylla Melo, Francisco Emmanoel, José Gadelha, Roberto Iury, Wendel Macedo, Samuel “Barba” Façanha, Rodrigo Alves e Francisco Nascelio;

A todos os meus Professores;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de pesquisa.

“É melhor tentar e falhar, que preocupar-se e ver a vida passar;
é melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final.
Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder.
Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver ...”

Martin Luther King

RESUMO

Neste trabalho estudou-se a relação existente entre a temperatura máxima diária com a velocidade do vento, em dias em que se observou a ocorrência do Aracati nas cidades de Iguatu e Lavras da Mangabeira, durante os meses de outubro e novembro do ano de 2005, no intuito de tentar encontrar padrões de temperatura que favoreçam a ocorrência desse fenômeno. A primeira parte do trabalho teve a finalidade de identificar padrões de circulação local, a partir de mapas de correlação de velocidade do vento, obtidas nas Plataformas de Coleta de Dados (PCD) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). O estado do Ceará, devido a sua localização geográfica privilegiada, possui elevado potencial para desenvolvimento de fontes de energia renováveis. Dentre elas, destacam-se a energia solar e principalmente a eólica. Mesmo com um grande conhecimento tecnológico, os custos da geração fotovoltaica ainda são relativamente elevados devido à matéria-prima utilizada. Por outro lado, o aumento da eficiência das turbinas de geração eólica reduziu drasticamente os custos. Hoje o estado do Ceará possui uma considerável experiência em geração eólica, sendo o pioneiro em âmbito mundial a implantar um parque eólico em dunas. Assim, foi mostrado que, de maneira geral, as velocidades registradas, para o Aracati, revelam médias superiores a 5 m/s, mostrando assim a sua potencialidade para geração de energia eólica nas regiões próximas ao rio Jaguaribe.

Palavras – chave: Vento Aracati. Ventos locais. Correlação de Pearson.

ABSTRACT

The aim of this work is to verify the relationship between the daily maximum temperature and the wind speed, on days which the Aracati wind was observed in the cities of Iguatu and Lavras da Mangabeira, during the months of October and November of 2005, in order to try to identify temperature patterns that favor the occurrence of this phenomenon. The first part of the work aimed to identify patterns of local circulations, from correlation maps of wind speed, obtained from the Data Collection Platforms (DCP) of the Ceará Foundation for Meteorology and Water Management (FUNCEME). The state of Ceará, due to its favorable geographical location has high potential to develop renewable energy sources. Among these are mainly solar and wind power. Even with great technological expertise, the cost of photovoltaic generation are still relatively high due to raw material. In the other hand, the increased efficiency of wind turbines reduced costs drastically. Today the state of Ceara has considerable experience in wind generation and pioneered worldwide to deploy a wind farm in the dunes. Thus, it was shown that, in general, the velocities recorded for the Aracati wind show averages over 5 m / s, showing its potential for generating wind energy in regions close to the Jaguaribe River.

Key words: Aracati Wind. Local winds. Pearson's correlation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Mapa do Estado do Ceará, destacando as regiões onde é registrado o Vento Aracati, dentro do retângulo vermelho, ao longo do Rio Jaguaribe. Fonte: Camelo (2007).....	23
FIGURA 2	Dia em que ocorreu o vento Aracati em Iguatu. A velocidade, em vermelho, ascende de maneira considerável após as 18h. Fonte: Almeida (2010).....	25
FIGURA 3	Dia em que ocorreu o vento Aracati em Lavras da Mangabeira. A velocidade, em vermelho, ascende de maneira considerável após as 18h. Fonte: Almeida (2010).....	26
FIGURA 4	Mapa de correlação do módulo da velocidade do vento, tendo como base de correlação a cidade de Aquiraz. As velocidades do vento foram obtidas nas PCDs da FUNCEME.....	28
FIGURA 5	Mapa de correlação do módulo da velocidade do vento, tendo como base de correlação a cidade de Caucaia. As velocidades do vento foram obtidas nas PCDs da FUNCEME.....	28
FIGURA 6	Mapa de correlação do módulo da velocidade do vento, tendo como base de correlação a cidade de Aratuba. As velocidades do vento foram obtidas nas PCDs da FUNCEME.....	29
FIGURA 7	Relação da velocidade máxima noturna do vento a 10m de altura em função da função da temperatura máxima diária no mês de outubro de 2005 na Cidade de Iguatu. Cada ponto representa um dia de observação. Os pontos vermelhos representam os dias em que se observou o vento Aracati e os pontos azuis representam dias em que o fenômeno não ocorreu. Fonte: Almeida (2010).....	30

- FIGURA 8 Relação da velocidade máxima noturna do vento a 10m de altura em função da função da temperatura máxima diária no mês de novembro de 2005 na Cidade de Iguatu. Cada ponto representa um dia de observação. Os pontos vermelhos representam os dias em que se observou o vento Aracati e os pontos azuis representam dias em que o fenômeno não ocorreu. Fonte: Almeida (2010)..... 30
- FIGURA 9 Representação de um ponto vermelho (vento Aracati) da Fig. 8. Na figura pode-se ver a evolução temporal da velocidade média do vento a 10m de altura na cidade de Iguatu - CE. Os dados dessa figura estão disponíveis na página eletrônica da mesma da FUNCEME. (<http://www.funceme.br>)..... 31
- FIGURA 10 Representação do número de ocorrências do Aracati para cada faixa de temperatura na cidade de Iguatu para o mês de outubro de 2005. Destacam-se as temperaturas que estão, levemente, acima de 36°C. Fonte: Almeida (2010)..... 31
- FIGURA 11 Representação do número de ocorrências do Aracati para cada faixa de temperatura na cidade de Iguatu para o mês de novembro de 2005. Destacam-se as temperaturas que estão, levemente, acima de 35°C e 37°C. Fonte: Almeida (2010)..... 32
- FIGURA 12 Relação da velocidade máxima noturna do vento a 10m de altura em função da função da temperatura máxima diária no mês de outubro de 2005 na Cidade de Lavras da Mangabeira. Cada ponto representa um dia de observação. Os pontos vermelhos representam os dias em que se observou o vento Aracati e os pontos azuis representam dias em que o fenômeno não ocorreu. Fonte: Almeida (2010)..... 32

FIGURA 13 Relação da velocidade máxima noturna do vento a 10m de altura em função da função da temperatura máxima diária no mês de novembro de 2005 na Cidade de Lavras da Mangabeira. Cada ponto representa um dia de observação. Os pontos vermelhos representam os dias em que se observou o vento Aracati e os pontos azuis representam dias em que o fenômeno não ocorreu. Fonte: Almeida (2010)..... 33

FIGURA 14 Representação do número de ocorrências do Aracati para cada faixa de temperatura na cidade de Lavras da Mangabeira para o mês de outubro de 2005. Destacam-se as temperaturas que estão, levemente, acima de 36°C. Fonte: Almeida (2010)... 33

FIGURA 15 Representação do número de ocorrências do Aracati para cada faixa de temperatura na cidade de Lavras da Mangabeira para o mês de novembro de 2005. Destacam-se as temperaturas que estão, levemente, acima de 35°C. Fonte: Almeida (2010)..... 34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Dados das velocidades mínimas, médias e máximas do vento Aracati para a cidade de Iguatu. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.....	34
TABELA 2	Dados das velocidades mínimas, médias e máximas do vento Aracati para a cidade de Lavras da Mangabeira. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.....	34
TABELA 3	Dados de velocidade máxima noturna e de temperatura máxima diária para a cidade de Iguatu no mês de outubro do ano de 2005. Destaque em vermelho para os dias em que houve a ocorrência do vento Aracati. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.....	40
TABELA 4	Dados de velocidade máxima noturna e de temperatura máxima diária para a cidade de Iguatu no mês de novembro do ano de 2005. Destaque em vermelho para os dias em que houve a ocorrência do vento Aracati. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.....	41
TABELA 5	Dados de velocidade máxima noturna e de temperatura máxima diária para a cidade de Lavras da Mangabeira no mês de outubro do ano de 2005. Destaque em vermelho para os dias em que houve a ocorrência do vento Aracati. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.....	42
TABELA 6	Dados de velocidade máxima noturna e de temperatura máxima diária para a cidade de Lavras da Mangabeira no mês de novembro do ano de 2005. Destaque em vermelho para os dias em que houve a ocorrência do vento Aracati. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AL	Atmosfera Livre
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CLA	Camada Limite Atmosférica
CLP	Camada Limite Planetária
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
JBN	Jato de Baixos Níveis
JAN	Jato de Altos Níveis
JN	Jato Noturno
PCD	Plataformas de Coleta de Dados
SEINFRA	Secretaria de Infra-Estrutura do Ceará
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
n	Número de observações
r	Índice de correlação de Pearson
S	Desvio padrão
x_i	Variável independente
y_i	Variável dependente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1	ÍNDICE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON.....	18
2.2	CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA.....	19
2.3	JATO DE BAIXOS NÍVEIS	20
2.4	VENTO ARACATI	22
3	METODOLOGIA.....	24
3.1	OBTENÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	24
3.2	RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA MÁXIMA E O VENTO ARACATI	24
4	RESULTADOS	27
4.1	AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE CIRCULAÇÃO LOCAL.....	27
4.2	ANÁLISE DOS DADOS PARA A CIDADE DE IGUATU.....	29
4.3	ANÁLISE DOS DADOS PARA A CIDADE DE LAVRAS DA MANGABEIRA ..	32
4.4	ANÁLISE DA VELOCIDADE DO VENTO ARACATI.....	34
5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	35
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
	APÊNDICE	39

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se intensificado os esforços em vários países do mundo, em pesquisas envolvendo os fenômenos atmosféricos e seus impactos. Essa busca de conhecimento advém da necessidade de se entender e prever específicos fenômenos naturais, como o movimento das massas de ar que se deslocam pelo oceano e continentes, muitas vezes sendo defletidos pelo efeito da topografia, e até mesmo, as catástrofes naturais, dentre as quais se destacam os furacões e tempestades, que todos os anos deixam milhares de vítimas em todo mundo.

