



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

FRANCISCO RAFAEL DE LIMA XAVIER

**ESTUDO COMPARATIVO DE PARÂMETROS METEO-OCEANOGRÁFICOS
SOBRE OCEANO ATLÂNTICO EQUATORIAL E A COSTA DA REGIÃO
NORDESTE DO BRASIL**

FORTALEZA

2016

FRANCISCO RAFAEL DE LIMA XAVIER

ESTUDO COMPARATIVO DE PARÂMETROS METEO-OCEANOGRÁFICOS
SOBRE OCEANO ATLÂNTICO EQUATORIAL E A COSTA DA REGIÃO
NORDESTE DO BRASIL

Monografia apresentado ao curso de
Bacharelado em Oceanografia do
Instituto de Ciências do Mar da
Universidade Federal do Ceará.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Geraldo
Ferreira.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- X19 Xavier, Francisco Rafael de Lima.
Estudo comparativo de parâmetros meteo-oceanográficos sobre Oceano Atlântico Equatorial e a costa da região Nordeste do Brasil / Francisco Rafael de Lima Xavier. – 2017.
91 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira.
1. Precipitação. 2. Nordeste do Brasil. 3. PIRATA. I. Título.

CDD 551.46

FRANCISCO RAFAEL DE LIMA XAVIER

ESTUDO COMPARATIVO DE PARÂMETROS METEO-OCEANOGRÁFICOS
SOBRE OCEANO ATLÂNTICO EQUATORIAL E A COSTA DA REGIÃO
NORDESTE DO BRASIL

Monografia submetida ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Geraldo Ferreira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Adilson Wagner Gandu
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Msc. Bárbara Pereira Paiva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

FORTALEZA 2016

A Deus.

Aos meus pais, Gilson e Fatima.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Ceará, pelo apoio financeiro através das bolsas do Programa de Educação Tutorial (PET) e do Programa de Iniciação a Docência (PID).

Ao Prof. Dr. Geraldo Ferreira, pela excelente orientação, risadas e conselhos que me ajudaram a chegar até aqui.

Ao Prof. Dr. Adilson Gandu, por ter aceitado participar desse trabalho, pelas sugestões de metodologia e por compartilhar seus conhecimentos comigo.

A técnica de Laboratório Msc. Bárbara Paiva pelas ajudas com o MatLab e pela paciência em me ensinar.

Aos colegas e professores do Laboratório de Oceanografia Física (LOF) pelo aprendizado.

Aos meus pais, Fatima e Gilson, pelo carinho, suporte e apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos, Rebeca e Geilson e a minha cunhada Geisamara por me motivarem e me apoiarem sempre durante toda a graduação.

A minha namorada, Marcella Jessika, por seu carinho, apoio e atenção.

Aos meus amigos Franklin, Itelé, Rafael, Camena, Amanda, Manuela, Samara, Italo, Segundo, Yuri, Priscila e todos os outros pelas conversas, risadas, almoços e brincadeiras.

Ao meu amigo Rafael que me ajudou em diversos momentos desse trabalho.

A Débora por ter passado um dia inteiro me ajudando com os mapas.

Aos meus amigos Franklin, Rafael, Ítele, Samara, Augusto e Yuri pelos almoços no Divina Gula.

E a todas as pessoas que me incentivaram os abraços, “vai dar certo” e palavras motivacionais que alegravam meu dia.

RESUMO

O Nordeste Brasileiro se caracteriza como uma região semiárida, possuindo baixo índice pluviométrico e baixa umidade, apresentando, assim, um período chuvoso e um período seco bem distintos. Essas características estão associadas aos padrões dinâmicos e termodinâmicos do Oceano Atlântico adjacente à costa da região Nordeste do Brasil. Os padrões de vento, da temperatura do ar e de precipitação permitem um maior entendimento sobre como o Atlântico vai impactar na região, tendo em vista que grande parte da população nordestina vive na faixa litorânea. Para provar os objetivos, utilizou-se dados coletados *in situ* por estações meteorológicas e boias meteorológicas localizadas na costa Região Nordeste do Brasil (nas cidades de Fortaleza, Natal, João Pessoa e Recife) e no Oceano Atlântico Equatorial adjacente, respectivamente. As séries temporais geradas mostraram períodos com diferentes intensidades de precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e ventos de acordo com a localização da estação e período do ano. A temperatura apresentou correlação inversa com a precipitação e direta com a Temperatura da Superfície do Mar (doravante TSM). Embora a correlação entre as anomalias de TSM no Atlântico e a precipitação no litoral da região Nordeste do Brasil tenha apresentado um coeficiente de correlação não significativo ($R^2 < 0,5$), o grau de significância foi, em geral, considerado alto ($p < 0,05$). A gestão dos recursos hídricos é um fator importante para o desenvolvimento humano, por isso o estudo da variação dos padrões de precipitação e alguns dos fatores que a influenciam, como temperatura da superfície do mar (TSM), vento, e temperatura do ar, podem auxiliar na escolha de políticas públicas para uma melhor gestão desses recursos.

Palavras-chave: Precipitação. Nordeste do Brasil. PIRATA.

ABSTRACT

The Brazilian Northeast is considered a semi-arid region with low precipitation and humidity rates which leads, as consequence, to very distinct rain and a dry seasons. These characteristics are linked to the dynamic and the thermodynamic patterns of the Atlantic Ocean portion adjacent to Brazil's northeast coastline. The wind, the air temperature and the precipitation patterns allow us to better understand how the Atlantic Ocean impacts on Brazil's northeast, since most part of this region's population live on coastal areas. In order to prove this, *in situ* data were collected by meteorological and meteo-oceanographic autonomous stations and meteo-oceanographic buoys located along the coast of Brazil's northeast region (in the cities of Fortaleza, Natal, Joao Pessoa and Recife), and in the adjacent Equatorial Atlantic Ocean, respectively. The time series generated presented periods with different intensities of precipitation, temperature, relative air humidity and wind, according to the stations position and the time of the year. The temperature showed an inverse correlation with the precipitation and a direct correlation with the Sea Surface Temperature (SST). Although the correlation between the anomalies of SSF and the precipitation levels on Brazil's northeast coast did not present a considerable coefficient of correlation ($R^2 < 0.5$), the level of significance was, overall, considered high ($p < 0.05$). The management of water resources is an important element to human development, thus studying the variation of precipitation patterns and some of the factors that influence on this variation, such as the Sea Surface Temperature (SST), the wind, and the air temperature, could assist on the decision for public policies to better manage these resources.

Keywords: Rainfall. Northeast of Brazil. PIRATA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa da área de estudo e localização dos pontos de medidas dos dados utilizados.....	23
Figura 2 –	Mapa da cidade de (a) Fortaleza; (b) Natal; (c) João Pessoa; (d) Recife.....	24
Figura 3 –	Imagem das boias (a) Boia PIRATA (b) PNBOIA – Recife.....	25
Figura 4 –	Climatologia parcial para a precipitação da cidade de Fortaleza.....	31
Figura 5 –	Série temporal de precipitação e temperatura do ar para a cidade de Fortaleza.....	32
Figura 6 –	Histograma de precipitação da cidade de Fortaleza.....	33
Figura 7 –	Série temporal da temperatura do ar para a cidade de Fortaleza nos anos de 1998 a 2016.....	33
Figura 8 –	Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica parcial) para a cidade de Fortaleza nos anos de 1998 a 2016.....	34
Figura 9 –	Diferença entre a média climatológica calculada pelo INMET e a média climatológica parcial calculada para o período de 1998/2016.....	34
Figura 10 –	Variação sazonal para intensidade e direção do vento na cidade de Fortaleza. Nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.....	36
Figura 11 –	Série climatológica parcial da precipitação para a cidade de Natal.....	38
Figura 12 -	Histograma de precipitação da cidade de Natal.....	38
Figura 13 –	Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a cidade de Natal.....	39
Figura 14 –	Série temporal da temperatura do ar para a cidade de Natal nos anos de 1998 a 2016.....	39
Figura 15 –	Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica parcial) para a cidade de Natal nos anos de 1998 a 2016.....	40

Figura 16 –	Diferença entre a média climatológica calculada pelo INMET e a média climatológica parcial calculada para o período de 1998/2016.....	41
Figura 17 –	Variação sazonal para intensidade e direção do vento na cidade de Natal, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.....	42
Figura 18 -	Série climatológica parcial da precipitação para a cidade de João Pessoa.....	44
Figura 19 –	Histograma de precipitação da cidade de João Pessoa.....	45
Figura 20 –	Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a cidade de João Pessoa.....	45
Figura 21 –	Série temporal da temperatura do ar para a cidade de João Pessoa nos anos de 1998 a 2016.....	46
Figura 22 –	Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a cidade de João Pessoa nos anos de 1998 a 2016.....	46
Figura 23 –	Diferença entre a média climatológica calculada pelo INMET e a média climatológica parcial calculada para o período de 1998/2016.....	47
Figura 24 –	Variação sazonal para intensidade e direção do vento na cidade de João Pessoa, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro,(j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.....	48
Figura 25 -	Série climatológica parcial da precipitação para a cidade de Recife.....	50
Figura 26 –	Histograma de precipitação da cidade de Recife.....	50
Figura 27 –	Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a cidade de Recife.....	51
Figura 28 –	Série temporal da temperatura do ar para a cidade de Recife nos anos de 1998 a 2016.....	51
Figura 29 –	Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a cidade de Recife nos anos de 1998 a 2016.....	52

Figura 30 –	Diferença entre a média climatológica calculada pelo INMET e a média climatológica parcial calculada para o período de 1998/2016.....	52
Figura 31 –	Variação sazonal para intensidade e direção do vento na cidade de Recife, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.....	53
Figura 32 –	Variação sazonal para intensidade e direção do vento na boia do PNBOIA/Recife, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.....	55
Figura 33 -	Série climatológica parcial da precipitação para a boia PIRATA – 4°N38°W.....	57
Figura 34 –	Histograma de precipitação da boia PIRATA – 4°N38°W.....	57
Figura 35 –	Comparação entre a boia PIRATA 4°N38°W com a cidade de Fortaleza.....	58
Figura 36 –	Comparação entre a boia PIRATA 4°N38°W com a cidade de Natal.....	58
Figura 37 –	Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a boia PIRATA – 4°N38°W.....	59
Figura 38 –	Série temporal da temperatura do ar para a boia PIRATA – 4°N38°W nos anos de 2000 a 2013.....	59
Figura 39 –	Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a boia PIRATA – 4°N38°W nos anos de 2000 a 2013.....	60
Figura 40 –	Variação sazonal da TSM (média climatológica) para a boia PIRATA – 4°N38°W nos anos de 2000 a 2013.....	60
Figura 41 –	Variação sazonal da umidade relativa (média climatológica) para a boia PIRATA – 4°N38°W nos anos de 2000 a 2013.....	61
Figura 42 –	Variação sazonal para intensidade e direção do vento na boia PIRATA – 4°N38°W, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.....	62

Figura 43 -	Série climatológica parcial da precipitação para a boia PIRATA – 0°N35°W.....	64
Figura 44 –	Histograma de precipitação da boia PIRATA – 0°N35°W.....	64
Figura 45 –	Comparação entre a boia PIRATA – 0°N35°W com a cidade de Fortaleza.....	65
Figura 46 –	Comparação entre a boia PIRATA – 0°N35°W com a cidade de Natal.....	65
Figura 47 –	Comparação entre a boia PIRATA – 0°N35°W com a cidade de João Pessoa.....	66
Figura 48 –	Comparação entre a boia PIRATA – 0°N35°W com a cidade de Recife.....	66
Figura 49 –	Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a boia PIRATA – 0°N35°W.....	67
Figura 50 –	Série temporal da temperatura do ar para a boia PIRATA – 0°N35°W nos anos de 1998 a 2013.....	67
Figura 51 –	Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a boia PIRATA – 0°N35°W nos anos de 1998 a 2013.....	68
Figura 52 –	Variação sazonal da TSM (média climatológica) para a boia PIRATA – 0°N35°W nos anos de 1998 a 2013.....	68
Figura 53 –	Variação sazonal da umidade relativa (média climatológica) para a boia PIRATA – 4°N e 38°W nos anos de 2000 a 2013.	69
Figura 54 –	Variação sazonal para intensidade e direção do vento na boia PIRATA – 0N°35°W, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.....	70
Figura 55 -	Série climatológica parcial da precipitação para a boia PIRATA – 8°S30°W.....	72
Figura 56 –	Histograma de precipitação da boia PIRATA – 8°S30°W.....	72
Figura 57 –	Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a boia PIRATA – 8°S30°W.....	73
Figura 58 –	Comparação entre a boia PIRATA 8°S30°W com a cidade de João Pessoa.....	73

Figura 59 –	Comparação entre a boia PIRATA 8°S30°W com a cidade de Recife.....	74
Figura 60 –	Série temporal da temperatura do ar para a boia PIRATA – 8°S30°W nos anos de 2005 a 2014.....	74
Figura 61 –	Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a boia PIRATA – 8°S30°W nos anos de 2005 a 2014.....	75
Figura 62 –	Variação sazonal da TSM (média climatológica) para a boia PIRATA – 8°S30°W nos anos de	75
Figura 63–	Variação sazonal da umidade relativa (média climatológica) para a boia PIRATA – 8°S30°W nos anos de 2005 a 2014.....	76
Figura 64 –	Variação sazonal para intensidade e direção do vento na boia PIRATA – 0°S30°W, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Lista de distribuição dos pontos de coleta <i>in situ</i> por períodos e localização.....	24
Tabela 2 –	Transformação do código de direção do BDMEP para graus	28
Tabela 3 –	Lista de variação do <i>lag</i> utilizado para as correlações entre Fortaleza, Natal e as boias.....	30
Tabela 4 –	Lista de variação do <i>lag</i> utilizado para as correlações entre Fortaleza, Natal e as boias.....	34
Tabela 5 –	Índice de Correlação (R^2) e significância (ρ) entre as anomalias de precipitação no NEB e a anomalia de TSM na boia PIRATA – 4°N38°W.....	79
Tabela 6 –	Índice de Correlação (R^2) e significância (ρ) entre as anomalias de precipitação no NEB e a anomalia de TSM na boia PIRATA – 0°N35°W.....	80
Tabela 7 –	Índice de Correlação (R^2) e significância (ρ) entre as anomalias de precipitação no NEB e a anomalia de TSM na boia PIRATA – 8°S30°W.....	81

LISTA DE ABREVIACÕES

ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZCA	Zona de Confluência dos Alísios
TSM.	Temperatura da Superfície do Mar
NEB	Nordeste do Brasil
ENOS	El Niño – Oscilao Sul
ASAS	Anticiclone Subtropical Semifixo do Atlântico Sul
OL	Ondas de Leste
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
RMN	Região Metropolitana de Natal
TLNO	Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental
RMJP	Região Metropolitana de João Pessoa
RMR	Região Metropolitana de Recife
PNBOIA	Programa Nacional de Boias
GOOS	Global Ocean Observation System
DSR	Divisão de Sensoriamento Remoto
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegao
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
PIRATA	Prediction And Research Moored Array In The Tropical Atlantic
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos Para Ensino e Pesquisa
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
E	Leste
SE	Sudoeste
N	Norte
S	Sul
W	Oeste
NE	Nordeste
SE	Sudeste
NNE	Norte – Nordeste
ENE	Leste – Nordeste
ESE	Leste – Sudeste
SSE	Sul – Sudeste

SSW	Sul - Sudoeste
WSW	Oeste – Sudoeste
WNW	Oeste – Noroeste
NNW	Norte – Noroeste
Jan	Janeiro
Fev	Fevereiro
Mar	Março
Abr	Abril
Jun	Junho
Jul	Julho
Ago	Agosto
Set	Setembro
Out	Outubro
Nov	Novembro
Dez	Dezembro
MATLAB	Matrix Laboratory
CE	Ceará
RN	Rio Grande do Norte
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
C	Celsius

LISTA DE SIMBOLOS

$^{\circ}$	Graus
R^2	Coeficiente de Correlação
ρ	Nível de Significância
μ_A	Média de A
σ_A	Desvio Padrão de A
μ_B	Média de B
σ_B	Desvio Padrão de B

Sumário

1. INTRODUÇÃO	18
2. Objetivos	21
2.1 Objetivo Geral	21
2.2 Objetivos Específicos	21
3. Materiais e métodos	22
3.1 Área de estudo	22
3.2 Banco de dados do Programa Nacional de Boias – PNBOIA	26
3.3 Banco de dados do Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic – PIRATA	27
3.4 Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP	28
3.5 Processamento dos dados	28
3.5.1 Análise inicial	28
3.5.2 Análise estatística	29
3.5.3 Correlações	30
4. Resultados	32
4.1 Análise da precipitação, temperatura do ar e padrões de vento	32
4.1.1 Fortaleza	32
4.1.2 Natal	38
4.1.3 João Pessoa	44
4.1.4 Recife	50
4.1.5 Boia PIRATA – 4N38W	57
4.1.6 Boia PIRATA – 0N35W	64
4.1.7 Boia PIRATA – 8S30W	72
4.2 Correlação entre TSM e Precipitação	79
5. Conclusão	83
6. Referências	85

1. INTRODUÇÃO

O aquecimento desigual da Terra gera uma diferença de temperatura entre as baixas latitudes (maior temperatura) e as altas latitudes (menor temperatura). Essa diferença acarreta uma expansão (baixa pressão) e uma compressão do ar (alta pressão) em superfície, no equador e nos polos, respectivamente, sendo o gradiente de pressão o forçante da circulação atmosférica. A parcela de ar menos densa que ascende na zona de baixa pressão em superfície tende a ir para as zonas de alta pressão nos polos. Ao chegar a cerca de 30° de latitude (Norte ou Sul), esse ar já teve uma diminuição na sua temperatura suficiente para aumentar a sua densidade e descer para camadas mais inferiores da atmosfera, gerando as células de circulação atmosféricas conhecidas como Células de Hadley (BJERKNES, 1966).