Dessa forma, o estudo dos ventos é de suma importância, uma vez que este está ligado, intrinsecamente, a fenômenos que merecem grande atenção, principalmente para a região Nordeste do Brasil, como as distribuições de chuvas (CAMBERLIN; PLANCHON, 1997; WILSON; MEGENHARDT, 1997; CASE et al., 2002; RAMAN et al., 2005).

Outra motivação é a viabilidade de alguns fenômenos terem a capacidade de gerar energia limpa e renovável, em especial a energia eólica, proveniente do escoamento dos ventos.

Atualmente, sabe-se que a principal fonte energética da sociedade moderna, o petróleo, ocasiona, quanto ao seu uso, sérios danos ao meio ambiente, dentre os quais se destacam as emissões de gases de efeito estufa pelos automóveis e pelos frequentes vazamentos de óleo na natureza. É sabido também que diante de um consumo que cresce diariamente, o petróleo torna-se cada vez mais indisponível. Assim, diante de todas essas evidências, surge a necessidade de se buscar novas fontes de energias que sejam limpas do ponto de vista ambiental, renováveis, e que proporcione independência quanto ao uso do petróleo como fonte principal de energia.

O estado do Ceará, devido a sua localização geográfica privilegiada, possui elevado potencial para desenvolvimento de fontes de energia renováveis. Dentre

elas, destacam-se a energia solar e principalmente a eólica. Mesmo com um grande conhecimento tecnológico, os custos da geração fotovoltaica ainda são relativamente elevados devido à matéria-prima utilizada, o silício cristalino. Por outro lado, o aumento da eficiência das turbinas de geração eólica reduziu drasticamente os seus custos. Hoje o estado do Ceará possui uma considerável experiência em geração eólica, sendo o pioneiro em âmbito mundial a implantar um parque eólico em dunas.

O mapa do potencial eólico do Ceará, divulgado pela Secretaria de Infra-Estrutura do Ceará (SEINFRA) em 2001, revela que na região litorânea, onde o relevo é mais plano e auxiliado pelo próprio efeito de proximidade da costa, dispõe de uma situação favorável ao aproveitamento do potencial eólico. Já em regiões serranas no interior do estado, devido a seu relevo, apresenta situação bem favorável à existência de área de aceleração de ventos. Nesses locais, brisas de montanhas causadas por ciclos térmicos diurno na circulação montanha/vale apresentam acoplamentos com os ventos alísios, que possuem grande importância na circulação geral, principalmente no Nordeste.

Na primeira parte deste trabalho, analisam-se séries temporais de velocidade do vento, obtidas através de anemômetros localizados a 10 m de altura nas Plataformas de Coletas de Dados (PCDs) da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), com o objetivo de se identificar padrões de circulação local sobre o estado do Ceará, a fim de determinar regiões que poderiam ser úteis na geração de energia eólica no interior do estado do Ceará.

Ao longo do vale do rio Jaguaribe, sopra um vento com características de brisa, sempre no fim das tardes e começo das noites quentes da época seca do ano. Esse vento é denominado pelos moradores da região de vento Aracati. É possível que haja um aproveitamento desse fenômeno para geração de energia eólica, uma vez que o mesmo atenderia as condições citadas acima, em horários de pico de consumo de energia.

Estudos realizados por Vasconcelos Júnior (2010) mostraram que o vento Aracati está associado à eventos de Jatos de Baixos Níveis (JBN), que ocorrem nos

primeiros quilômetros da atmosfera. Assim, haveria uma relação direta entre os JBNs e o vento Aracati.

Apesar de se conhecer um pouco da climatologia do vento Aracati, não há trabalhos na literatura que tratem de maneiras de prever a ocorrência do mesmo, em virtude de suas características peculiares.

Neste trabalho, estuda-se a relação existente entre a temperatura máxima diária com a velocidade do vento, em dias em que se observou a ocorrência do Aracati nas regiões próximas ao rio Jaguaribe. De acordo com Davies (2000), há uma relação entre a inversão térmica noturna próxima à superfície e a intensidade do JBN. Essa inversão é diretamente proporcional à máxima temperatura do dia, o que favoreceria a convecção (MADDOX, 1980, 1983). A intenção, portanto, é a de tentar encontrar padrões de temperatura que favoreçam a ocorrência desse fenômeno.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, serão abordados os conceitos teóricos envolvidos na obtenção dos mapas de correlação, os quais serão utilizados para se identificar padrões de circulação local no Ceará.

Além disso, serão abordados os mecanismos do Aracati, os quais, de acordo com Vasconcelos Júnior (2010), estão associados a Jatós de Baixos Níveis (JBN), e o local onde eles ocorrem: a Camada Limite Atmosférica (CLA).

2.1 Índice de Correlação de Pearson

O índice de correlação de Pearson, também conhecido como coeficiente de correlação linear, tem como objetivo indicar o nível de intensidade que ocorre na correlação entre variáveis (CORREA, 2003), ou seja, indica o quanto uma variável é proporcional à outra.

O desvio padrão de uma amostra, s , pode ser definido como

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (2.1)$$

Assim, o índice de correlação, segundo Wilks (2006), pode ser obtido dividindo-se a covariância de duas variáveis pelo produto dos seus desvios-padrão, que pode ser expressa da seguinte forma:

$$r_{xy} = \frac{\text{Cov}(x, y)}{s_x s_y} = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\left[\sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right] \left[\sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right]}, \quad (2.2)$$

onde r_{xy} é o índice de correlação de Pearson; n o número de observações; x_i a variável independente; e y_i a variável dependente.

O valor do índice de correlação tem a variação entre +1 e -1, ou seja, está limitado entre os valores do intervalo [-1,+1]. Assim, tem-se:

- $r = +1$, para todo $x_i = y_i$, ou seja, correlação positiva entre as variáveis;
- $r = -1$, para todo $x_i = -y_i$, ou seja, correlação perfeita negativa entre as variáveis;
- $r = 0$, não há correlação entre as variáveis ou, ainda, a correlação não é linear, caso exista.

Segundo Correa (2003), quanto mais próximo o valor de r estiver do valor “1”, mais forte a correlação linear. De modo contrário, quanto mais próximo o valor de r estiver do valor “0”, mais fraca a correlação linear.

Em geral, multiplica-se o valor de r por 100. Dessa forma, o resultado passa a ser expresso em porcentagem. Na prática, estabelecem-se critérios para verificar os diversos níveis do fraco ao forte, chegando até o perfeito:

- $0 < |r| < 0,3$: a correlação é fraca e fica difícil estabelecer relação entre as variáveis. Em porcentagem: $0 < |r| < 30\%$;
- $0,3 \leq |r| < 0,6$: a correlação é fraca, porém, podemos considerar a existência de relativa correlação entre as variáveis. Em porcentagem: $30\% \leq |r| < 60\%$;
- $0,6 \leq |r| < 1$: a correlação é de média para forte; a relação entre as variáveis é significativa, o que permite coerência com poucos conflitos na obtenção das conclusões. Em porcentagem: $60\% \leq |r| \leq 100\%$.

2.2 Camada Limite Atmosférica

A maioria dos fenômenos atmosféricos que o homem presencia no seu dia a dia está localizada na a troposfera, que é a porção inferior da atmosfera, que se estende desde a superfície terrestre até 12-18 km de altura. Essa camada é dividida em outras duas camadas: a primeira, mais próxima da superfície, sendo influenciada

por ela, chamada de Camada Limite Atmosférica (CLA) ou Camada Limite Planetária (CLP), onde predominam as turbulências, altas variações de temperatura, tempestades e ondas atmosféricas; e a segunda, a Atmosfera Livre (AL), que é caracterizada pela baixa turbulência e pouca variação de temperatura (STULL, 1988).

Dessa forma, a variação da temperatura na CLA ocorre devido ao aquecimento e resfriamento radiativo na superfície. Essa variação na temperatura ocasiona, também, a variação da espessura da CLA, que pode variar de 50 metros, no inverno, a 2000 metros, no verão (DORWEILER, 2007).

Segundo Oliveira (1999), a estrutura vertical da CLA é dividida em quatro subcamadas, as quais são: Subcamada Interfacial, Camada Limite Superficial, Camada Limite Convectiva e Camada de Transição.

Na troposfera, mais precisamente na CLA, é onde se detecta um jato que tem grande potencial na geração de energia eólica, devido a sua alta velocidade. Esse fenômeno é conhecido como Jato de Baixos Níveis (JBN) ou Jato Noturno (JN), por ter como uma de suas características, o aparecimento noturno (CAMELO, 2007).