A descida dessa massa de ar a 30° gera uma região de alta pressão em superfície que faz com que uma parcela volte em direção à região de baixa pressão no equador, gerando ventos de superfície. A Força de Coriolis causa uma deflexão no movimento do vento para a direita no hemisfério Norte e para a esquerda no hemisfério Sul, gerando, assim, os ventos alísios, vindos de Sudeste no hemisfério Sul e de Nordeste no hemisfério Norte. Esses ventos convergem próximos à região equatorial, dando origem à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A ZCIT é um sistema sinótico que se encontra um pouco ao norte da região do equador e possui uma variação latitudinal sazonal (Philander *et al.*, 1996). Segundo Ferreira (1996), a ZCIT possui características atmosféricas e oceânicas marcantes, todas interagindo próximas à faixa equatorial:

- I. Zona de Confluência dos Alísios (ZCA);
- II. Zona do Cavado Equatorial;
- III. Zona de máxima temperatura da superfície do mar;
- IV. Zona de máxima convergência de massa;
- V. Zona da banda de máxima cobertura de nuvens convectivas.

Sobre o continente, essa zona de convergência de ar é caracterizada por um gradiente de umidade.

A principal forçante oceanográfica para a variação sazonal da ZCIT é a temperatura da superfície do mar (TSM). Sobre o Oceano Atlântico, a ZCIT se desloca de 14°N a 2°S, respectivamente em Agosto/Setembro e Março/Abril, podendo chegar a

5°S em épocas com maiores precipitações no Nordeste do Brasil (NEB) (Melo *et al.*, 2009).

A ZCIT é um dos principais sistemas atmosféricos que atuam no tempo e no clima do NEB (REBOITA, 2010). Nela, ocorre uma ascensão do ar quente e úmido, que, ao chegar a camadas superiores da atmosfera, sofre condensação e precipitação. Segundo Ferreira e Mello (2005), além da ZCIT, outras forçantes atuam no tempo e no clima da região do NEB, sendo:

- i. Frentes frias (KOUSKY, 1979) ocorrem entre os meses de Novembro e Janeiro;
- ii. Vórtices ciclônicos de altos níveis ocorrem nos meses de Janeiro e Fevereiro;
- iii. Linhas de instabilidade ocorrem nos meses de Fevereiro e Março;
- iv. Complexos convectivos de mesoescala ocorrem entre os meses de Setembro e Março;
- v. Ondas de Leste (OL) ocorrem entre os meses de Junho e Agosto;
- vi. Brisa marítima (TEIXEIRA, 2008) ocorre todos os dias devido o aquecimento diferencial entre o oceano e o continente;
- vii. El Niño – Oscilação Sul (ENOS) ocorre a cada três ou sete anos.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), dependendo da sua posição, pode favorecer a precipitação no litoral do NEB. Quando o ASAS é deslocado para Sul e mais para próximo do continente, intensifica os ventos de Sudeste (SE), aumentando o transporte de umidade do oceano para o continente (MOSCATI, 1991).

A análise dos padrões de vento, da temperatura do ar e da precipitação sobre o continente e o oceano permite um maior entendimento sobre as forçantes e impactos desses eventos em diferentes regiões. Os ventos são uma importante forçante oceanográfica, atuando no fluxo de energia, massa e no transporte de gases. A transferência de momento da atmosfera para o oceano produzida pelos ventos forma as correntes superficiais. Além disso, eles atuam no transporte de umidade, provocando maior evaporação sobre o oceano e transportando essa umidade para as regiões costeiras, gerando chuva.

A temperatura do ar é um dos principais efeitos da radiação solar sobre a superfície do planeta. Ela é a causa inicial de inúmeros fenômenos meteorológicos, tendo influência direta sobre as condições ambientais, a exemplo disso, a correlação positiva mostrada por Kanieski *et al* (2012) entre a temperatura média e o crescimento

de espécies de araucária. E é fortemente influenciada pelo desmatamento, pelo crescimento dos grandes centros urbanos e pela poluição atmosférica, sendo estes os principais fatores para a formação de ilhas de calor nas cidades (LOMBARDO, 1985).

A precipitação é uma das mais importantes variáveis climáticas. O NEB se caracteriza como uma região semiárida, ou seja, com baixa umidade e baixo índice pluviométrico e possui alto grau de previsibilidade da pluviometria média sazonal sobre a região. A precipitação tem influência sobre inúmeras atividades humanas, como, por exemplo, na agricultura familiar (MACHADO FILHO *et al.* 2016) que é impactada diretamente pelos índices pluviométricos, sendo este um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso dessa atividade na região. Por conta dessa variação espaço-temporal na precipitação, a região NEB está mais suscetível a desastres naturais, como inundações. Lima *et al* (2008). mostra que a distribuição espacial da precipitação mensal possui relação direta com os casos de dengue no estado da Paraíba. Logo, a gestão dos recursos hídricos é um importante fator para o desenvolvimento humano. Portanto, o estudo da variação dos padrões de precipitação e alguns dos fatores que a influenciam, como temperatura da superfície do mar (TSM), vento e temperatura do ar, podem auxiliar na escolha de políticas públicas para uma melhor gestão desses recursos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral comparar os padrões de temperatura do ar, vento e precipitação sobre as capitais dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, na costa do NEB, com os dados das boias localizadas no Oceano Atlântico adjacente.

2.2 Objetivos Específicos

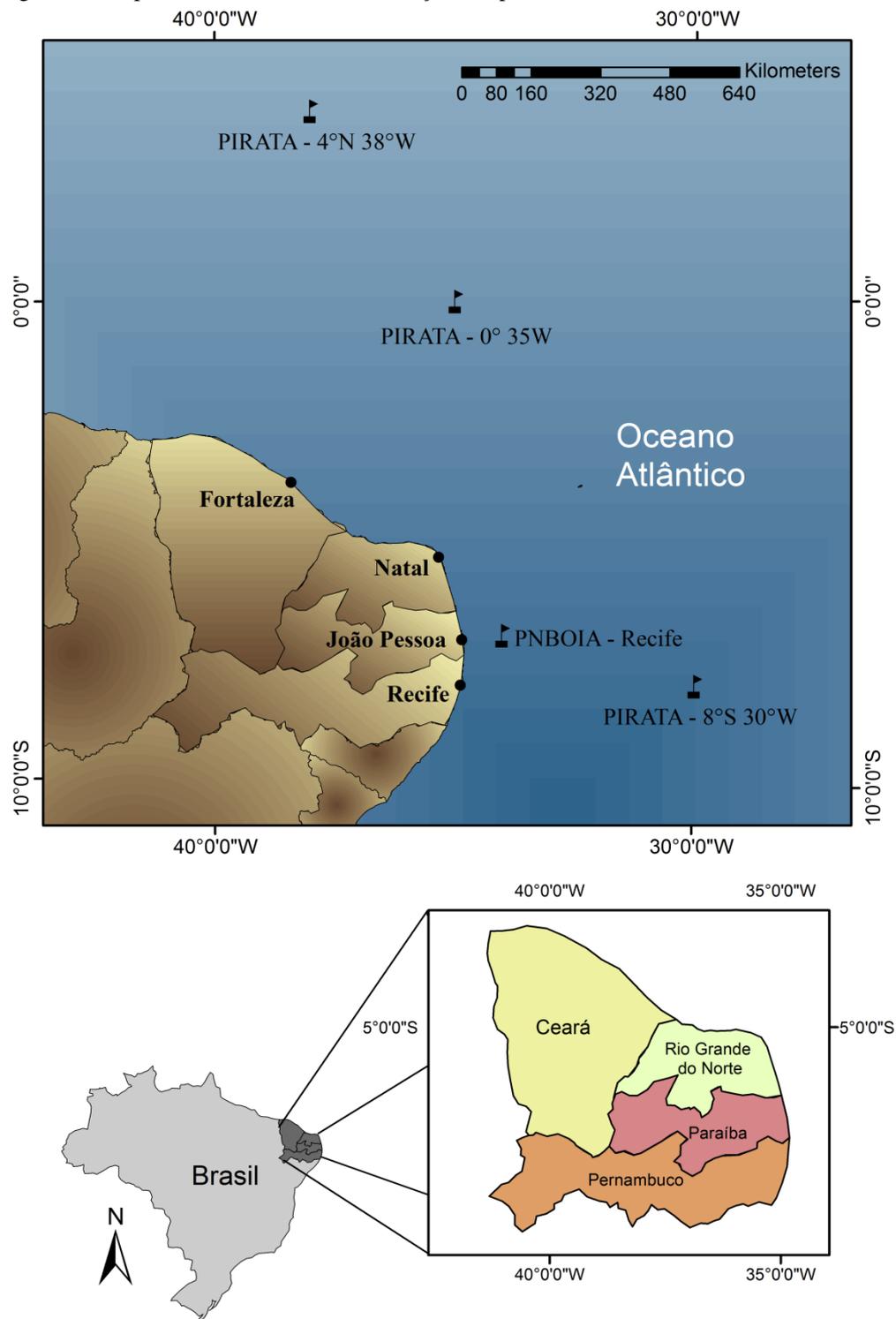
- Caracterizar a variação anual da precipitação das capitais do NEB, bem como da precipitação registradas pelas boias localizadas na porção oeste do Oceano Atlântico Equatorial;
- Comparar a frequência da precipitação das capitais do NEB com as boias localizadas na porção oeste do Oceano Atlântico Equatorial que estejam sobre uma mesma latitude ou longitude;
- Caracterizar a variação anual do padrão de vento das capitais do NEB, assim como do padrão de vento das boias localizadas na porção oeste do Oceano Atlântico Equatorial;
- Caracterizar a variação anual da temperatura do ar das capitais do NEB, bem como da temperatura do ar das boias localizadas na porção oeste do Oceano Atlântico Equatorial;
- Analisar a influência da TSM nas boias sobre a precipitação das capitais do NEB;

3. Materiais e métodos

3.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado a partir de dados obtidos no NEB e em alguns pontos da porção oeste do Oceano Atlântico Equatorial adjacente à costa do Brasil ($6^{\circ}\text{N} - 10.5^{\circ}\text{S}$, $42^{\circ}\text{W} - 28^{\circ}\text{W}$), como mostrado no mapa da figura 1 e na tabela 1. Essa região compreende a área de atuação da ZCIT e possui influência dos ventos alísios. A região continental estudada compreende as cidades de Fortaleza (CE), Natal (RN), João Pessoa (PB) e Recife (PE) (Figura 2). Na região oceânica, os dados obtidos foram das boias PIRATA localizadas a $4^{\circ}\text{N}38^{\circ}\text{W}$, $0^{\circ}\text{N}35^{\circ}\text{W}$ e $8^{\circ}\text{S}30^{\circ}\text{W}$ e da boia do PNBOIA de Recife, localizada a $7^{\circ}\text{S}34^{\circ}\text{W}$ (Figura 3).

Figura 1 – Mapa da área de estudo e localização dos pontos de medidas dos dados utilizados.



Fonte: O autor

Tabela 1 – Lista de distribuição dos pontos de coleta *in situ* por períodos e localização

Localização da estação	Período
Fortaleza/CE	Jan/1998 – Ago/2016
Natal/RN	Jan/1998 – Ago/2016
João Pessoa/PE	Jan/1998 – Ago/2016
Recife/PB	Jan/1998 – Ago/2016
PNBOIA – Recife	Nov/2012 – Abr/2016
PIRATA – 4N38W	Mar/2000 – Out/2013
PIRATA – 0N35W	Jan/1998 – Maio/2013
PIRATA – 8S30W	Ago/2005 – Ago/2014

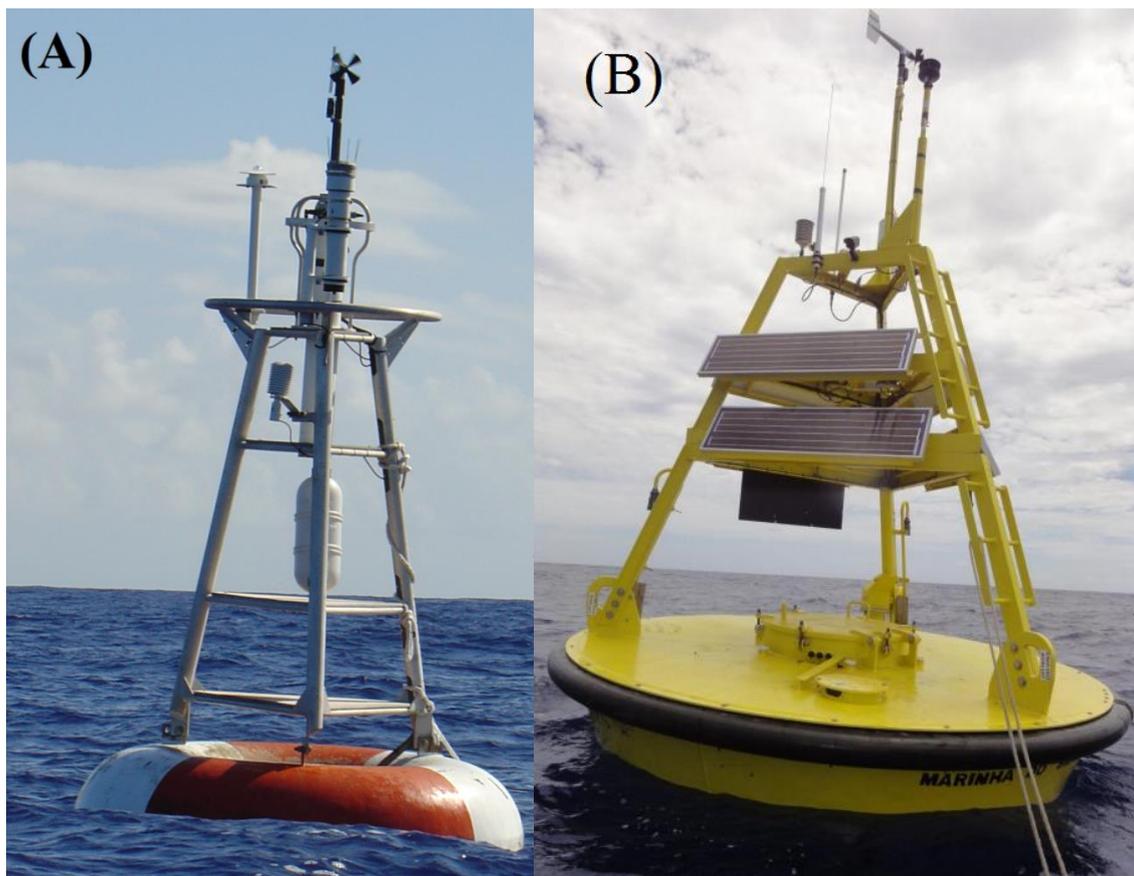
Fonte: O autor

Figura 2 – Mapa da cidade de (A) Fortaleza; (B) Natal; (C) João Pessoa; (D) Recife



Fonte: Google Earth

Figura 3 – Imagem das boias (a) Boia Atlas do Projeto PIRATA (b) PNBOIA – Recife



Fonte: (a) INPE, (b) GOOS Brasil

A região metropolitana de Fortaleza (RMF), localizada no litoral norte do estado do Ceará, compreende uma área de aproximadamente 314,93 km² com uma população de 2.609.716 habitantes, segundo o IBGE (2016). É caracterizada pela sazonalidade na precipitação, ocorrendo nos meses de Janeiro a Junho (MOURA *et al.*, 2015), com uma concentração nos meses de Fevereiro a Maio (ZANELLA, 2005) e elevadas temperaturas ao longo do ano, variando entre 26°C e 27°C com máximas entre 31°C e 32°C, segundo Brandão (2008). De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o clima da RMF é definido como Tropical Equatorial com até seis meses secos. A cidade possui ventos fracos (grau 3) e brisas moderadas (grau 4) de acordo com a escala de Beaufort, que varia de zero a doze graus, sendo o grau zero correspondente à calmaria e o grau doze correspondente a um furacão.

A região metropolitana de Natal (RMN), localizada no estado do Rio Grande do Norte, compreende uma área de aproximadamente 167,264 km² com uma população de 877.662 habitantes, segundo o IBGE (2016). De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o clima da RMN é definido como Tropical Litorâneo do

Nordeste Oriental (TLNO), com totais pluviométricos mensais atingindo um máximo de 270 mm no mês de Abril. Possui elevadas temperaturas ao longo do ano, com uma temperatura média de 26°C com máximas podendo atingir 30°C. Possui brisas moderadas (grau 4) e ventos frescos (grau 6) de acordo com a escala de Beaufort (SANTO e SILVA, 2016).

A região metropolitana de João Pessoa (RMJP), localizada no estado da Paraíba, compreende uma área de aproximadamente 211,475 km² com uma população de 801.718 habitantes, segundo o IBGE IBGE (2016). De acordo com Mendonça e Danii-Oliveira (2007), o clima da RMJP é definido como TLNO, não apresenta estação seca e possui apenas uma diminuição dos totais pluviométricos no período de Outubro a Fevereiro. Possui uma variação sazonal bastante tênue de temperatura, com uma média de 27°C com máximas podendo atingir 31°C. A velocidade do vento apresenta os menores valores durante o fim do verão, outono e início do inverno (Fevereiro a Junho), com os maiores valores durante o final do inverno e parte da primavera (Agosto a Outubro) (PEREIRA, 2014).

A região metropolitana de Recife (RMR), localizada no estado de Pernambuco, compreende uma área de aproximadamente 218,435 km² com uma população de 1.625.583 habitantes, segundo o IBGE IBGE (2016). De acordo com Mendonça e Danii-Oliveira (2007), o clima da RMR é definido como TLNO, não apresenta estação seca e possui apenas uma diminuição dos totais pluviométricos no período de Outubro a Fevereiro. Mostra um elevado índice pluviométrico anual, aproximadamente 2500mm, sendo concentrado nos meses de Março a Agosto. A temperatura possui uma pequena variação ao longo do ano, com médias variando entre 23°C e 26°C. Com relação aos ventos, a direção é predominantemente de SE, com velocidade anual oscilando entre 2,3 m s⁻¹ e 3,4 m s⁻¹ e média anual de 2,9 m s⁻¹ (PFALTZGRAFF *et al.*, 2003).

3.2 Banco de dados do Programa Nacional de Boias – PNBOIA

O Programa Nacional de Boias (PNBOIA) é a contribuição brasileira para o Global Ocean Observation System (GOOS), tendo sido desenvolvido e gerenciado pelo programa HIDROSFERA da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) do Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil (<http://www.dsr.inpe.br/pnboia/pnboia.html>).

O PNBOIA possui uma rede de boias fundeadas (sistema de coleta de dados Euleriano) e de deriva (sistema de coleta de dados Lagrangeano), ambas rastreadas por satélite, e um sistema de recepção, processamento e divulgação de dados meteorológicos e oceanográficos.

Para o presente trabalho foram utilizados os dados diários de velocidade do vento a 4,7m e direção do vento a 4,7m relativos à boia fundeada de Recife – PE (08°09,22'S, 34°33,57'W), durante o período de Novembro de 2012 a Abril de 2016. Essas variáveis foram comparadas na sessão de análise com os dados coletados pelo Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic (PIRATA) e com os dados das estações automáticas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

3.3 Banco de dados do Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic – PIRATA

O PIRATA é um programa projetado para se estudar as interações oceano-atmosfera sobre o oceano Atlântico Tropical e os seus efeitos na variação climática regional em pequena e grande escala. Para isso, utiliza uma rede de boias ao longo do Oceano Atlântico Tropical que monitoram variáveis meteo-oceanográficas, como precipitação, velocidade e direção dos ventos, umidade, temperatura da superfície do mar, entre outras, através de medições *in situ* (sistema de coleta Euleriano).

O programa PIRATA é resultado de uma cooperação entre Brasil, França e Estados Unidos, responsáveis por todo suporte logístico necessário para continuidade da operação.

Para o presente trabalho foram utilizados os dados diários de temperatura do ar, umidade relativa, temperatura da superfície do mar, velocidade do vento, direção do vento e dados a cada 10 minutos para precipitação, relativos às boias localizadas em 0°N35°W, 4°N38°W e 8°S30°W durante o período de Janeiro de 1998 a Julho de 2014, Março de 2000 a Outubro de 2013 e Agosto de 2005 a Agosto de 2014, respectivamente. Essas variáveis foram comparadas na sessão de análise com os dados

coletados pelo PNBOIA e com os dados das estações automáticas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

3.4 Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP

O BDMEP é um banco de dados para apoiar as atividades de ensino e pesquisa e outras aplicações em meteorologia, hidrologia etc.. Possui dados meteorológicos diários, a partir de 1961, com séries históricas de estações meteorológicas convencionais da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As variáveis atmosféricas disponibilizadas para consultas no BDMEP são: precipitação ocorrida nas últimas 24 horas; temperatura do bulbo seco; temperatura do bulbo úmido; temperatura máxima; temperatura mínima; umidade relativa do ar; pressão atmosférica ao nível da estação; insolação; direção e velocidade do vento.

Neste trabalho, foram utilizados dados de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, direção do vento e precipitação, relativos às estações de Fortaleza (CE), Natal (RN), João Pessoa (PB) e Recife (PE) durante o período de Janeiro de 1998 a Agosto de 2016. Essas variáveis foram comparadas na sessão de análise com os dados coletados pelo PNBOIA e com os dados coletados pelo PIRATA.

3.5 Processamento dos dados

No processamento e análise dos dados *in situ* coletados pelas boias e pelas estações meteorológicas convencionais foi utilizado o software MatLab. O Processamento dos dados *in situ* foi dividido em: 1) Análise inicial, 2) Análise estatística e 3) Correlações.

3.5.1 Análise inicial

Os dados obtidos pelas boias e pelas estações convencionais foram inicialmente organizados em um arquivo único. Após isso, foram retirados todos os valores atípicos, representados por -9.99, N/S e dias com dados vazios nos dados das boias PIRATA, das estações do BDMEP e das boias PNBOIA, respectivamente, que foram gerados, possivelmente, por defeitos no sensor e substituídos por *Not a Number*

(NaN). Para os índices de direção do vento fornecidos pelo BDMEP foi utilizada a tabela 2 para determinar a direção dos ventos. A partir desse arquivo, foi feito o processamento dos dados.

Tabela 2 – Transformação do código de direção do BDMEP para graus

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DESCRIÇÃO SIMPLES	Graus
1, 2, 3, 4	Norte - Nordeste	NNE	22.5°
5, 6	Nordeste	NE	45°
7, 8	Este - Nordeste	ENE	67.5°
9, 10	Leste	E	90°
11, 12, 13	Este - Sudeste	ESE	112.5°
14, 15	Sudeste	SE	135°
16, 17	Sul - Sudeste	SSE	157.5°
18, 19	Sul	S	180°
20, 21, 22	Sul - Sudoeste	SSW	202.5°
23, 24	Sudoeste	SW	225°
25, 26	Oeste - Sudoeste	WSW	247°
27, 28	Oeste	W	270°
29, 30, 31	Oeste - Noroeste	WNW	292.5°
32, 33	Noroeste	NW	315°
34, 35	Norte - Noroeste	NNW	337.5°
36	Norte	N	360°

Fonte: O autor

3.5.2 Análise estatística

Com base nos dados de temperatura do ar, precipitação, umidade, direção e velocidade do vento e temperatura da superfície do mar, foram calculados a média diária e mensal, o desvio padrão e os valores máximo e mínimo.

Com a finalidade de cotejar o comportamento entre as medidas realizadas por cada estação, foram criadas distribuições de frequência absoluta e percentuais na forma de histograma, série temporal, *boxplot* e rosa dos ventos.

O *boxplot* é um gráfico utilizado para avaliar a distribuição empírica dos dados. é formado pelo primeiro e terceiro quartil (limites inferior e superior da caixa azul) que correspondem a 25% e 75% dos dados, mediana (linha vermelha), limite superior e inferior (haste q se estende do primeiro e terceiro quartil até um valor máximo e mínimo) e *outliers* (cruzes vermelhas) que são valores atípicos, indicativo de uma distribuição com muita variação ou algum erro

Para a precipitação e temperatura do ar, nas distribuições em forma de *boxplot* foram comparadas as médias climatológicas parciais com a climatologia do período de 1961/1990 fornecida pelo INMET para as capitais do NEB com o intuito de observar a variação sazonal e comparar as médias climatológicas. Para os pontos da porção oeste do Oceano Atlântico Equatorial adjacente à costa do Brasil, as distribuições de frequência foram comparadas com as variações da TSM e umidade relativa do ar. As distribuições de frequência na forma de histograma foram utilizadas para comparação entre as boias e as capitais do NEB.

Com relação aos ventos, foram criadas distribuições de frequência na forma de rosa dos ventos, com periodicidade mês a mês, com o intuito de ver a variação sazonal do padrão de ventos.

3.5.3 Correlações

Após compararmos o comportamento das variáveis, foi feita uma correlação entre as anomalias de TSM e precipitação, em que foi retirado o coeficiente de correlação (R^2) juntamente com o nível de significância (ρ). Para cálculo do coeficiente de correlação, foi utilizada a função *corrcoef* do software MatLab, em que o coeficiente de correlação de duas variáveis é medido através da sua dependência linear, com o coeficiente de correlação de Pearson sendo definido pela equação 1.

$$\rho(A, B) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i - \mu_A}{\sigma_A} \right) \left(\frac{B_i - \mu_B}{\sigma_B} \right) \quad (1),$$

em que μ_A e σ_A são a média e o desvio padrão de A, respectivamente, e μ_B e σ_B são a média e o desvio padrão de B, respectivamente, sendo A a variável independente e B a variável dependente.

A função *corrcoef* foi utilizada juntamente com uma correlação com *lag* para o período da quadra chuvosa de cada capital. Para isso, foram criados dez índices de *lag* onde lag0 corresponde ao mesmo período de meses tanto pra a quadra da capital quanto para TSM das boias analisadas, lag1 corresponde ao período da quadra chuvosa menos um mês para TSM, até um máximo de lag10, como mostra as tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Lista de variação do *lag* utilizado para as correlações entre Fortaleza e as boias.

Lag	Quadra Chuvosa Fortaleza	TSM Fortaleza
Lag0	Fev./Mar./Abr./Maio.	Fev./Mar./Abr./Maio.
Lag1	Fev./Mar./Abr./Maio.	Jan./Fev./Mar./Abr.
Lag2	Fev./Mar./Abr./Maio.	Dez./Jan./Fev./Mar.
Lag3	Fev./Mar./Abr./Maio.	Nov./Dez./Jan./Fev.
Lag4	Fev./Mar./Abr./Maio.	Out./Nov./Dez./Jan.
Lag5	Fev./Mar./Abr./Maio.	Out./Nov./Dez./Jan.
Lag6	Fev./Mar./Abr./Maio.	Set./Out./Nov./Dez.
Lag7	Fev./Mar./Abr./Maio.	Ago./Set./Out./Nov.
Lag8	Fev./Mar./Abr./Maio.	Jul./Ago./Set./Out.
Lag9	Fev./Mar./Abr./Maio.	Jun./Jul./Ago./Set.
Lag10	Fev./Mar./Abr./Maio.	Maio./Jun./Jul./Ago.

Fonte: O autor

Tabela 4 – Lista de variação do *lag* utilizado para as correlações entre Natal, João Pessoa e Recife e as boias.

Lag	Quadra Chuvosa Natal, João Pessoa e Recife	TSM Natal, João Pessoa e Recife
Lag0	Abr./Maio./Jun./Jul.	Abr./Maio./Jun./Jul.
Lag1	Abr./Maio./Jun./Jul.	Mar./Abr./Maio./Jun.
Lag2	Abr./Maio./Jun./Jul.	Fev./Mar./Abr./Maio.
Lag3	Abr./Maio./Jun./Jul.	Jan./Fev./Mar./Abr.
Lag4	Abr./Maio./Jun./Jul.	Dez./Jan./Fev./Mar.
Lag5	Abr./Maio./Jun./Jul.	Nov./Dez./Jan./Fev.
Lag6	Abr./Maio./Jun./Jul.	Out./Nov./Dez./Jan.
Lag7	Abr./Maio./Jun./Jul.	Out./Nov./Dez./Jan.
Lag8	Abr./Maio./Jun./Jul.	Set./Out./Nov./Dez.
Lag9	Abr./Maio./Jun./Jul.	Ago./Set./Out./Nov.
Lag10	Abr./Maio./Jun./Jul.	Jul./Ago./Set./Out.

Fonte: O autor

4. Resultados

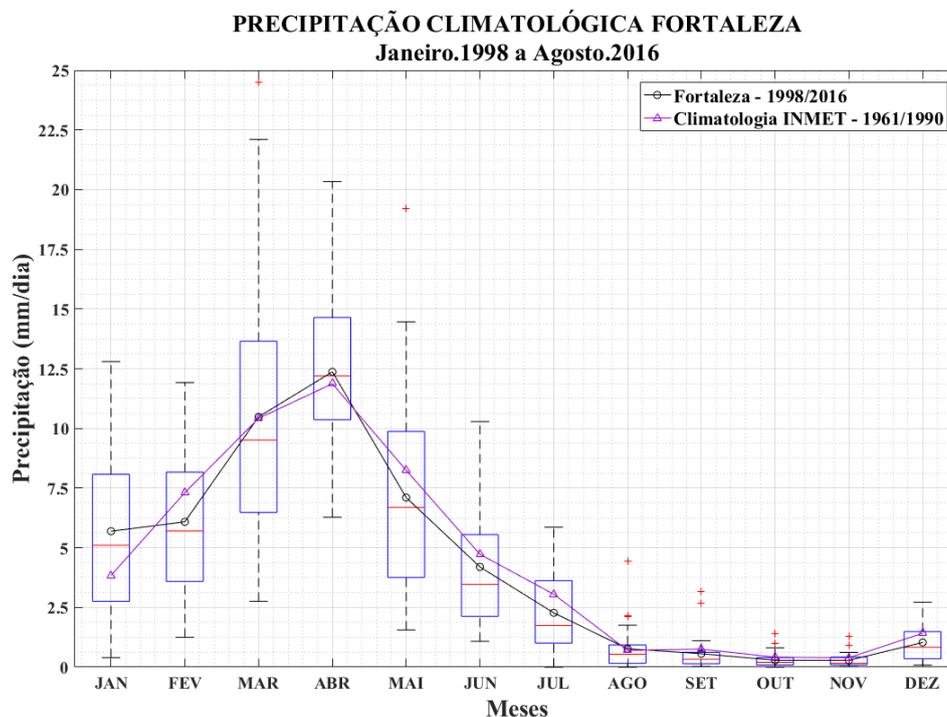
4.1 Análise da precipitação, temperatura do ar e padrões de vento

4.1.1 Fortaleza

A figura 4 mostra que Fortaleza apresenta uma pré-estação chuvosa disposta de Novembro a Janeiro (ALVES *et al.*, 1993) e uma estação chuvosa que ocorre de Fevereiro a Maio (ALVES E REPELLI, 1992), tendo seu ápice durante o mês de Abril, período no qual a ZCIT se encontra na sua posição mais austral.