2.3 Jato de Baixos Níveis

Antes da definição de Jato de Baixos Níveis, deve-se introduzir o conceito do que é um jato. Neste trabalho, foi utilizada a definição de Vasconcelos Júnior (2010), que afirma que um jato é tratado como um máximo valor da velocidade do vento em uma região delimitada, formando um fluxo, podendo existir em várias altitudes, comprimentos e espessuras na atmosfera. Quando esses jatos são observados na baixa troposfera, dentro dos primeiros 1500 m de altura em relação à superfície, são chamados de Jatos de Baixos Níveis (DAVIES, 2000).

Apesar da definição acima, o conceito de Jato de Baixos Níveis é bastante vasto entre os pesquisadores, podendo ser definido do ponto de vista cinemático, como sugere Wippermann (apud KARAM, 2002), no qual definiu o JBN como a região do fluxo cujo máximo de velocidade está situado dentro da camada de espessura de 2 km acima do nível da superfície, e dinamicamente os jatos são uma

resposta do escoamento ao ciclo diurno da forçante térmica na CLA, possuindo perfil vertical da velocidade em um máximo especificamente definido.

Assim, de forma objetiva, Stull (1988) definiu a ocorrência do JBN quando transcorre um máximo relativo de velocidade do vento com intensidade maior que 2 m/s dentro da camada atmosférica, sendo até a altura de 1500 m.

Segundo Karam (2002), as causas desse fenômeno estão relacionadas basicamente: à **oscilação inercial**, que é o movimento do ar resultante das forças de pressão e Coriolis (inercial) sobre um estado inicial; aos **efeitos topográficos** sobre as massas de ar que estão acima dessa topografia, sendo esses efeitos do tipo mecânico ou térmico; aos **efeitos baroclínicos** que geram um contraste térmico na superfície, como terra-água, vale-montanha ou solo úmido-seco; e por último às **forçantes isalobáricas**, relatadas por Stensrud (1996) que alguns JBN estavam localizados em uma região de saída ou de entrada de um Jato de Altos Níveis (JAN).

Segundo Karam (2002), o JBN pode ser caracterizado, de modo geral, pela sua velocidade máxima, altura máxima e extensão horizontal, sendo esses valores, de $v_{\text{máx}} \geq 12,5$ m/s, 300 a 600 m de altura e largura de centenas de quilômetros, com comprimento de milhares de quilômetros, respectivamente.

Como foi descrito por Sousa (2005), o JBN pode ser observado em regiões costeiras, pois esta apresenta um contraste térmico (terra-mar) que favorece o surgimento desse fenômeno. O JBN também pode ocorrer em locais onde existam grandes variações de temperatura horizontal, ocasionando uma canalização do vento entre os vales dessas localidades, geralmente à leste de topografias altas.

A seguir estão alguns JBN já observados ao redor do mundo: JBN das Grandes Planícies (EUA); Jato da Somália (Leste da África); JBN no Vale Inn (Áustria); JBN Southerly Buster (Leste da Austrália); JBN no Platô Tibetano (Sudoeste da China). (BONNER, 1968; STENSRUD, 1996; WHITEMAN; BIAN;ZHONG, 1997; MARENGO; SOARES, 2002; SOUSA, 2005; MUÑOZ et al., 2008).

Na região Leste do estado do Ceará, a partir de estudos feitos por Camelo (2007), observou-se a possibilidade do vento Aracati estar associado a um JBN. Porém, somente com estudos mais específicos elaborados por Vasconcelos Júnior (2010), foi possível se chegar a uma concordância entre a ocorrência de JBN e do vento Aracati.

Existem vários benefícios gerados a partir das pesquisas associadas ao JBN: melhorias na previsão do tempo em escala regional; e as relações entre o JBN a qualidade do ar em certas regiões e até mesmo na prevenção de acidentes aéreos (KARAM, 2002). Dessa forma, todas essas melhorias, sem dúvida, estão ligadas diretamente na qualidade de vida de toda a população mundial.

2.4 Vento Aracati

O vento Aracati é um fenômeno atmosférico que ocorre em toda região da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe. Esse rio está localizado na região leste do estado do Ceará, e possui, segundo Gatto (1999), cerca de 610 km de extensão, sendo assim o maior rio perene do estado.

O fenômeno tem maior frequência durante o segundo semestre do ano, ocorrendo sempre no começo das noites, por volta das 18 horas, e podendo se estender até as primeiras horas da madrugada.

Dessa forma, o Aracati se originaria no mar e entraria no continente pela foz do Jaguaribe, levando, através de seu vale, umidade às regiões do interior do estado (ver Figura 1). Assim, esse fenômeno, que tem características semelhantes às de uma brisa marítima, levaria uma sensação de bem-estar térmico aos moradores de tais regiões, devido a sua grande penetração continental (CAMELO, 2007).

Segundo estudos elaborados pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), que realizou médias horárias da velocidade do vento ao longo do dia em 10 estações meteorológicas distribuídas pelo Estado do Ceará, durante o período de 1977 a 1981, mostrou-se que os ventos sobre o Ceará são mais intensos durante o dia (CHESF/BRASCEP, 1987). O Aracati, por ter a maior intensidade dos ventos ocorrendo entre o final da tarde e a meia-noite, contraria esse regime.



Figura 1 – Mapa do Estado do Ceará, destacando as regiões onde é registrado o Vento Aracati, dentro do retângulo vermelho, ao longo do Rio Jaguaribe. Fonte: Camelo (2007).

No segundo semestre do ano, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) migra para sua posição mais ao norte de sua normal climatológica. É nessa época que os ventos alísios são mais intensos sobre o Ceará. Pode-se afirmar que os alísios determinam todo o padrão de circulação sobre o estado do Ceará nessa época do ano, de tão intensos que são. O regime de ventos sobre o Ceará em baixas altitudes é, portanto, predominante de Nordeste e Leste (CAMELO, 2007).

Segundo Camelo (2007) o vento Aracati é muito importante para o Ceará, pois se trata de um tipo de circulação local. As circulações locais têm sido muito estudadas nos últimos anos através de modelos regionais. Sua importância está ligada à dispersão de poluentes (KIMURA, 1985; LU; TURCO, 1994; 1995; LYONS et al., 1995; NESTER, 1995; CAMPS et al., 1996; LU et al., 1997; MASSONS et al., 1997; DING et al., 2004), à distribuição de chuvas (CAMBERLIN; PLANCHON, 1997; WILSON; MEGENHARDT, 1997; CASE et al., 2002; RAMAN et al., 2005) e ao potencial eólico (LAVAGNINI et al., 2003).

3 METODOLOGIA

3.1 Obtenção e análise estatística dos dados

Para que fosse possível se analisar a relação da temperatura máxima diária e a velocidade do vento Aracati, foram utilizados dados obtidos através de estações meteorológicas de superfície automatizadas. A FUNCEME conta com uma série de plataformas de coleta de dados (PCD) espalhadas no Ceará, na qual coletam e armazenam informações fundamentais ao estudo de fenômenos meteorológicos no estado do Ceará, dentre as quais, pressão atmosférica, temperatura do ar, precipitação, velocidade do vento, umidade relativa do ar e radiação incidente. Essas plataformas fornecem medidas à superfície e à 10 m da superfície que podem ser úteis no estudo do Aracati.

Os dados utilizados para a construção dos mapas de correlação consistem em médias horárias de velocidade do vento a 10 m de altura, obtidas em 59 PCDs, no período que vai desde fevereiro de 2002 até fevereiro de 2006. Os dados foram revisados e validados pela FUNCEME, para verificação de erros e consistência dos mesmos.

De início, constatou-se que várias PCDs não possuíam dados válidos em comum para o período citado. Foi gerada uma matriz de correlação, obtida a partir dos índices de correlação de Pearson para as PCDs que possuísem mais de 8760 dados válidos, equivalente ao mínimo de um ano de medidas válidas, onde cada medida era um valor de média horária de velocidade do vento. Com isso, o número de PCDs foi reduzido de 59 para 33. A matriz de correlação serviu como base para a confecção dos mapas de correlação, sendo gerados, portanto 33 mapas de correlação.

3.2 Relação entre temperatura máxima e o vento Aracati

Para se estudar a relação da temperatura máxima diária e a velocidade do vento Aracati, também foram utilizados os dados obtidos a partir das PCDs da

FUNCEME. O período utilizado foi de outubro a novembro de 2005, por questões de consistência dos dados (ver Apêndice I).

Identificaram-se inicialmente os dias em que o Aracati ocorreu em duas cidades localizadas no vale do rio: Iguatu e Lavras da Mangabeira, para, em seguida, encontrar-se uma relação entre a temperatura máxima observada no dia com a velocidade máxima do vento a 10 m de altura, como se observa nas Figuras 2 e 3.