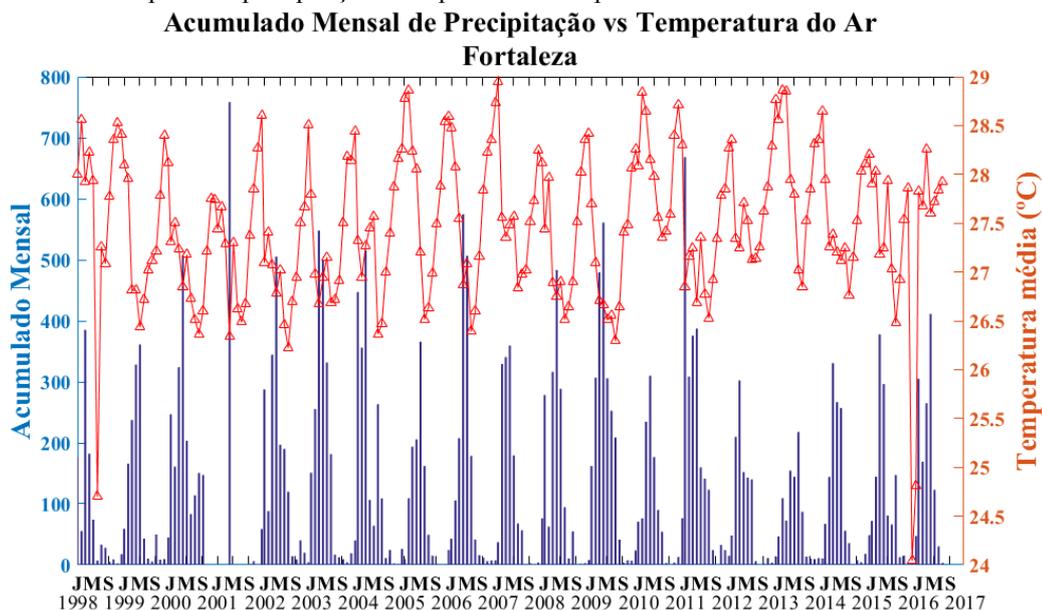
Comparando-se a média climatológica fornecida pelo INMET para o período de 1961/1990 com a média climatológica parcial feita para o período de 1998/2016, pode-se observar que não houve uma variação significativa com relação à precipitação média, com a média climatológica do INMET tendo ficado entre o primeiro e o terceiro quartis.

Figura 4 – Climatologia parcial para a precipitação da cidade de Fortaleza.



Na figura 5, percebe-se que a precipitação é inversamente proporcional à temperatura do ar.

Figura 5 – Série temporal de precipitação e temperatura do ar para a cidade de Fortaleza.



Com relação à frequência de chuvas, podemos observar com o histograma da figura 6 que existe um baixo índice de precipitação ao longo do tempo, com maior parte desse período possuindo precipitações menores que 10 mm dia^{-1} .

Figura 6 – Histograma de precipitação da cidade de Fortaleza.

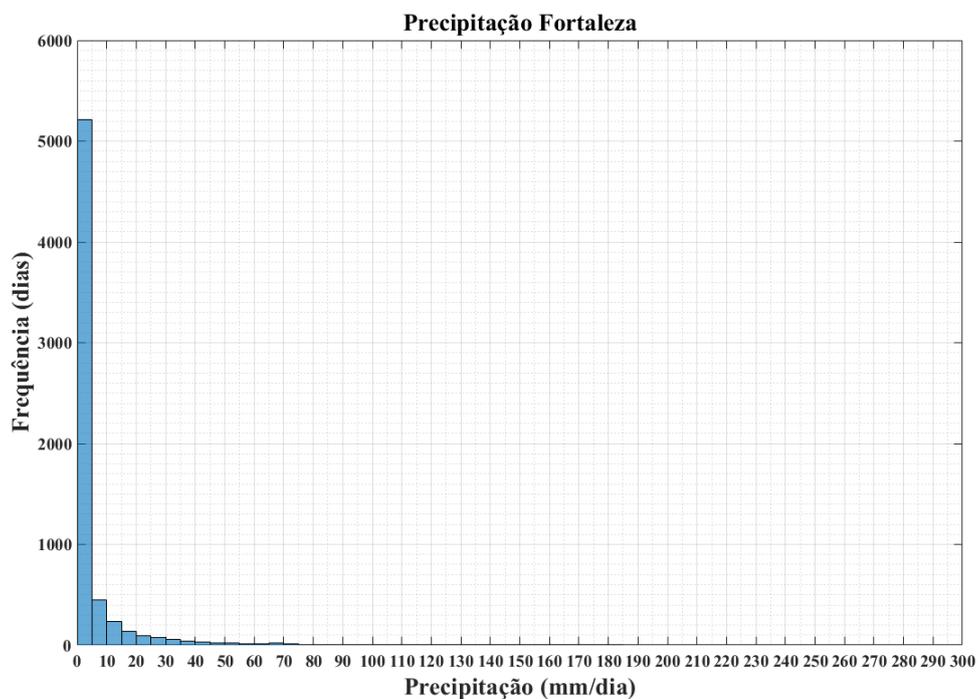
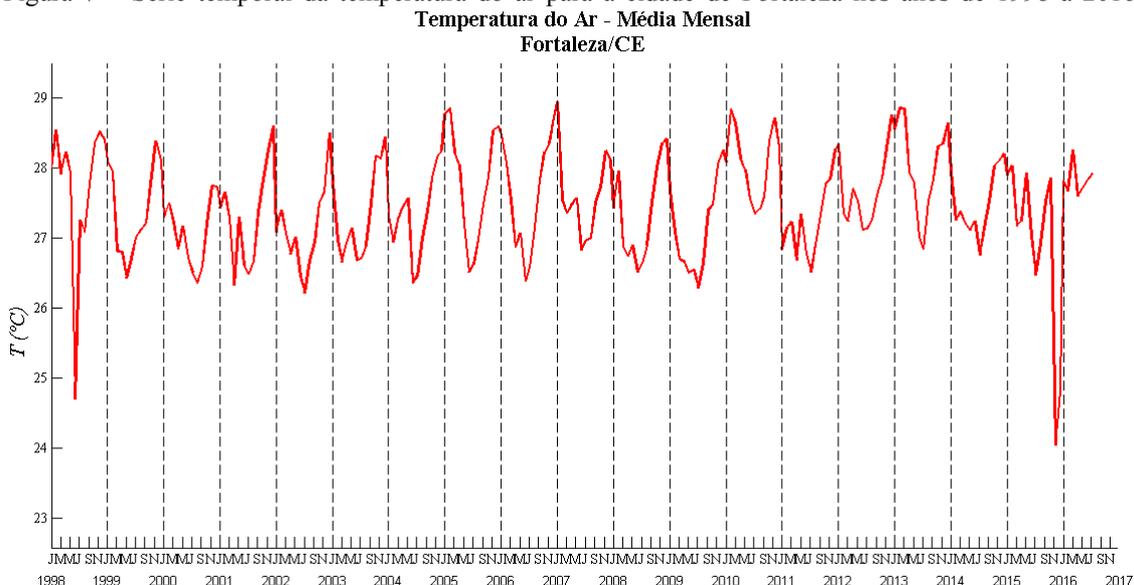


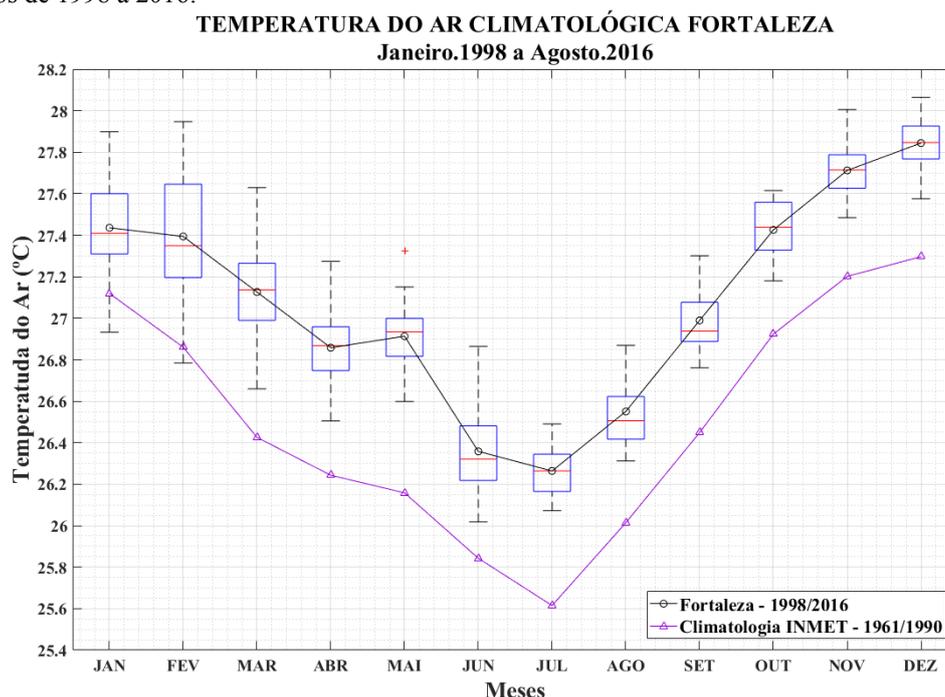
Figura 7 – Série temporal da temperatura do ar para a cidade de Fortaleza nos anos de 1998 a 2016.



De acordo com a figura 7, a variação sazonal da temperatura do ar apresenta elevados índices de Setembro a Janeiro e menores valores ocorrendo nos meses de Junho, Julho e Agosto, meses que sucedem a quadra chuvosa. Tendo sido observados valores de temperatura do ar menores que 26°C nos anos de 1998 e 2016. Ao comparar as figuras 4 e 7, vemos que ocorre uma diminuição da temperatura do ar após a quadra chuvosa e um aumento antes. Isso acontece, pois, durante a quadra chuvosa, tem-se uma menor disponibilidade de radiação devido a nebulosidade, além disso, a água proveniente da chuva faz com que parte dessa radiação disponível evapore a água do solo, impedindo que a sua temperatura suba e aumentando a quantidade de vapor d'água na atmosfera, fazendo com que a temperatura do ar e do solo sejam menores. A cidade possui uma variação térmica mensal média ao longo do ano de 1°C (figura 8).

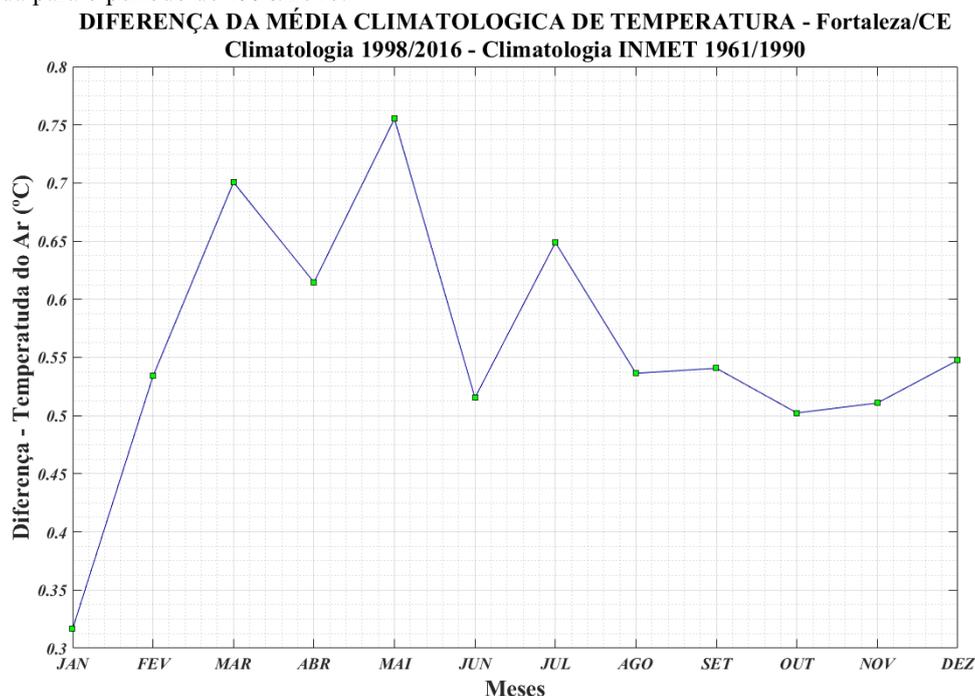
Na figura 8, podemos observar uma climatologia parcial da variação sazonal da temperatura do ar para a cidade de Fortaleza para os anos de 1998 a 2016.

Figura 8 – Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica parcial) para a cidade de Fortaleza nos anos de 1998 a 2016.



De acordo com a figura 8 e 9, a média climatológica da temperatura do ar para a cidade de Fortaleza apresentou um aumento médio entre $0,3^{\circ}\text{C}$ em Janeiro e $0,75^{\circ}\text{C}$ em Maio, quando comparada com a climatologia fornecida pelo INMET para o período de 1961/1990.

Figura 9 – Diferença entre a média climatológica calculada pelo INMET e a média climatológica parcial calculada para o período de 1998/2016.

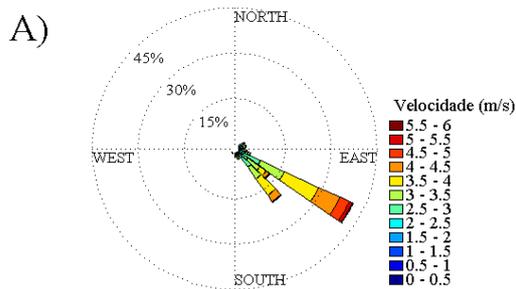


Como dito anteriormente, essa região sofre grande influxo da ZCIT, influenciando não apenas a precipitação e a temperatura do ar, como também as condições de vento. A região onde se localiza Fortaleza possui regimes eólicos muito fortes, com alta intensidade e constância direcional nos ventos, sendo ambos influenciados positivamente pela aproximação da ZCIT (SILVA, 2003).

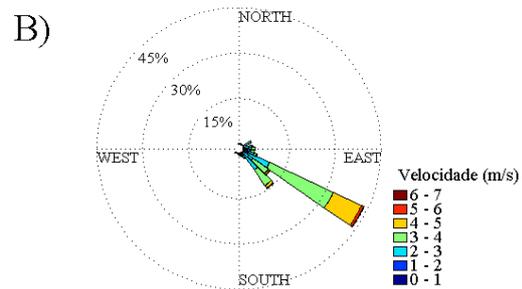
Na figura 10, podemos observar as tendências e frequências para os padrões de intensidade e direção do vento na cidade de Fortaleza. Ao longo do ano, a direção do vento não possui grande variação, sendo, normalmente, de Leste (E) ou Sudeste (SE), de acordo com a estação do ano, conforme Silva *et al.* (2010) e Silva (2004). A velocidade do vento varia de 2 m s^{-1} a $5,5 \text{ m s}^{-1}$ ao longo do ano (AGUIAR *et al.* 2003); durante o primeiro semestre do ano, Janeiro a Junho, a frequência dos ventos com maiores intensidades é reduzida, principalmente durante o período que corresponde à quadra chuvosa, pois, com a descida da ZCIT, ocorre uma diminuição na pista dos ventos e um aumento na convergência de massa em baixos níveis, provocando uma ascendência do ar úmido o que ocasiona precipitação. No segundo semestre, em especial durante os meses de Agosto a Outubro, ocorre um aumento na intensidade dos ventos, devido a ZCIT se encontra na sua porção mais ao Norte, gerando aumento na pista dos ventos. Essa variação sazonal da velocidade dos ventos é mostrada por Silva (2010), quando explica que, ao longo do ano, a menor velocidade média do vento se encontra no período da quadra chuvosa, tendo um aumento dessa velocidade média durante o segundo semestre do ano.

Figura 10 – Variação sazonal para intensidade e direção do vento na cidade de Fortaleza. Nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.

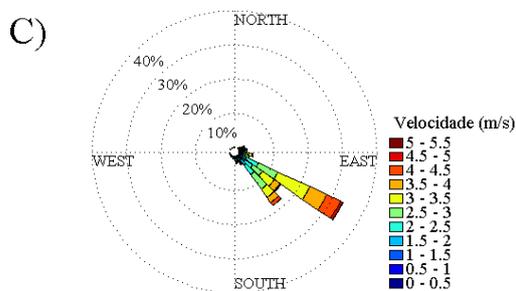
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Janeiro - 1998/2016



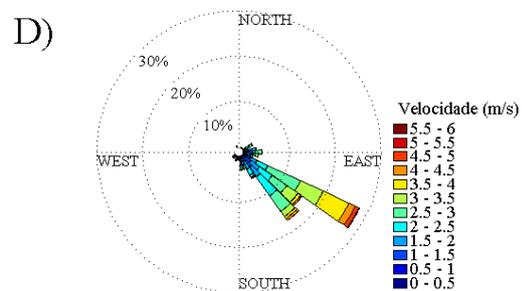
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Fevereiro - 1998/2016



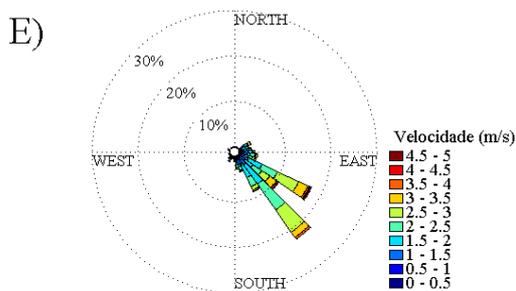
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Março - 1998/2016



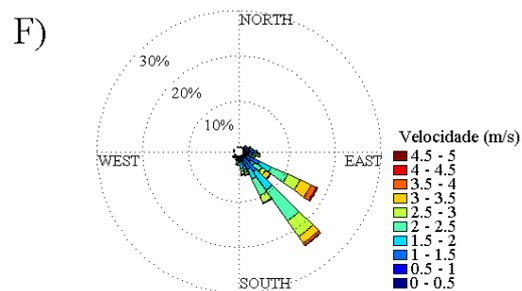
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Abril - 1998/2016



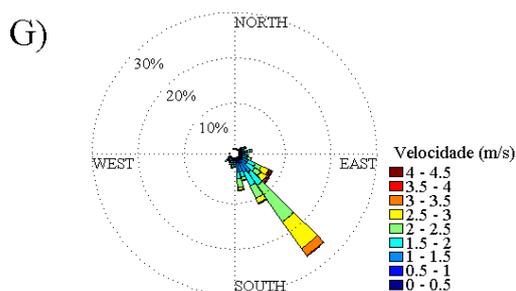
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Maio - 1998/2016



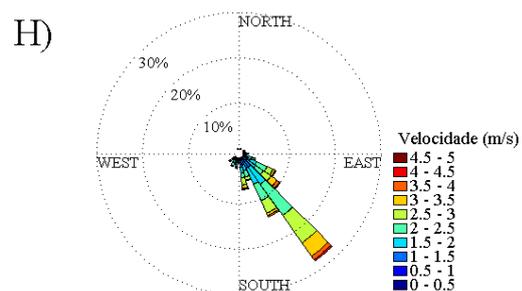
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Junho - 1998/2016



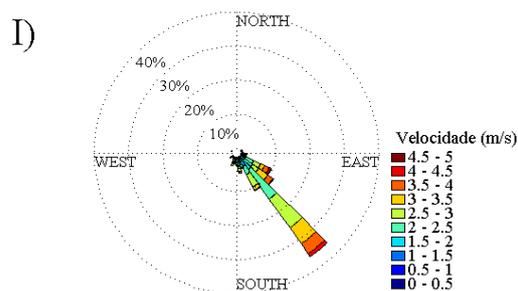
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Julho - 1998/2016



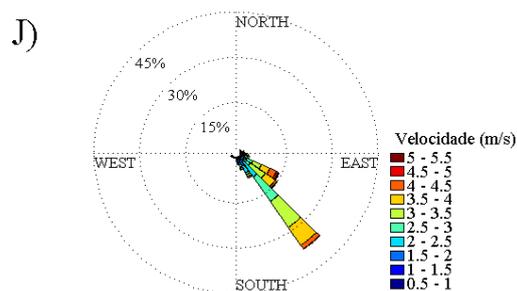
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Agosto - 1998/2016



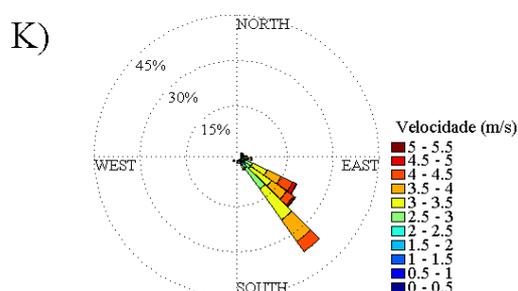
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Setembro - 1998/2016



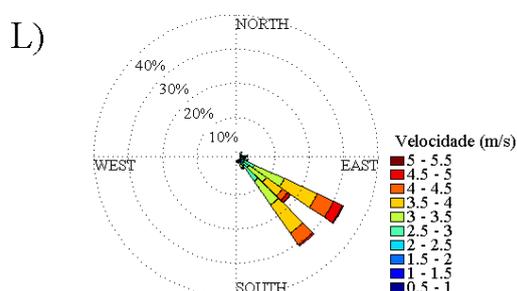
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Outubro - 1998/2016



Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Novembro - 1998/2016



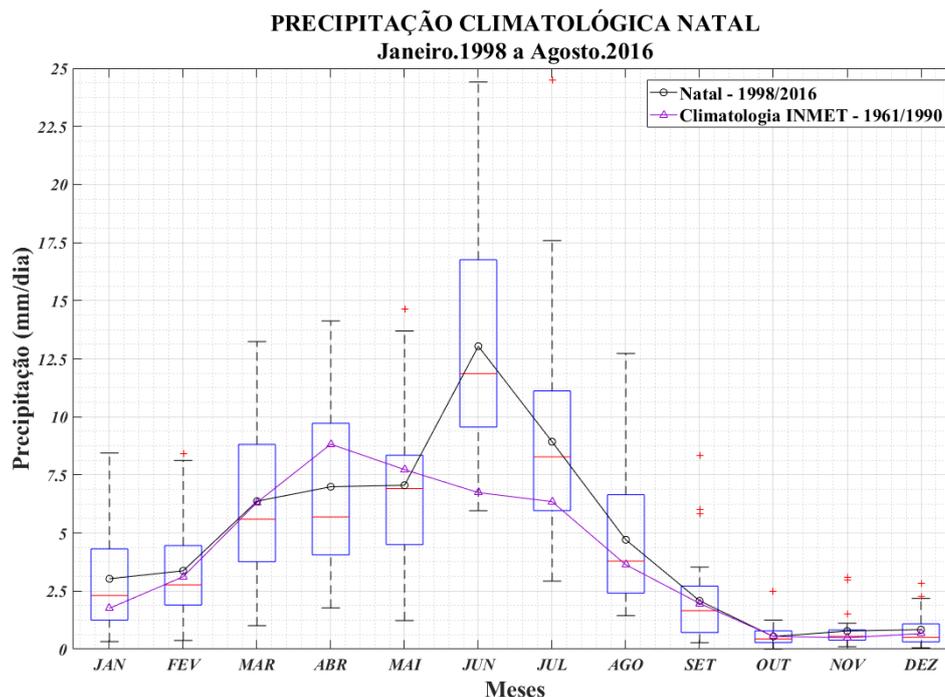
Tendência dos ventos de Fortaleza/CE
Médias diárias de Dezembro - 1998/2016



4.1.2 Natal

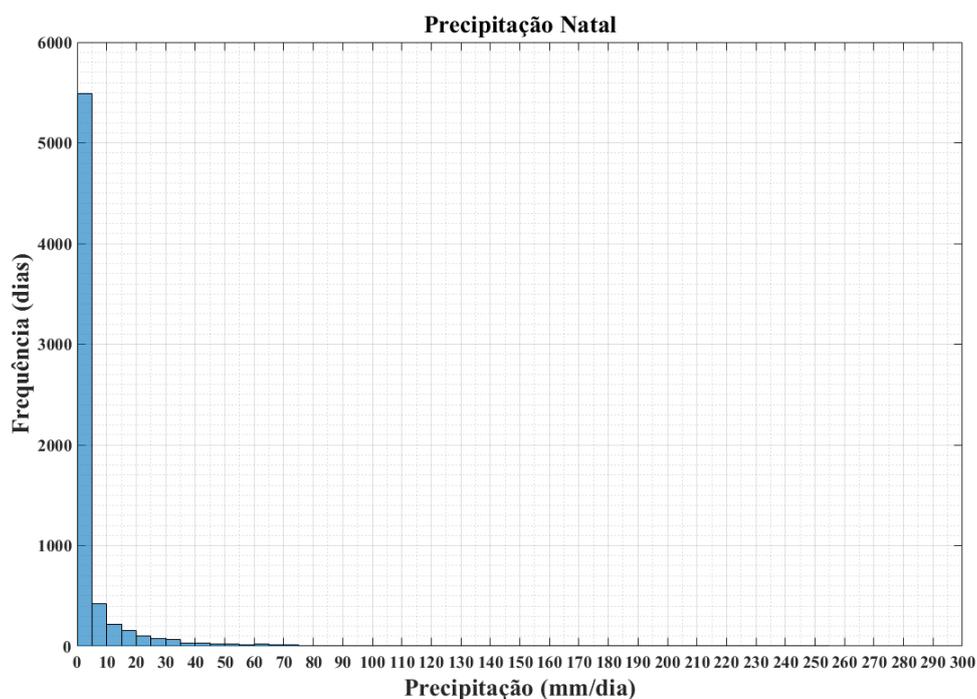
A figura 11 mostra que a cidade de Natal possui um período chuvoso que se estende de Abril a Julho, como mostrado também por Alves (2011), Junior e Silva (2012). Quando comparado à média climatológica fornecida pelo INMET, com a média climatológica parcial para o período de 1998/2016, percebe-se que no mês de Junho ocorre uma diferença na precipitação média, tendo a climatologia fornecida pelo INMET ficado fora do primeiro e terceiro quartis. Segundo Silva (2013), o período de maiores índices de precipitação ocorre durante o mês de Junho, o que entra em acordo com o resultado encontrado pela climatologia parcial feita no presente trabalho. Segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE entre o ano de 1998 e 2016 as ocorrências do ENSO foram de moderadas a fracas onde essas ocorrências fracas do ENSO podem ter causado a diferença entre a climatologia feita para o período de 1961/1990 e a climatologia parcial feita para o período de 1998/2016 no mês de Junho, pois essa oscilação desloca a célula de Walker, fazendo com que o seu ramo descendente se posicione sobre o NEB, diminuindo a precipitação dessa região.

Figura 11 – Série climatológica parcial da precipitação para a cidade de Natal.



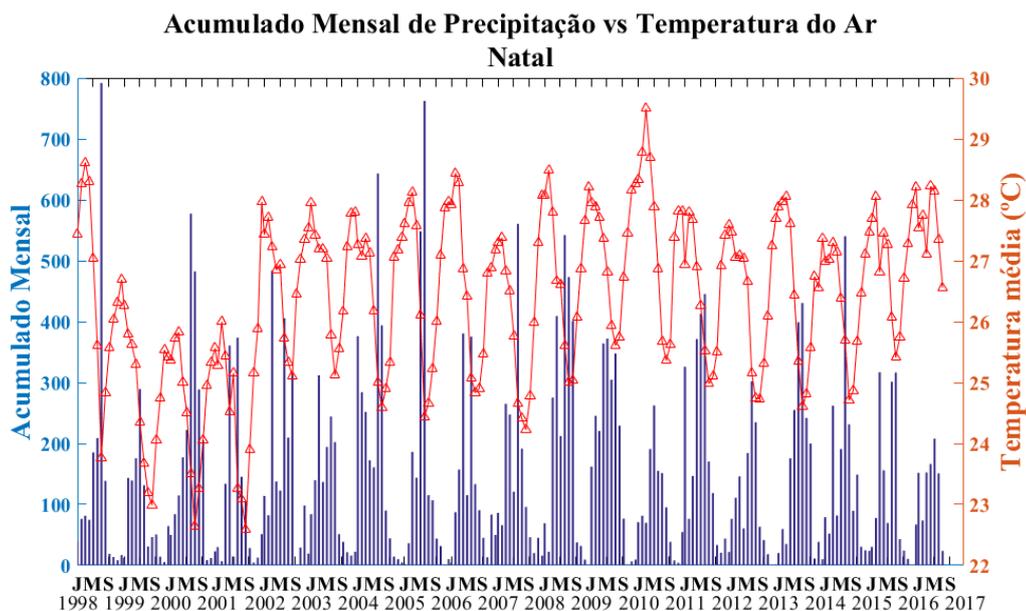
Com relação à frequência de chuvas, podemos observar, com o histograma da figura 12, que ocorre uma maior frequência de precipitação entre 5 mm dia^{-1} e 10 mm dia^{-1} durante todo o período estudado e uma baixa frequência das precipitações acima de 10 mm dia^{-1} .

Figura 12 - Histograma de precipitação da cidade de Natal.



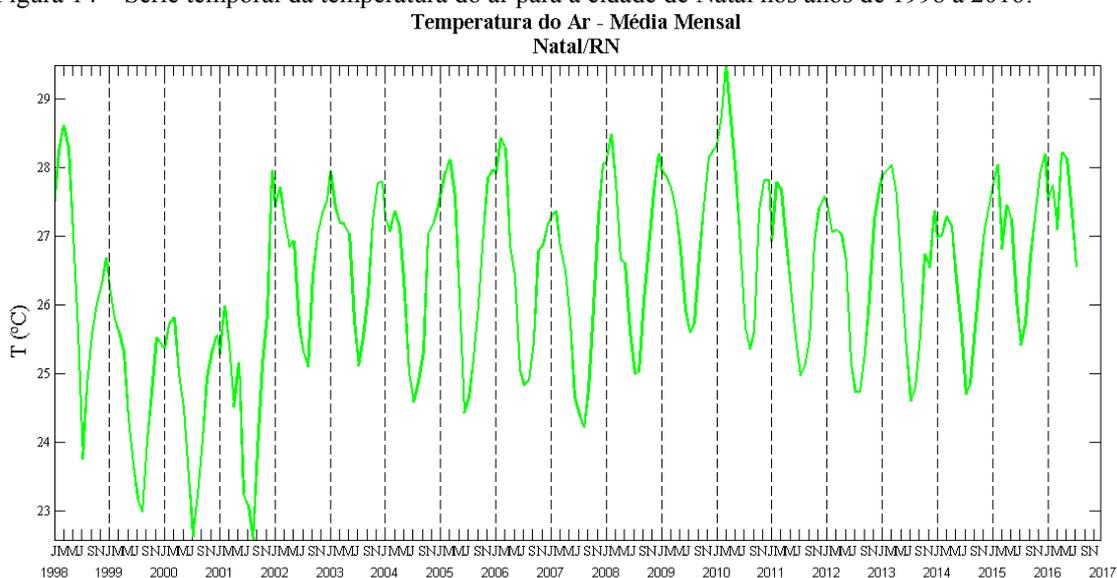
Quando se compara a precipitação com a temperatura do ar, percebe-se que elas são inversamente proporcionais, isto acontece devido ao calor específico da água, pois, quando se chega ao máximo em temperatura, ocorre um aumento na evaporação, elevando a umidade relativa do ar. Essa alteração na evaporação irá aumentar a formação de nuvens que afetam o fluxo de radiação bloqueando a radiação solar durante o dia, retardando o aquecimento (figura 13).

Figura 13 – Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a cidade de Natal.



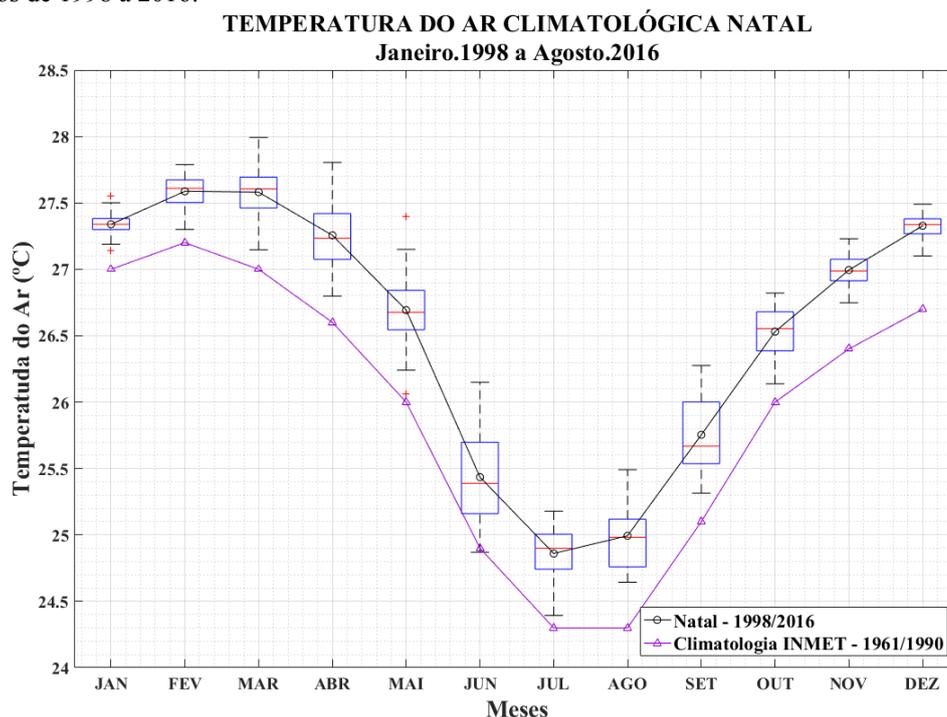
Na figura 14 podemos observar a série temporal da média mensal da temperatura do ar para a cidade de Natal, para o período de 1998 a 2016.