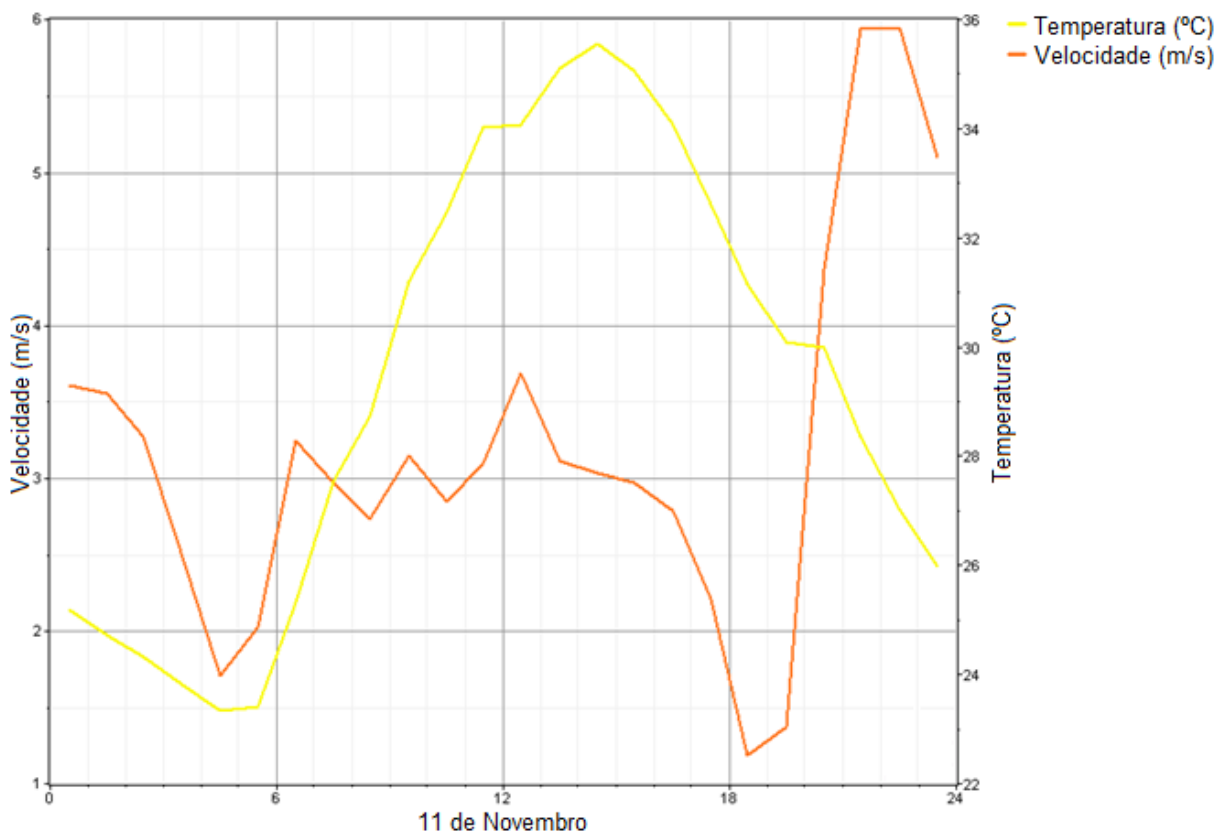


Figura 2 – Dia em que ocorreu o vento Aracati em Iguatu. A velocidade do vento medida a 10m de altura ao longo do dia, em vermelho, ascende de maneira considerável após as 18h. A linha amarela representa a temperatura ao longo do dia. Fonte: Almeida (2010).

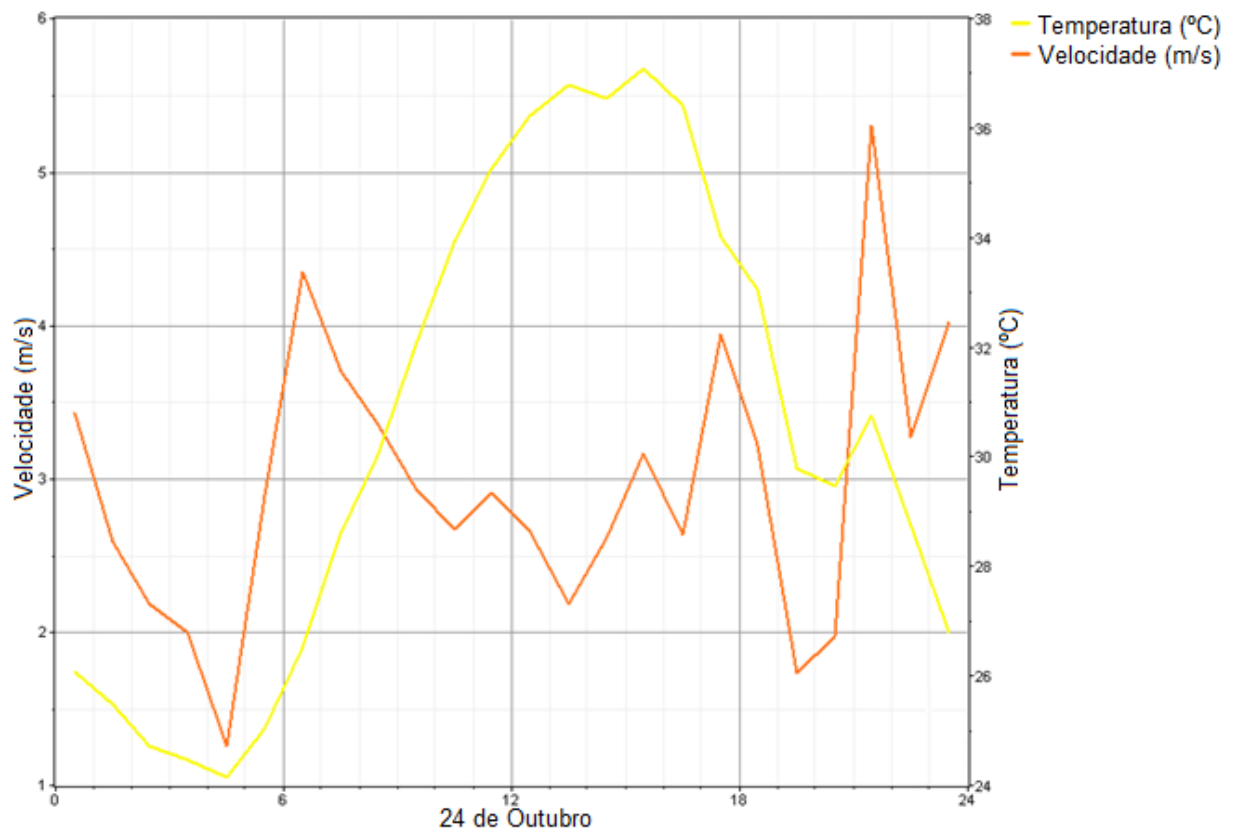


Figura 3 – Dia em que ocorreu o vento Aracati em Lavras da Mangabeira. A velocidade do vento medida a 10m de altura ao longo do dia, em vermelho, ascende de maneira considerável após as 18h. A linha amarela representa a temperatura ao longo do dia. Fonte: Almeida (2010).

4 RESULTADOS

Com base nos dados disponibilizados pela FUNCEME, foram investigadas, através de observações de gráficos elaborados na pesquisa, as relações existentes entre a temperatura máxima diária e a ocorrência do vento Aracati.

Como descrito anteriormente, esses dados foram coletados com o uso das Plataformas de Coleta de Dados (PCD).

4.1 Avaliação dos padrões de circulação local

Foram escolhidos três mapas devido às suas características que permitiram identificar alguns padrões de circulação local. A partir dos mesmos, observou-se que o Ceará apresenta basicamente dois padrões bem distintos de circulação, os quais são: i) ventos costeiros ao longo de toda a região litorânea, penetrando no continente, contornando as serras e acompanhando os rios Jaguaribe e Acaraú; e ii) ventos situados em regiões serranas, mais especificamente na chapada da Ibiapaba, noroeste do Ceará e na serra de Baturité, centro norte do Ceará.

A primeira região, ou seja, a litorânea, pode ser verificada nas Figuras 4 e 5, onde se percebe uma grande correlação entre as cidades próximas da costa, mais especificamente Aquiraz e Caucaia, próximas à Fortaleza, com exceção da PCD de Icapuí, situada no litoral leste, próxima à divisa com o estado do Rio Grande do Norte.

Nesses mapas, foi possível se observar que os ventos vindo do litoral adentram no sertão central através do vale do rio Jaguaribe e Acaraú, mostrados através dos índices de correlação observados respectivamente nas PCDs de Morada Nova, acima de 0,75, e de Santa Quitéria, acima de 0,60.

Uma possível explicação para esse comportamento é a própria presença de rios nessas regiões, já que as zonas de maior penetração se superpõem exatamente às bacias dos rios Jaguaribe e Acaraú.