Figura 14 – Série temporal da temperatura do ar para a cidade de Natal nos anos de 1998 a 2016.



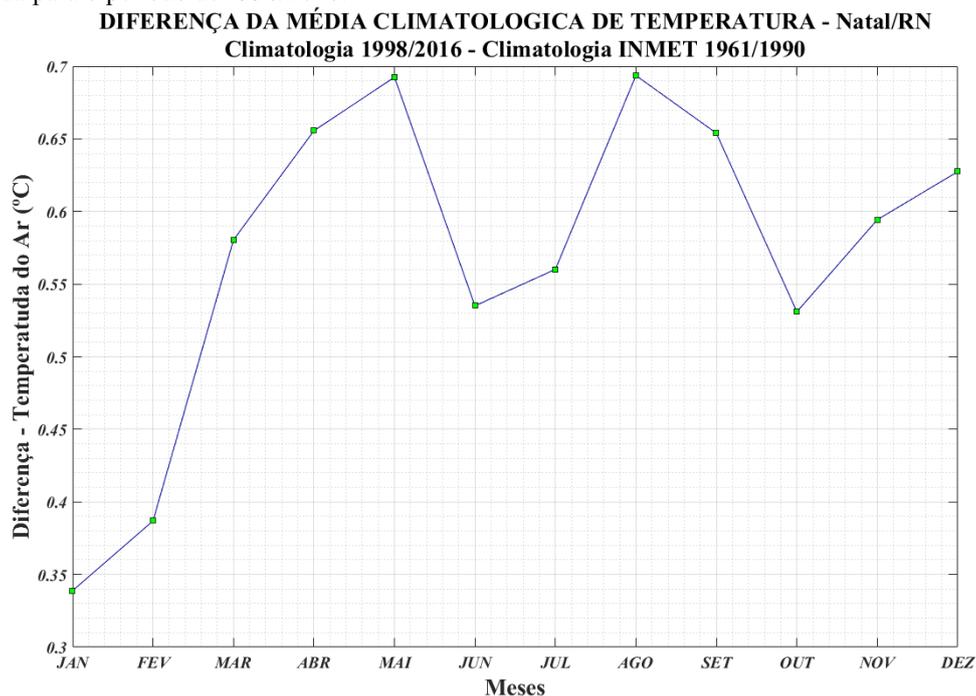
De acordo com a série temporal da figura 14, a temperatura do ar diminui ao longo do primeiro semestre atingindo um valor mínimo durante o mês de Julho, voltando a aumentar durante o segundo semestre. A temperatura do ar varia entre 24°C e 28°C ao longo do ano (figura 15). Os menores valores de temperatura são encontrados nos meses de Junho, Julho e Agosto, sendo esses os meses que sucedem a quadra chuvosa, tendo sido observados valores de temperatura do ar menores que 24°C nos anos de 1999, 2000 e 2001.

Figura 15 – Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica parcial) para a cidade de Natal nos anos de 1998 a 2016.



De acordo com a figura 15 e 16, a média climatológica da temperatura do ar apresentou um aumento médio entre 0,3°C em Janeiro e 0,7°C em Maio e Agosto, quando comparada com a climatologia fornecida pelo INMET para o período de 1961/1990.

Figura 16 – Diferença entre a média climatológica calculada pelo INMET e a média climatológica parcial calculada para o período de 1998/2016.

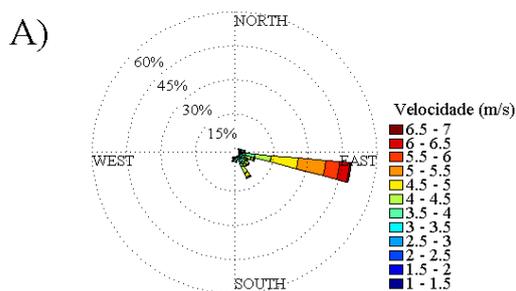


A cidade de Natal possui regimes eólicos muito fortes, com uma alta intensidade e constância direcional nos ventos, sendo ambos influenciados positivamente pela ZCIT (SILVA, 2003).

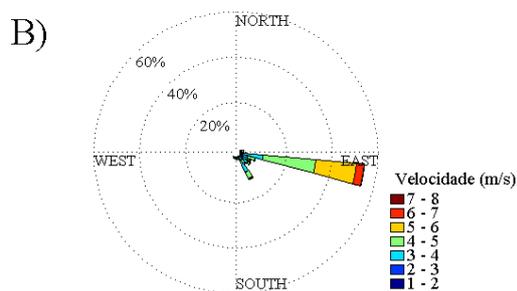
Na figura 17, podemos observar as tendências e frequências para os padrões de intensidade e direção do vento. Ao longo do ano a direção do vento é predominantemente de E podendo oscilar entre Nordeste (NE) e SE, de acordo com a estação do ano, sendo confirmado por Silva *et al.* (2002). A velocidade média do vento varia de 3,5 a 5 m s⁻¹ ao longo do ano, entrando em concordância com Barros *et al.* (2013).

Figura 17 – Variação sazonal para intensidade e direção do vento na cidade de Natal, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.

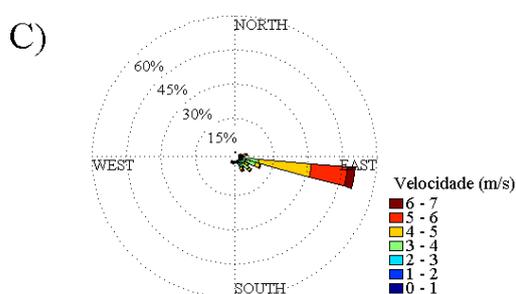
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Janeiro - 1998/2016



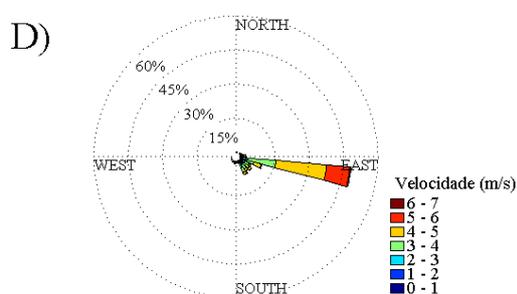
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Fevereiro - 1998/2016



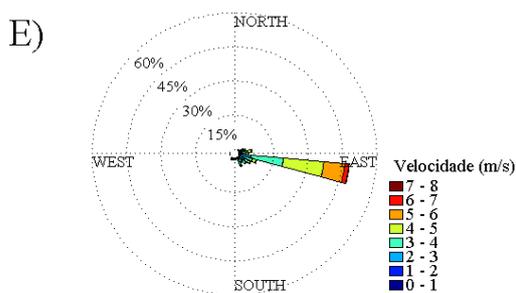
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Março - 1998/2016



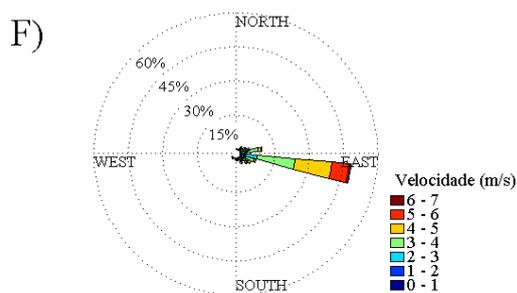
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Abril - 1998/2016



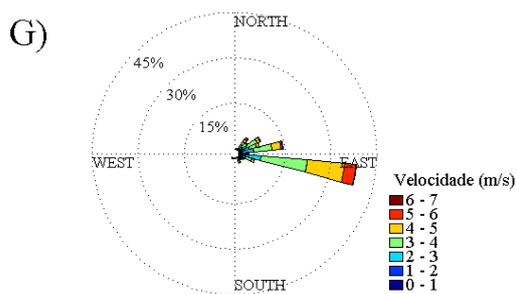
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Maio - 1998/2016



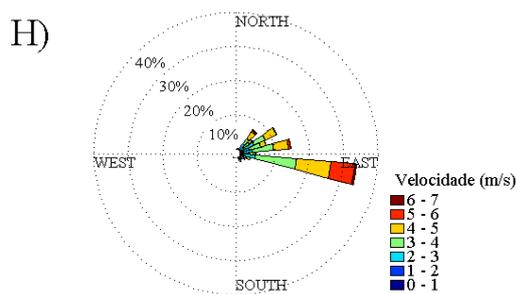
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Junho - 1998/2016



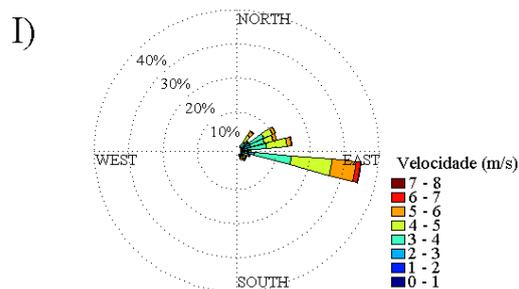
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Julho - 1998/2016



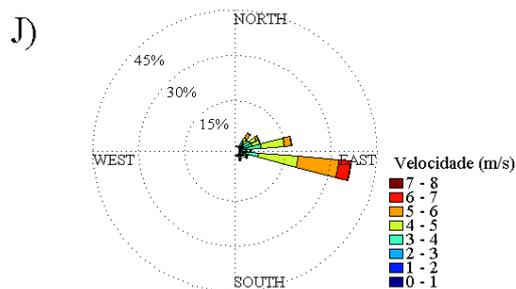
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Agosto - 1998/2016



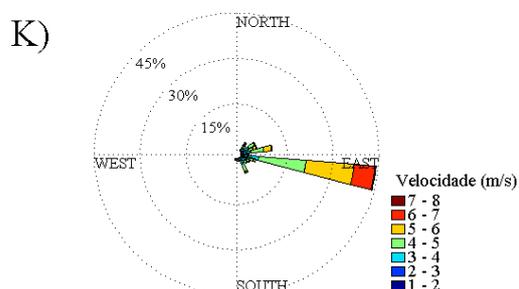
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Setembro - 1998/2016



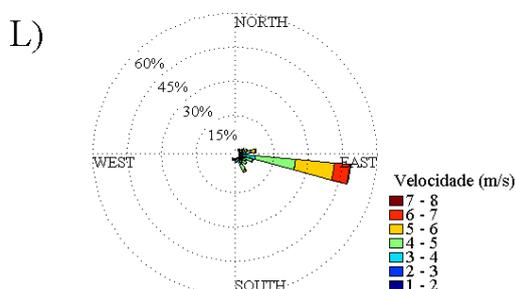
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Outubro - 1998/2016



Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Novembro - 1998/2016



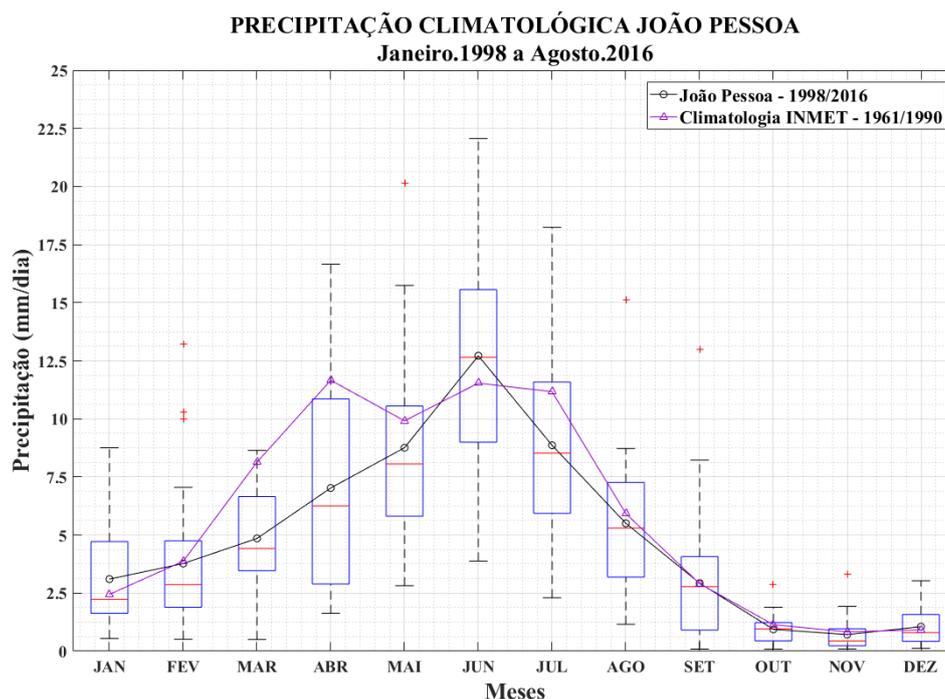
Tendência dos ventos de Natal/RN
Médias diárias de Dezembro - 1998/2016



4.1.3 João Pessoa

De acordo com a figura 18 as maiores médias climatológicas de precipitação para a cidade de João Pessoa no período de 1998/2016, se encontram entre os meses de Abril e Julho, com o máximo valor ocorrendo durante o mês de Junho e valores mínimos ocorrendo durante os meses de Outubro a Dezembro, sendo confirmado por Diniz (2013) e Medeiros *et al.* (2015). Quando comparada à média climatológica parcial com a média climatológica fornecida pelo INMET para o período de 1961/1990 observa-se que o mês de Março e Abril, para o período de 1961/1990, possui um valor superior ao encontrado no período de 1998/2016, ficando acima do terceiro quartil.

Figura 18 - Série climatológica parcial da precipitação para a cidade de João Pessoa.



Com relação à frequência de chuvas podemos observar no histograma da figura 19 que ocorre uma maior frequência de precipitação entre 5 mm dia^{-1} e 20 mm dia^{-1} durante todo o período estudado e uma baixa frequência das precipitações acima de 20 mm dia^{-1} . Estando essas, relacionadas com os períodos chuvosos podendo eventualmente vir a ocorrer em outras épocas do ano (ANJOS *et al.*, 2006).

Figura 19 – Histograma de precipitação da cidade de João Pessoa.