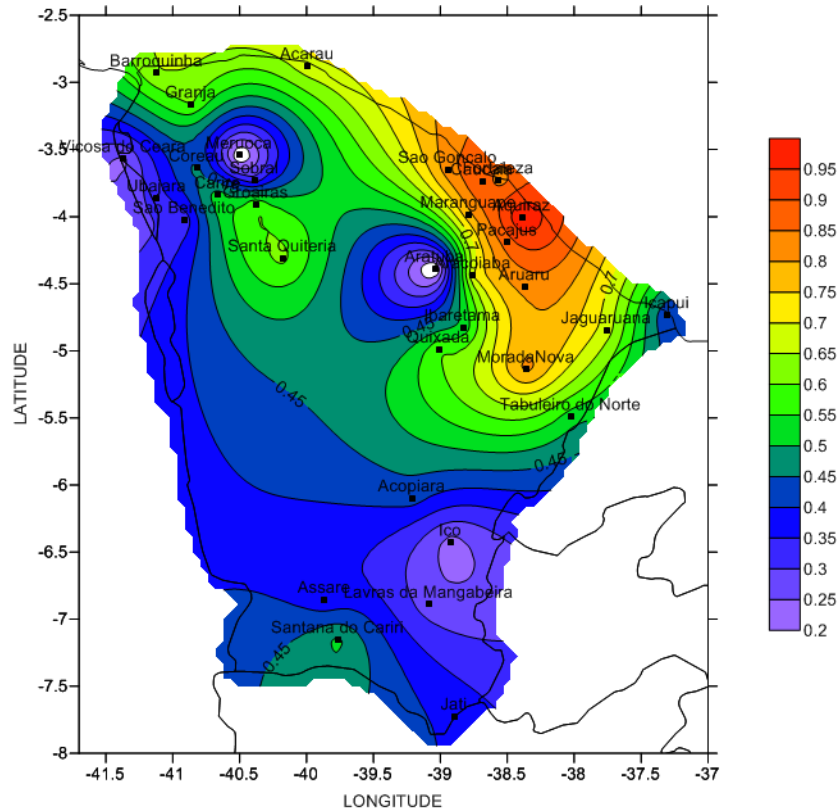


Figura 4 – Mapa de correlação do módulo da velocidade do vento, tendo como base de correlação a cidade de Aquiraz. As velocidades do vento foram obtidas nas PCDs da FUNCEME.

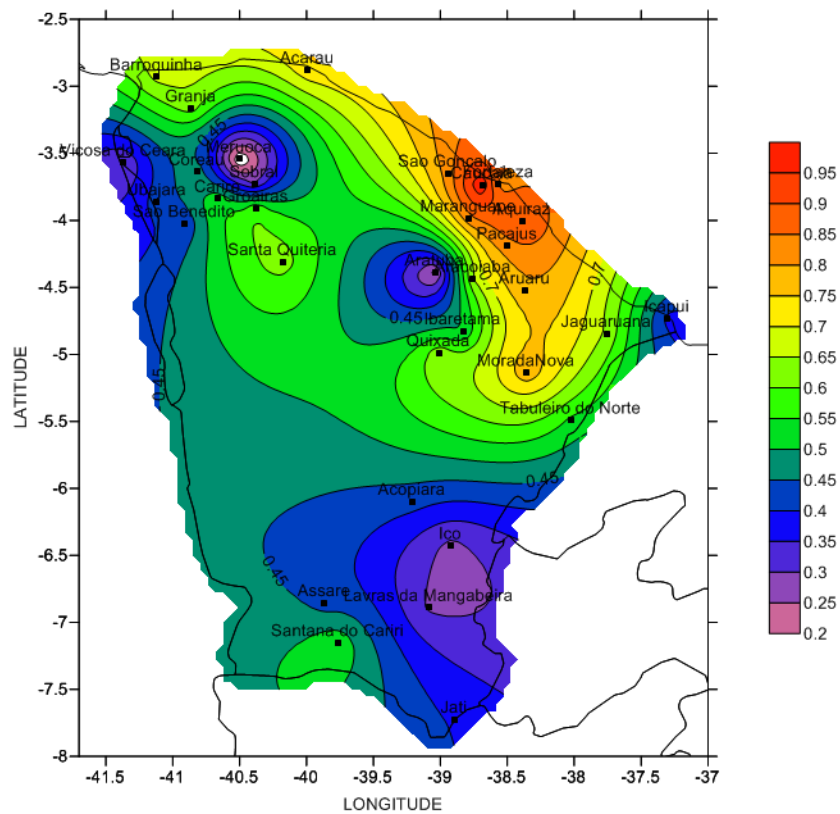


Figura 5 – Mapa de correlação do módulo da velocidade do vento, tendo como base de correlação a cidade de Caucaia. As velocidades do vento foram obtidas nas PCDs da FUNCEME.

Iguatu - Outubro de 2005

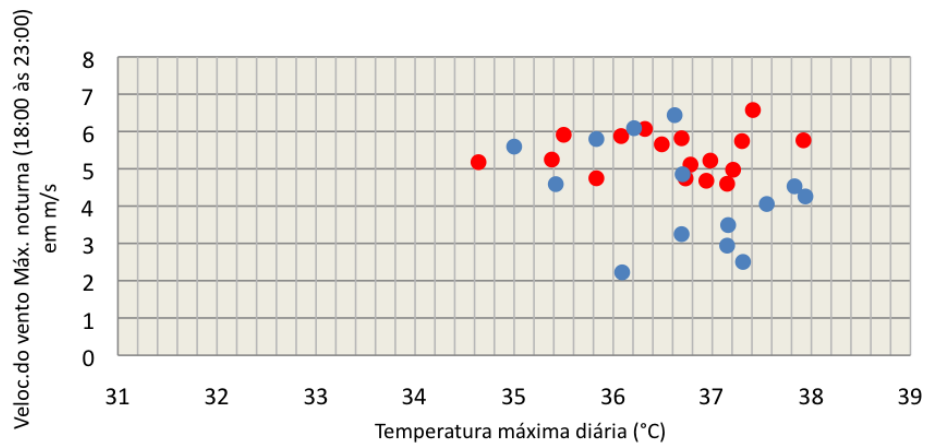


Figura 7 – Relação da velocidade máxima noturna do vento a 10m de altura em função da função da temperatura máxima diária no mês de outubro de 2005 na Cidade de Iguatu. Cada ponto representa um dia de observação. Os pontos vermelhos representam os dias em que se observou o vento Aracati e os pontos azuis representam dias em que o fenômeno não ocorreu. Fonte: Almeida (2010).

Iguatu - Novembro de 2005

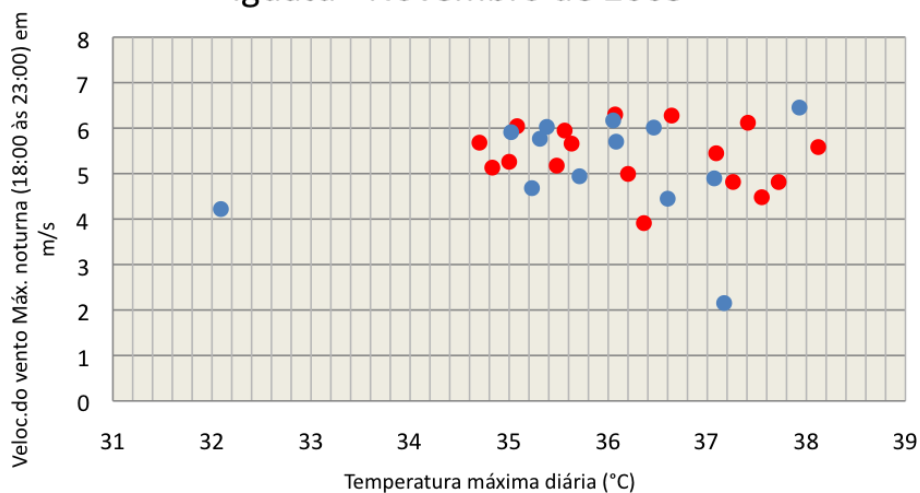


Figura 8 – Relação da velocidade máxima noturna do vento a 10m de altura em função da função da temperatura máxima diária no mês de novembro de 2005 na Cidade de Iguatu. Cada ponto representa um dia de observação. Os pontos vermelhos representam os dias em que se observou o vento Aracati e os pontos azuis representam dias em que o fenômeno não ocorreu. Fonte: Almeida (2010).

Na Figura 9, pode-se identificar a ocorrência do vento Aracati na cidade de Iguatu, durante a noite do dia 26 de novembro de 2005. A velocidade média do vento durante o dia foi aproximadamente 3 m/s. No início da noite, a velocidade chegou a 1,2 m/s às 19:00 e 2,0 m/s às 20:00h. Às 21:00h, a velocidade média triplicou, atingindo valores médios de 6,0 m/s. Comportamento semelhante ocorreu nos dias 22 e 24 de novembro desse mesmo ano (não mostrado aqui). É importante

salientar que durante esse período não foi observado nenhum sistema meteorológico que possa ter causado tal comportamento.

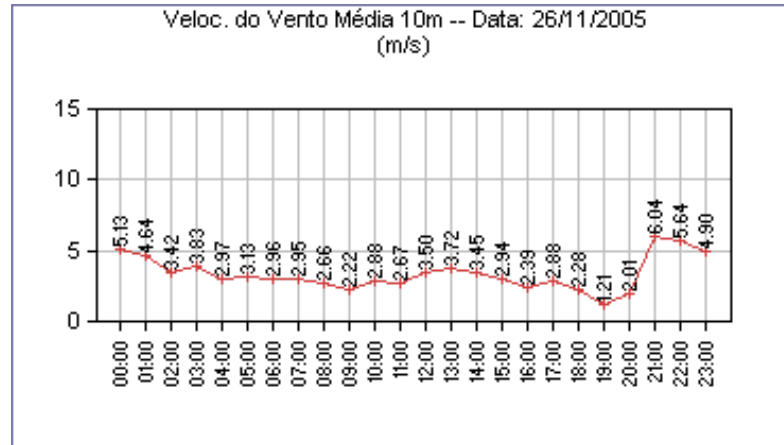


Figura 9 – Representação de um ponto vermelho (vento Aracati) da Fig. 8. Na figura pode-se ver a evolução temporal da velocidade média do vento a 10m de altura na cidade de Iguatu - CE. Os dados dessa figura estão disponíveis na página eletrônica da mesma (<http://www.funceme.br>).

No que diz respeito ao percentual de ocorrências do vento para o mês de outubro, cerca de 47% das ocorrências deram-se quando a temperatura máxima registrada no dia, cerca de seis horas antes do fenômeno, estavam na faixa do 36°C, como mostra a Figura 10, e cerca 82% passaram-se entre as temperaturas 35 e 37°C (Figura 11).

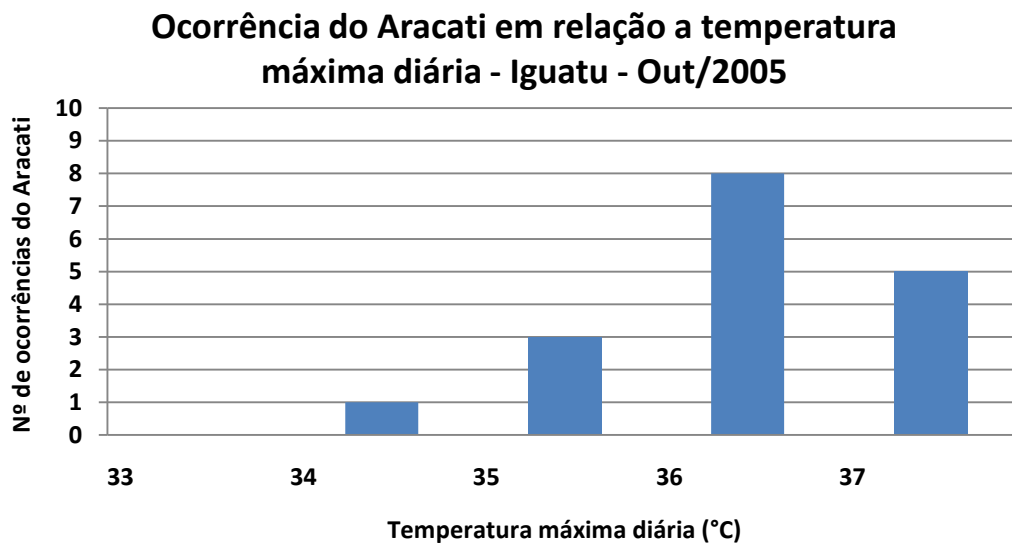


Figura 10 – Representação do número de ocorrências do Aracati para cada faixa de temperatura na cidade de Iguatu para o mês de outubro de 2005. Destacam-se as temperaturas que estão, levemente, acima de 36°C. Fonte: Almeida (2010).

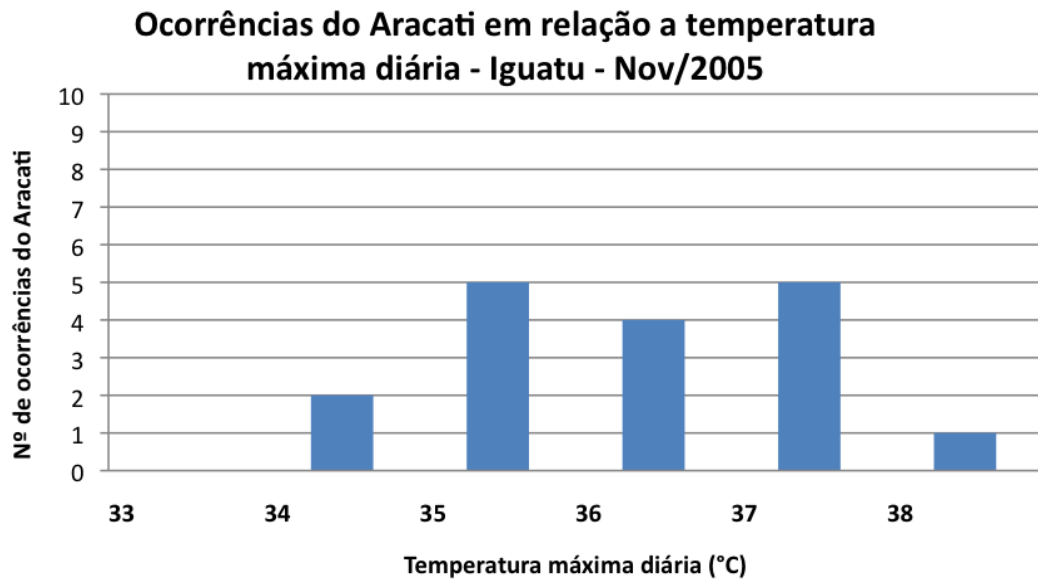


Figura 11 – Representação do número de ocorrências do Aracati para cada faixa de temperatura na cidade de Iguatu para o mês de novembro de 2005. Destacam-se as temperaturas que estão, levemente, acima de 35°C e 37°C. Fonte: Almeida (2010).

4.3 Análise dos dados para a cidade de Lavras da Mangabeira

Na cidade de Lavras da Mangabeira, localizada a sudeste do estado, os resultados obtidos foram semelhantes aos de Iguatu. Da mesma forma, foi observado também um grande número de ocorrências observadas durante os dois referidos meses. Foram, assim, 17 detecções do vento no mês outubro e 13 em novembro (Figuras 12 e 13).

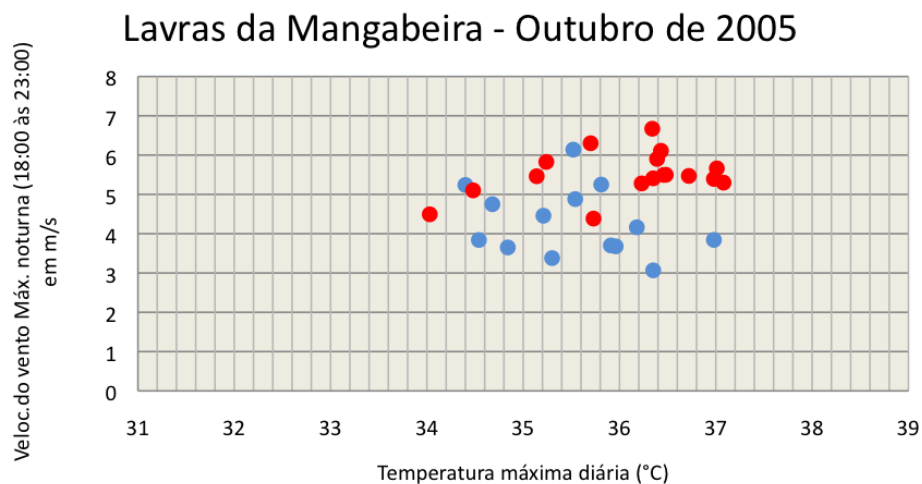


Figura 12 – Relação da velocidade máxima noturna do vento a 10m de altura em função da função da temperatura máxima diária no mês de outubro de 2005 na Cidade de Lavras da Mangabeira. Cada ponto representa um dia de observação. Os pontos vermelhos representam os dias em que se observou o vento Aracati e os pontos azuis representam dias em que o fenômeno não ocorreu. Fonte: Almeida (2010).

De maneira semelhante, os dados da porcentagem de ocorrências do Aracati em função da máxima temperatura em Lavras reproduziram resultados análogos aos valores obtidos em Iguatu. Assim, para o mês de outubro, 53% das ocorrências se passaram na faixa de temperatura de 36°C e 54% para temperaturas no entorno de 35°C, isso para o mês de novembro, como podem ser observadas nas Figuras 14 e 15.

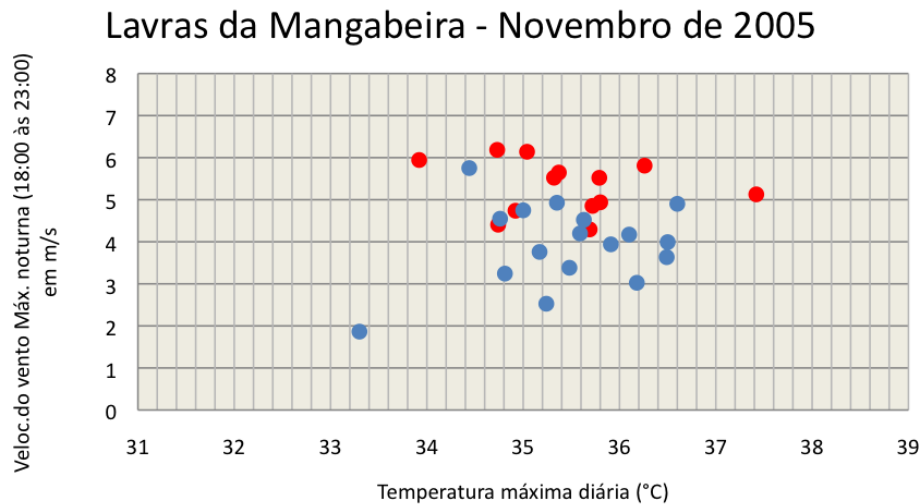


Figura 13 – Relação da velocidade máxima noturna do vento a 10m de altura em função da função da temperatura máxima diária no mês de novembro de 2005 na Cidade de Lavras da Mangabeira. Cada ponto representa um dia de observação. Os pontos vermelhos representam os dias em que se observou o vento Aracati e os pontos azuis representam dias em que o fenômeno não ocorreu. Fonte: Almeida (2010).