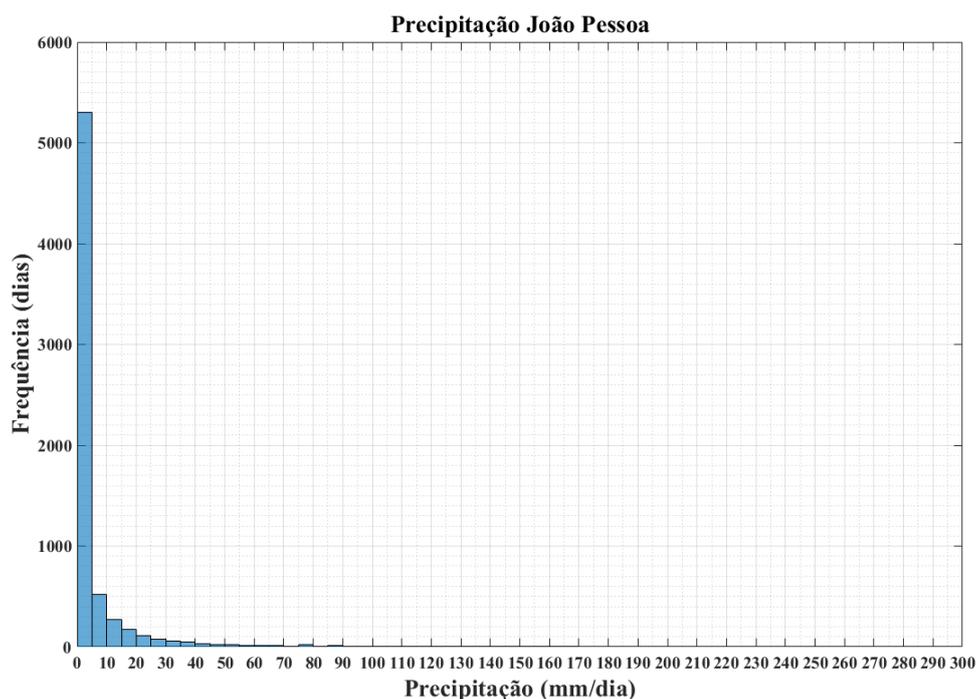
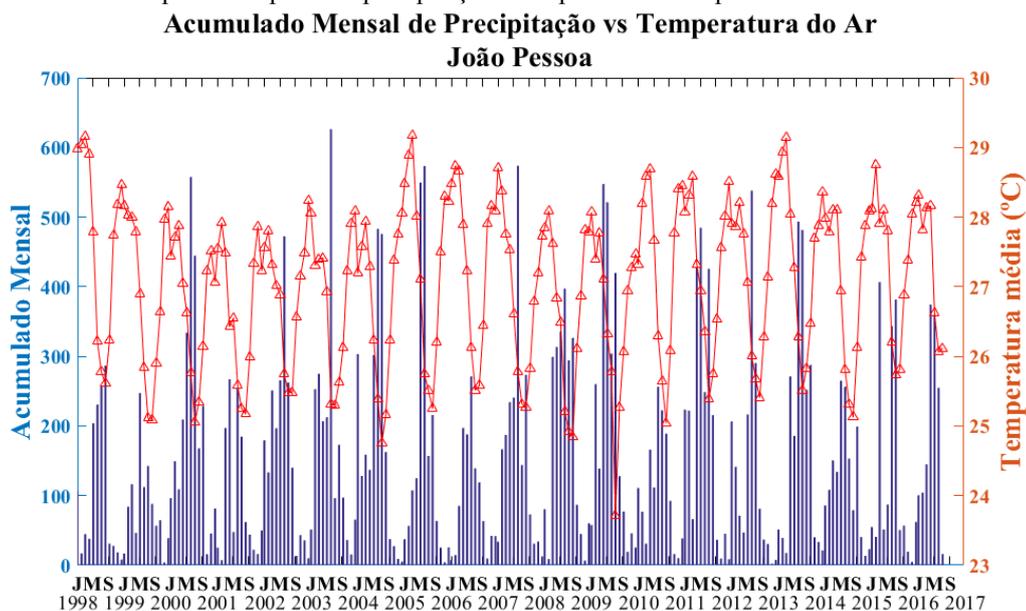
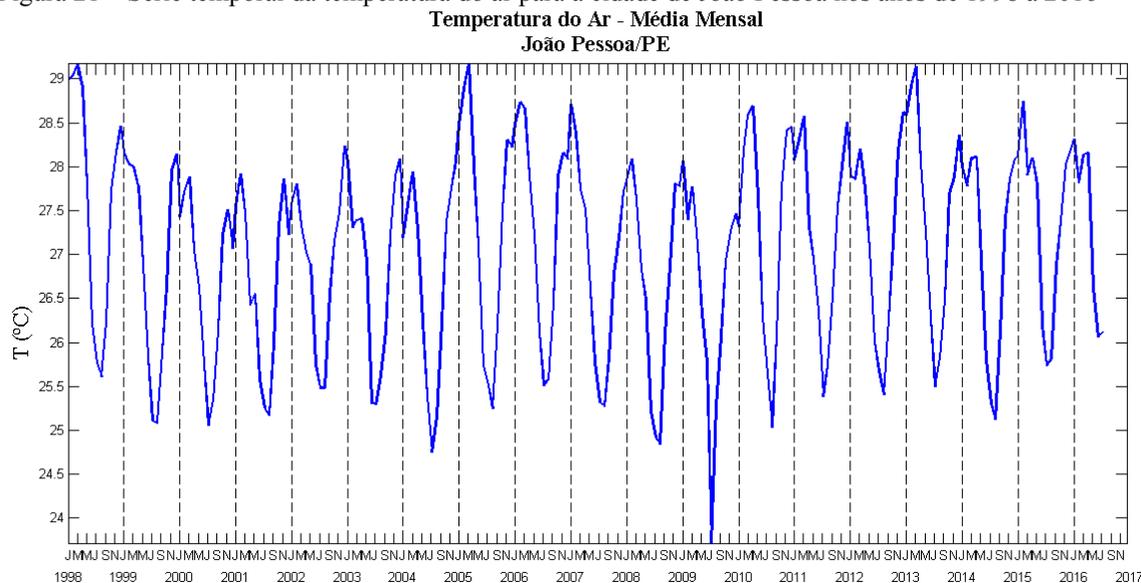


Figura 20 – Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a cidade de João Pessoa.



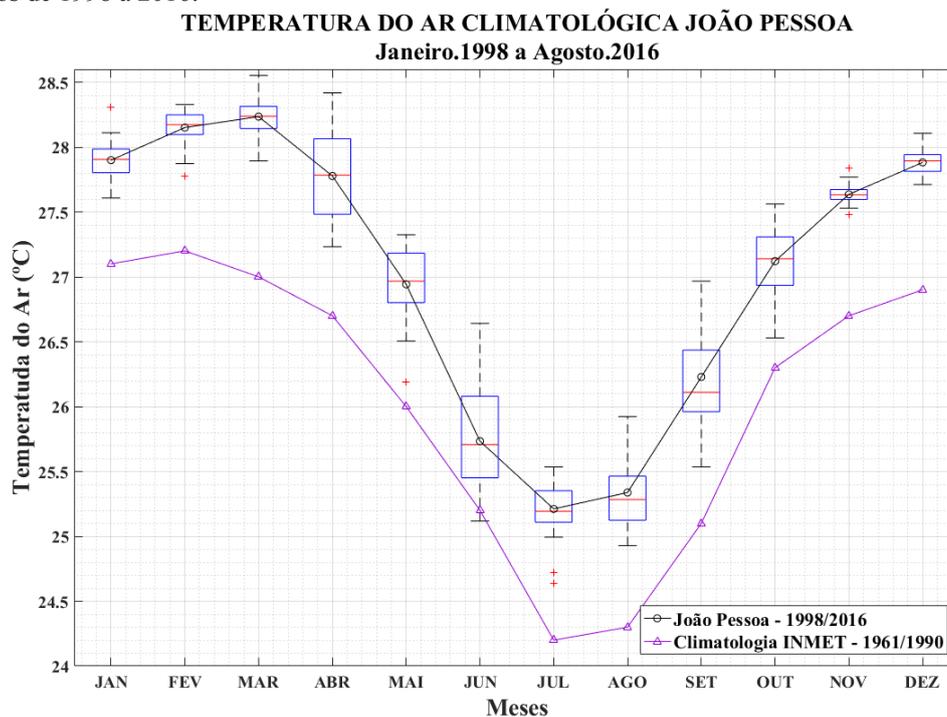
Como dito anteriormente a umidade relativa do ar e a presença de nuvens possui uma grande influência na temperatura do ar. Durante o período úmido acontece um aumento na umidade relativa do ar e uma diminuição das temperaturas do solo. Por conta do calor específico da água e das baixas temperaturas em superfície esse ar mais úmido vai aquecer mais lentamente e manter temperaturas mais baixas (figura 20).

Figura 21 – Série temporal da temperatura do ar para a cidade de João Pessoa nos anos de 1998 a 2016



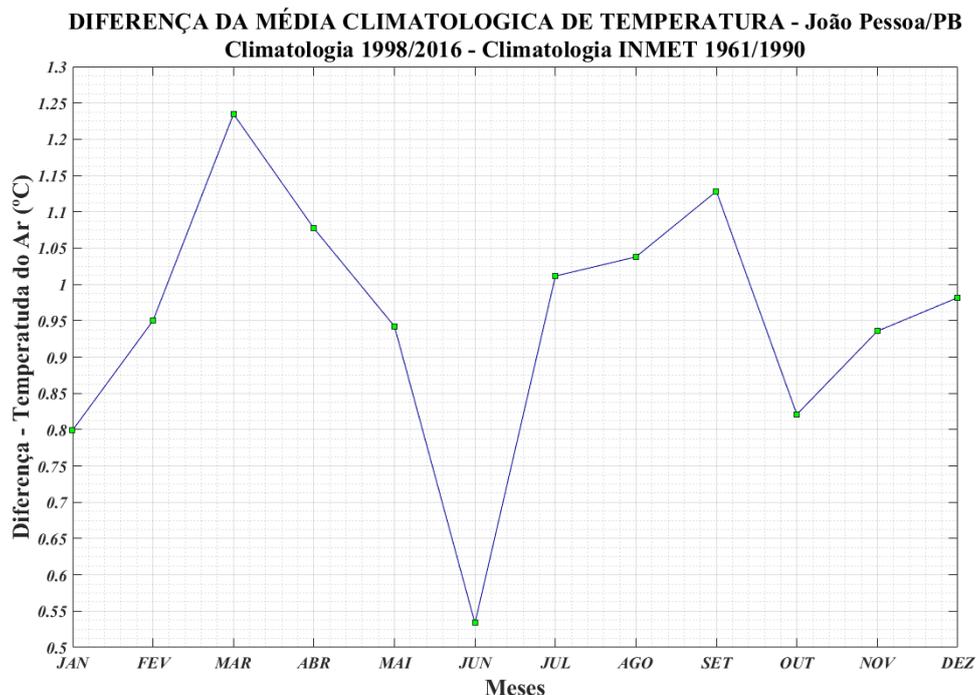
De acordo com figura 21, a temperatura do ar diminui ao longo do primeiro semestre, devido à quadra chuvosa, atingindo um valor mínimo durante o mês de Julho, voltando a aumentar durante o segundo semestre. A temperatura do ar varia entre 25°C e 28,7°C ao longo do ano. Os menores valores de temperatura são encontrados nos meses de Junho, Julho e Agosto, sendo Junho e Julho os dois últimos meses da quadra chuvosa (figura 21 e 22). Foram observados valores de temperatura do ar menores que 25°C no ano de 2009.

Figura 22 – Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a cidade de João Pessoa nos anos de 1998 a 2016.



A figura 22 mostra que ocorreu um aumento na temperatura média na cidade de João Pessoa. A média climatológica da temperatura do ar apresentou um aumento médio entre 0.55°C em Junho e 1.25°C em Março quando comparada com a climatologia fornecida pelo INMET para o período de 1961/1990 (figura 23).

Figura 23 – Diferença entre a média climatológica calculada pelo INMET e a média climatológica parcial calculada para o período de 1998/2016.

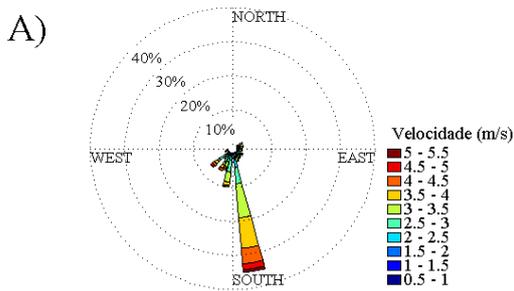


Com relação aos ventos, na cidade de João Pessoa, observa-se uma diminuição gradual da intensidade dos ventos, associado à redução da intensidade dos ventos alísios, enfraquecimento das brisas marítimas e a ação de frentes frias de Novembro a Março (SILVA, 2003).

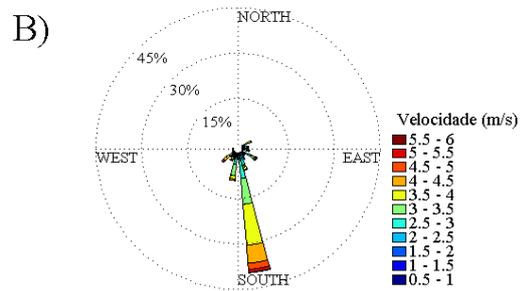
Na figura 24 podemos observar as tendências e frequências para os padrões de intensidade e direção do vento. Ao longo do ano a direção do vento é predominantemente de SSE podendo oscilar entre E e SW, de acordo com a estação do ano, sendo confirmado por Silva *et al.* (2002). A velocidade média varia de 4 m s⁻¹ a 5 m s⁻¹, com o mínimo de velocidade ocorrendo durante o primeiro semestre do ano (período chuvoso) e o máximo ocorrendo durante o segundo semestre do ano, como também mostrado por Lima *et al.* (2010).

Figura 24 – Variação sazonal para intensidade e direção do vento na cidade de João Pessoa, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.

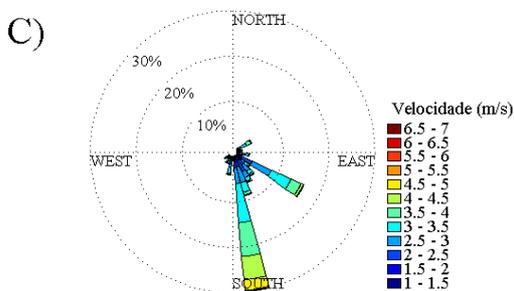
**Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Janeiro - 1998/2016**



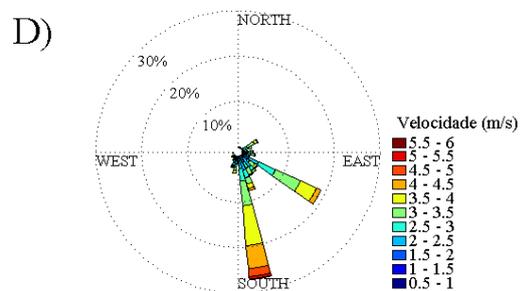
**Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Fevereiro - 1998/2016**



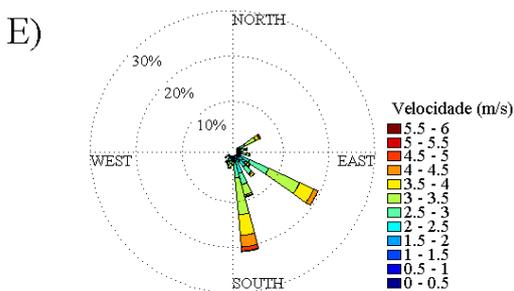
**Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Março - 1998/2016**



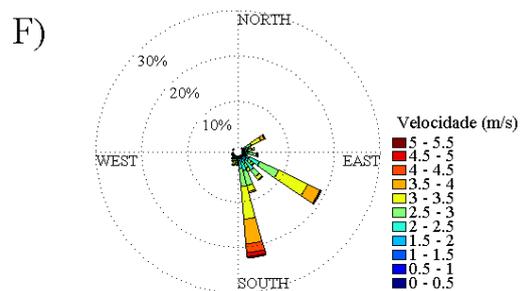
**Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Abril - 1998/2016**



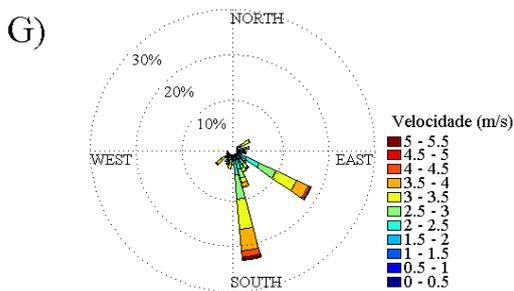
**Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Maio - 1998/2016**



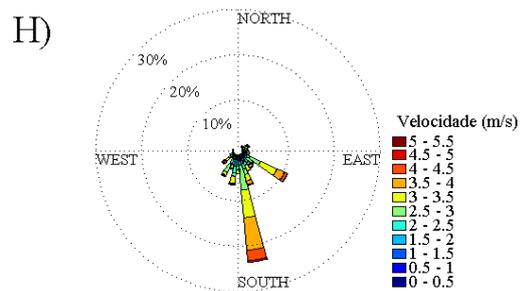
**Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Junho - 1998/2016**



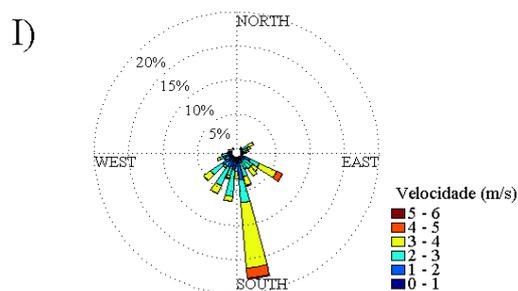
**Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Julho - 1998/2016**