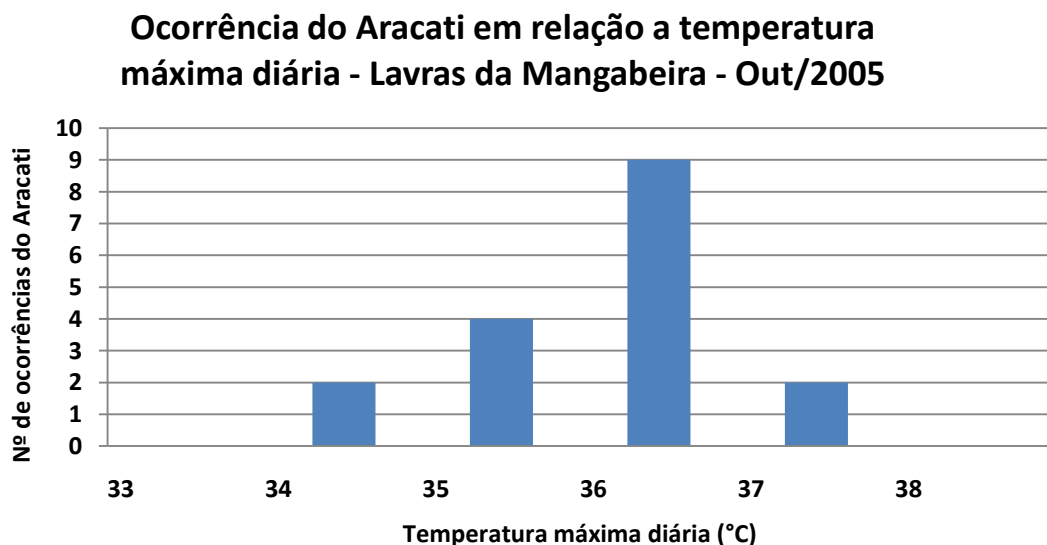


Figura 14 – Representação do número de ocorrências do Aracati para cada faixa de temperatura na cidade de Lavras da Mangabeira para o mês de outubro de 2005. Destacam-se as temperaturas que estão, levemente, acima de 36°C. Fonte: Almeida (2010).

**Ocorrência do Aracati em relação a temperatura máxima
diária - Lavras da Mangabeira - Nov/2005**

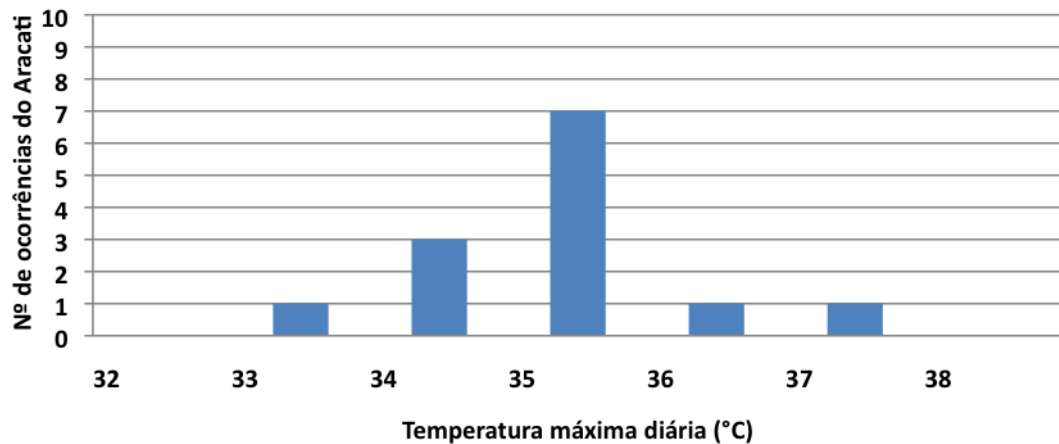


Figura 15 – Representação do número de ocorrências do Aracati para cada faixa de temperatura na cidade de Lavras da Mangabeira para o mês de novembro de 2005. Destacam-se as temperaturas que estão, levemente, acima de 35°C. Fonte: Almeida (2010).

4.4 Análise da velocidade do vento Aracati

Outro resultado importante mostra que, de maneira geral, as velocidades registradas, para o dado fenômeno, apresentaram médias superiores a 5 m/s (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Dados das velocidades mínimas, médias e máximas do vento Aracati para a cidade de Iguatu. Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.

Iguatu	Velocidade do vento (m/s)		
	Mínima	Máxima	Média
Ano: 2005			
Outubro	4,6	6,57	5,40
Novembro	3,91	6,3	5,39

Tabela 2 – Dados das velocidades mínimas, médias e máximas do vento Aracati para a cidade de Lavras da Mangabeira. Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.

Lavras da Mangabeira	Velocidade do vento (m/s)		
	Mínima	Máxima	Média
Ano: 2005			
Outubro	4,38	6,67	5,51
Novembro	4,29	6,18	5,31

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Através de mapas de correlação para a velocidade do vento, obtidos a partir de dados coletados nas PCDs da FUNCEME, foi possível se identificar dois padrões de circulação local no estado do Ceará: i) formado por ventos costeiros que penetram no continente ao longo dos vales dos rios Jaguaribe e Acaraú; e ii) ventos de montanha, presentes nas duas principais serras do estado, Ibiapaba e Baturité. Não foram encontrados padrões de circulação para as regiões central e sul do Ceará.

Analisando-se os gráficos de velocidade versus temperatura, pode-se observar que o vento Aracati tem maior probabilidade de ocorrer quando a temperatura máxima diária, geralmente registrada entre meio-dia e 14 h, foi aproximadamente igual a 36°C para o mês de outubro de 2005, e 35°C em novembro do mesmo ano.

Dessa forma, mostrou-se que existe uma relação direta entre a temperatura máxima observada no dia e o vento Aracati, onde se pode verificar um padrão de temperatura em que é mais freqüente a ocorrência do fenômeno, sendo, portanto, passível de previsão.

Os resultados mostraram ainda que, de um maneira geral, as velocidades registradas, para o Aracati, revelam médias superiores a 5 m/s, mostrando assim a sua potencialidade para geração de energia eólica nas regiões próximas ao rio Jaguaribe.

A penetração dos ventos costeiros no interior do estado, seguindo os vales desses rios, mostra que se fazem necessários estudos mais aprofundados para o aproveitamento dos recursos eólicos nessas regiões.

No entanto, para que neste trabalho, se pudesse avaliar precisamente a evolução da atmosfera, com o intuito de se estudar a formação e a evolução do Aracati, seria preciso que fossem realizadas simulações numéricas computacionais com as condições iniciais predominantes dessa região para essa época.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. Q. *Relação do vento Aracati com a temperatura máxima diária*. 42 f. Monografia – Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza, Agosto 2010.
- BONNER, W. D. *Climatology of low level jet*. Monthly Weather Review, v. 96, n. 12, p. 833–848, 1968. English.
- CAMBERLIN, P.; PLANCHON, O. *Coastal precipitation regimes in Kenya*. Geogr. Ann. A., v. 79A, n. 1-2, p. 109–119, 1997.
- CAMELO, H. N. *Estudo Numérico do Vento Aracati para Caracterização de seu Potencial Eólico*. 71 f. Dissertação (Mestre em Ciências Físicas Aplicadas) — Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Maio 2007.
- CAMPS, J.; MASSONS, J.; SOLER, M. R. *Numerical modelling of pollutant dispersion in sea breeze conditions*. Ann. Geophys.-Atm. Hydr., v. 14, n. 6, p. 665–677, 1996.
- CASE, J. L. et al. *Verification of high-resolution RAMS forecasts over East-Central Florida during the 1999 and 2000 summer months*. Wea. Forecasting, v. 17, n. 6, p. 1133–1151, 2002.
- CHESF/BRASCEP. *Energia eólica*. Rio de Janeiro: CHESF, v. II e IV. 1987 (Fontes energéticas brasileiras - inventário/tecnologia).
- CORREA, S. M. B. B. *Probabilidade e Estatística – 2ª ed.* - Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, v. 1, p. 108 – 109, 2003.
- DAVIES, P. A. *Development and mechanisms of the nocturnal jet*. Meteorological Applications, v. 7, n. 3, p. 239–246, 2000. English.
- DING, A. et al. *Simulation of sea-land breezes and a discussion of their implications on the transport of air pollution during a multi-day ozone episode in the Pearl River Delta of China*. Atmos. Environ., v. 38, n. 39, p. 6737–6750, 2004.
- GATTO, L. C. S. *Diagnostico Ambiental da Bacia do Rio Jaguaribe*. M. D. P. E. Orçamento. Salvador: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE: 77 p. 1999.
- KARAM, H. A. *Estudo do Jato de Baixos Níveis de Iperó e das Implicações no Transporte de Poluentes no Estado de São Paulo*. 213 f. Tese (Doutor em Ciências Atmosféricas) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- KIMURA, F. *A numerical-simulation of local winds and photochemical air-pollution .2. application to the Kanto Plain*. J. Meteor. Soc. Japan, v. 63, n. 5, p. 923–936, 1985.

LAVAGNINI, A., et al. *Estimating wind energy potential offshore in Mediterranean areas*. *Wind Energy*, v.6, n.1, Jan-Mar, p.23-34. 2003.

LU, R.; TURCO, R. P. *Air pollutant transport in a coastal environment .1. 2-dimensional simulations of sea-breeze and mountain effects*. *J. Atmos. Sci.*, v. 51, n. 15, p. 2285–2308, 1994.

LU, R.; TURCO, R. P.; JACOBSON, M. Z. *An integrated air pollution modeling system for urban and regional scales .2. simulations for SCAQS 1987*. *J. Geophys. Res.-Atmos.*, v. 102, n. D5, p. 6081–6098, 1997.

LYONS, W. A. et al. *Modeling impacts of mesoscale vertical motions upon coastal zone air-pollution dispersion*. *Atmos. Environ.*, v. 29, n. 2, p. 283–301, 1995.

MADDOX, R. A. *Large-scale meteorological conditions associated with mid-latitude, mesoscale convective complexes*. *Monthly Weather Review*, Amer Meteorological Soc, v. 111, n. 7, p. 1475–1493, 1983.

MADDOX, R. A. *Mesoscale convective complexes*. *Bulletin Of The American Meteorological Society*, Amer Meteorological Soc, v. 61, n. 11, p. 1374–1387, 1980.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. *Episódios de jato de baixos níveis ao leste dos Andes durante 13-19 de abril de 1999*. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, n. 1, p. 35–52, 2002.

MASSONS, J.; CAMPS, J.; SOLER, M. R. *Modeling of pollutant dispersion in sea breeze conditions using a lagrangian model*. *Theor. Appl. Climatol.*, v. 56, n. 3-4, p. 255–266, 1997.

MUÑOZ, E. et al. *Winter and summer structure of the caribbean low-level jet*. *Journal of Climate*, v. 21, n. 6, p. 1260–1276, 2008.

NESTER, K. *Influence of sea-breeze flows on air-pollution over the Attica Peninsula*. *Atmos. Environ.*, v. 29, n. 24, p. 3655–3670, 1995.

OLIVEIRA, P. J. *Estudo do vento e da turbulência na camada limite atmosférica em áreas de floresta e pastagem na Amazônia*. Dissertação (Mestre em Meteorologia) — INPE, São José dos Campos, 1999. 108p. — (INPE-8350-TDI/769).

RAMAN, S. et al. *Numerical simulation of mesoscale circulations in a region of contrasting soil types*. *Pure Appl. Geophys.*, v. 162, n. 8-9, p. 1689–1714, 2005.

SEINFRA. *Mapa do Potencial Eólico do Estado do Ceará*. 2001. Acessado em 25 de abril de 2007. Disponível em: <<http://www.seinfra.ce.gov.br/downloads/Atlas.zip>>.

SHEN, J. M. *Numerical modelling of the effects of vegetation and environmental conditions on the lake breeze*. *Boundary-Layer Meteorology*, v.87, n.3, Jun, p.481-498. 1998.

- SOUSA, A. M. L. d. *Estudo Observacional de Jatos de Baixos Níveis no Litoral Norte e Nordeste do Pará durante o Período Chuvoso e Seco*. 120 f. Dissertação (Mestre em Meteorologia) — Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.
- STENSRUD, D. J. *Importance of low-level jets to climate: A review*. *Journal of Climate*, v. 9, n. 8, p. 1698–1711, 1996.
- STULL, R. B. *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 680 p.
- VASCONCELOS JÚNIOR, F. C. *Estudo numérico de jatos de baixos níveis no estado do Ceará*. 127 f. Dissertação (Mestre em Ciências Físicas Aplicadas) — Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Fevereiro 2010.
- WHITEMAN, C. D.; BIAN, X. D.; ZHONG, S. Y. *Low-level jet climatology from enhanced rawinsonde observations at a site in the southern great plains*. *Journal of Applied Meteorology*, v. 36, n. 10, p. 1363–1376, 1997.
- WILKS, D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences – an introduction*. 1. ed. San Diego: Academic Press, 2006. 69 p. (International Geophysics Series, 91, v. 2).
- WILSON, J. W.; MEGENHARDT, D. L. *Thunderstorm initiation, organization, and lifetime associated with florida boundary layer convergence lines*. *Mon. Wea. Rev.*, v. 125, n. 7, p. 1507–1525, 1997.
- WIPPERMANN, F. *Numerical study on the effects controlling the low-level jet*. *Beitraege zur Physik der Atmosphaere*, v. 46, p. 137–154, 1973.
- YAN, H.; ANTHES, R. A. *The effect of variations in surface moisture on mesoscale circulations*. *Mon. Wea. Rev.*, v. 116, n. 1, p. 192–208, 1988.

APÊNDICE

Dados meteorológicos

Tabela 3 – Dados de velocidade máxima noturna e de temperatura máxima diária para a cidade de Iguatu no mês de outubro do ano de 2005. Destaque em vermelho para os dias em que houve a ocorrência do vento Aracati. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.

Iguatu		Outubro de 2005
Dia	Temperatura Máxima Diária	Velocidade Máxima Noturna (18:00 às 23:00)
1	37,83	4,53
2	37,94	4,258
3	36,73	4,742
4	35,38	5,247
5	37,16	3,491
6	37,31	2,503
7	36,09	2,223
8	36,32	6,068
9	35,42	4,588
10	36,98	5,219
11	35,5	5,911
12	34,64	5,177
13	36,49	5,656
14	36,69	3,248
15	36,78	5,112
16	36,94	4,679
17	37,15	4,598
18	36,69	5,818
19	37,3	5,742
20	37,15	2,94
21	35,83	4,746
22	36,7	4,853
23	37,55	4,056
24	37,21	4,974
25	37,92	5,763
26	37,41	6,575
27	36,08	5,877
28	35	5,594
29	35,83	5,798
30	36,62	6,438
31	36,21	6,088

Tabela 4 – Dados de velocidade máxima noturna e de temperatura máxima diária para a cidade de Iguatu no mês de novembro do ano de 2005. Destaque em vermelho para os dias em que houve a ocorrência do vento Aracati. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.

Iguatu		Novembro de 2005
Dia	Temperatura Máxima Diária	Velocidade Máxima Noturna (18:00 às 23:00)
1	35,38	6,027
2	35,31	5,766
3	37,72	4,814
4	36,64	6,276
5	36,05	6,169
6	35,23	4,68
7	36,6	4,448
8	37,41	6,118
9	36,08	5,702
10	36,07	6,3
11	35,56	5,946
12	35,48	5,175
13	34,7	5,68
14	35,02	5,911
15	35	5,259
16	37,09	5,447
17	38,12	5,583
18	37,55	4,48
19	36,36	3,911
20	37,93	6,452
21	36,2	4,993
22	36,46	6,012
23	35,71	4,941
24	37,26	4,816
25	34,83	5,131
26	35,08	6,042
27	35,63	5,659
28	32,09	4,22
29	37,07	4,895
30	37,17	2,152

Tabela 5 – Dados de velocidade máxima noturna e de temperatura máxima diária para a cidade de Lavras da Mangabeira no mês de outubro do ano de 2005. Destaque em vermelho para os dias em que houve a ocorrência do vento Aracati. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.

Lavras da Mangabeira		Outubro de 2005
Dia	Temperatura Máxima Diária	Velocidade Máxima Noturna (18:00 às 23:00)
1	36,43	6,109
2	36,72	5,47
3	35,73	4,384
4	35,21	4,457
5	35,81	5,25
6	35,52	6,139
7	34,54	3,84
8	34,48	5,102
9	34,4	5,24
10	36,39	5,902
11	34,03	4,493
12	34,84	3,65
13	36,35	3,067
14	35,24	5,827
15	35,96	3,678
16	35,3	3,379
17	36,18	4,163
18	36,98	3,842
19	36,48	5,498
20	35,54	4,88
21	34,68	4,75
22	35,91	3,701
23	36,35	5,409
24	37,08	5,299
25	36,23	5,279
26	36,98	5,393
27	35,7	6,301
28	35,14	5,462
29	36,46	5,495
30	37,01	5,661
31	36,34	6,67

Tabela 6 – Dados de velocidade máxima noturna e de temperatura máxima diária para a cidade de Lavras da Mangabeira no mês de novembro do ano de 2005. Destaque em vermelho para os dias em que houve a ocorrência do vento Aracati. Fonte: Elaborado por Almeida (2010) a partir de FUNCEME.

Lavras da Mangabeira		Novembro de 2005
Dia	Temperatura Máxima Diária	Velocidade Máxima Noturna (18:00 às 23:00)
1	35,35	4,928
2	35,24	2,527
3	36,26	5,81
4	36,1	4,171
5	35,72	4,853
6	34,74	4,406
7	35,17	3,759
8	35,69	4,294
9	35,8	4,938
10	35,79	5,521
11	34,73	6,185
12	35,37	5,646
13	35,32	5,523
14	35,04	6,14
15	34,92	4,738
16	36,5	3,992
17	36,49	3,634
18	35	4,748
19	35,48	3,382
20	37,42	5,127
21	36,18	3,025
22	36,6	4,902
23	35,59	4,198
24	35,91	3,939
25	34,81	3,243
26	33,92	5,944
27	34,44	5,752
28	33,3	1,864
29	34,76	4,548
30	35,63	4,522