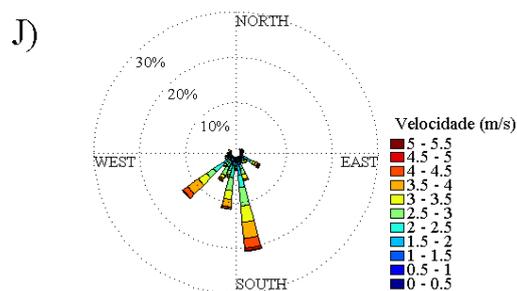
**Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Agosto - 1998/2016**



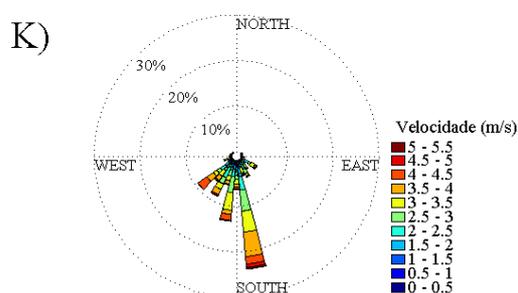
Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Setembro - 1998/2016



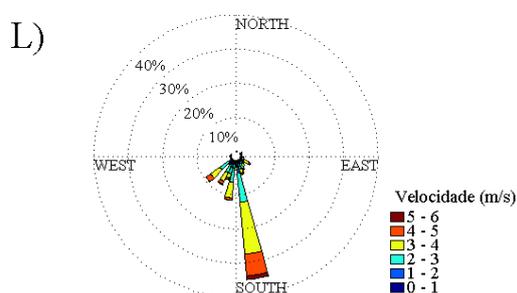
Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Outubro - 1998/2016



Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Novembro - 1998/2016



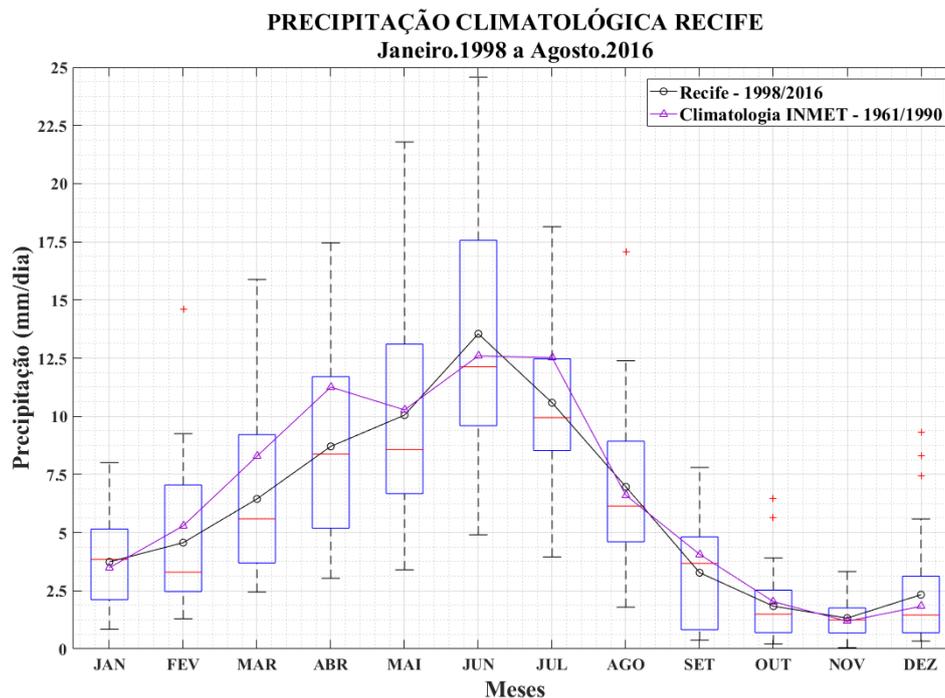
Tendência dos ventos de João Pessoa/PB
Médias diárias de Dezembro - 1998/2016



4.1.4 Recife

De acordo com a figura 25 as maiores médias climatológicas de precipitação para a cidade de Recife no período de 1998/2016, se encontram entre os meses de Abril e Julho, com o máximo valor ocorrendo durante o mês de Junho e com os valores mínimos ocorrendo durante os meses de Outubro a Dezembro, sendo corroborado por Strang (1972), Santos e Brito (2011). De acordo com Ferreira (2016) as chuvas nesse período ocorrem devido, principalmente, às OL. Quando comparada à média climatológica parcial com a média climatológica gerada pelo INMET para o período de 1961/1990 observa-se que o mês de Julho, embora tenha apresentado uma média climatológica superior, continuou dentro do intervalo de confiança.

Figura 25 - Série climatológica parcial da precipitação para a cidade de Recife.



Com relação à frequência de chuvas podemos observar com o histograma da figura 26 que ocorre uma maior frequência de precipitação entre 5 mm dia^{-1} e 20 mm dia^{-1} e uma baixa frequência das precipitações acima de 20 mm dia^{-1} . Estando essas, relacionadas com os períodos chuvosos podendo eventualmente vir a ocorrer em outras partes do ano (ANJOS, 1998; ANJOS 2000).

Figura 26 – Histograma de precipitação da cidade de Recife.

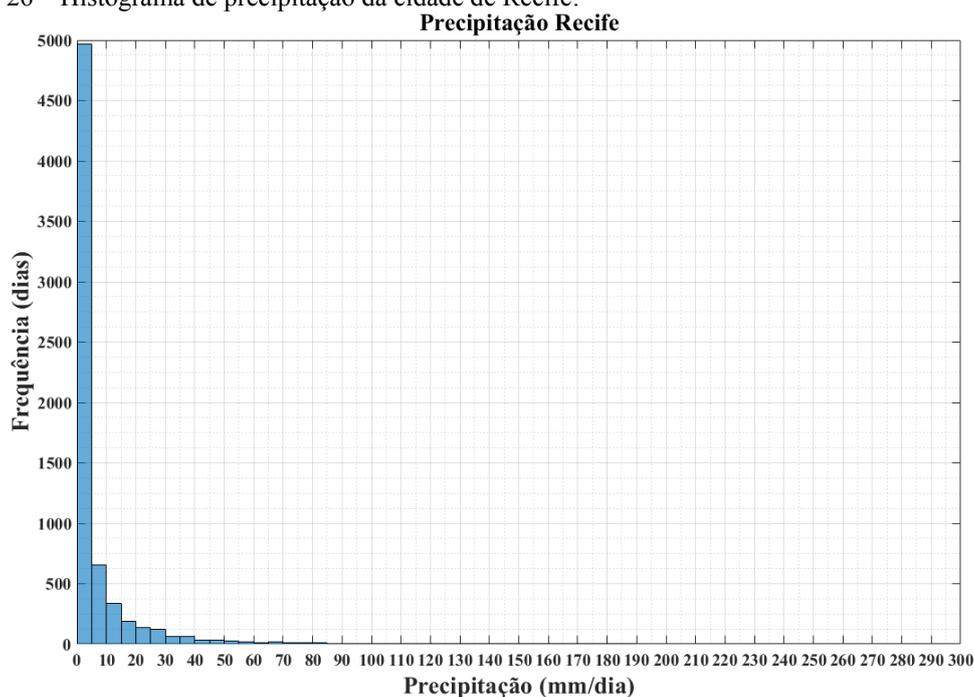
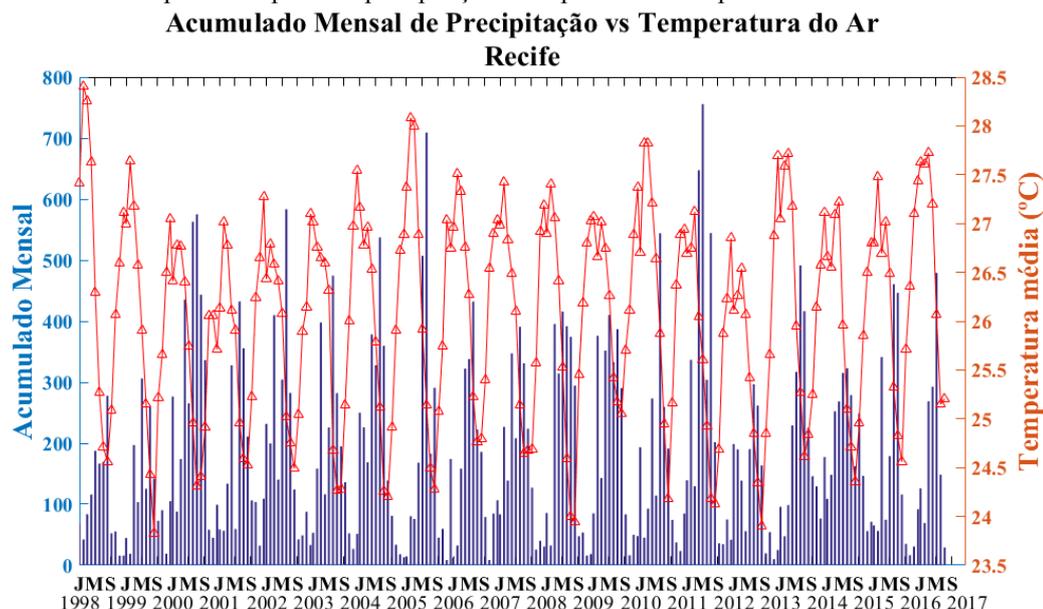
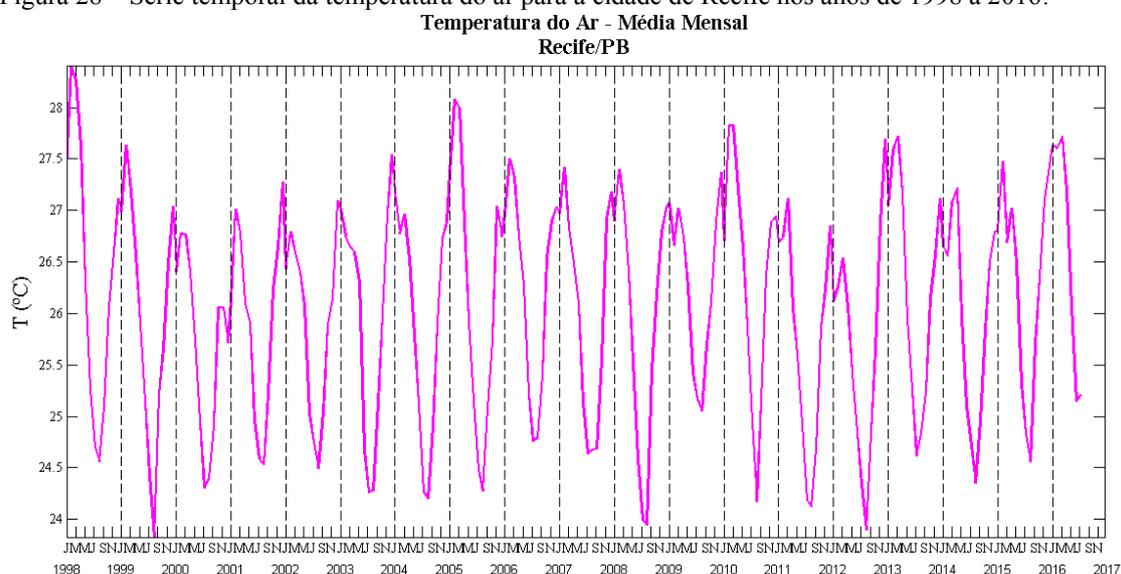


Figura 27 – Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a cidade de Recife.



A figura 27 compara a variação anual da temperatura do ar com relação a precipitação, mostrando que a temperatura diminui após o início do período úmido, sendo isso causado pelo calor específico da água, presença de nuvens e temperatura do solo como dito anteriormente.

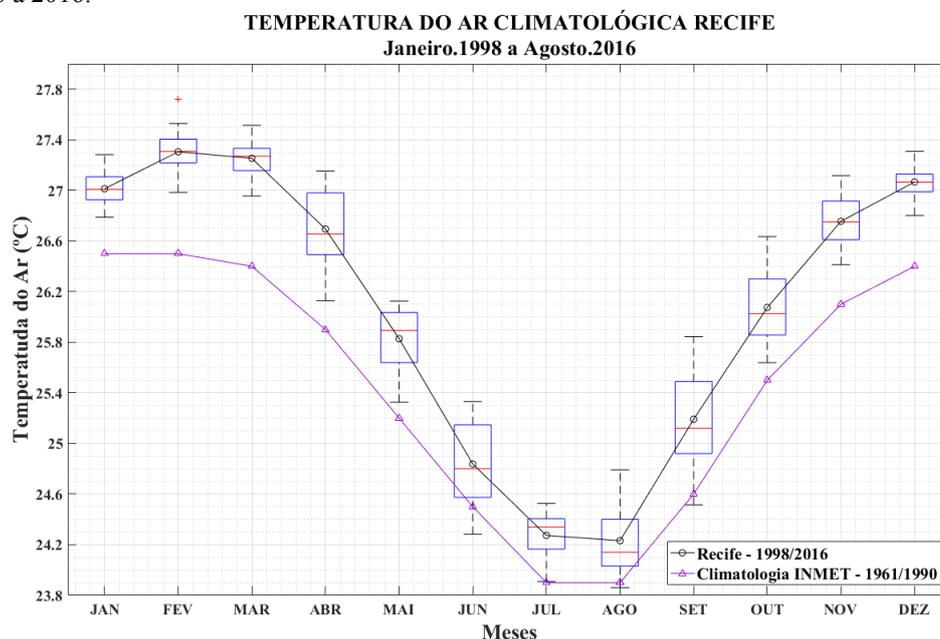
Figura 28 – Série temporal da temperatura do ar para a cidade de Recife nos anos de 1998 a 2016.



De acordo com figura 28, a temperatura do ar diminui ao longo do primeiro semestre, atingindo um valor mínimo durante o mês de Agosto, voltando a aumentar durante o segundo semestre. A temperatura do ar varia entre 24°C e 28,5°C ao longo do ano. Os menores valores de temperatura são encontrados nos meses de Julho, Agosto e Setembro, sendo Junho e Julho os dois últimos meses da quadra chuvosa (figura 28 e

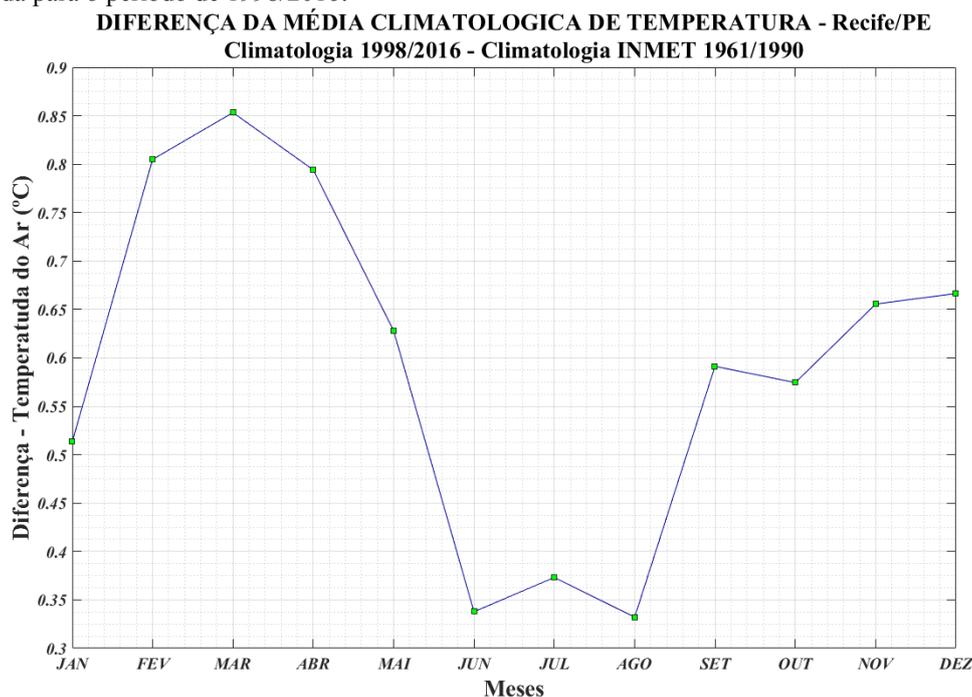
29). Foram observados valores de temperatura do ar menores que 25°C nos anos de 1999 e 2013.

Figura 29 – Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a cidade de Recife nos anos de 1998 a 2016.



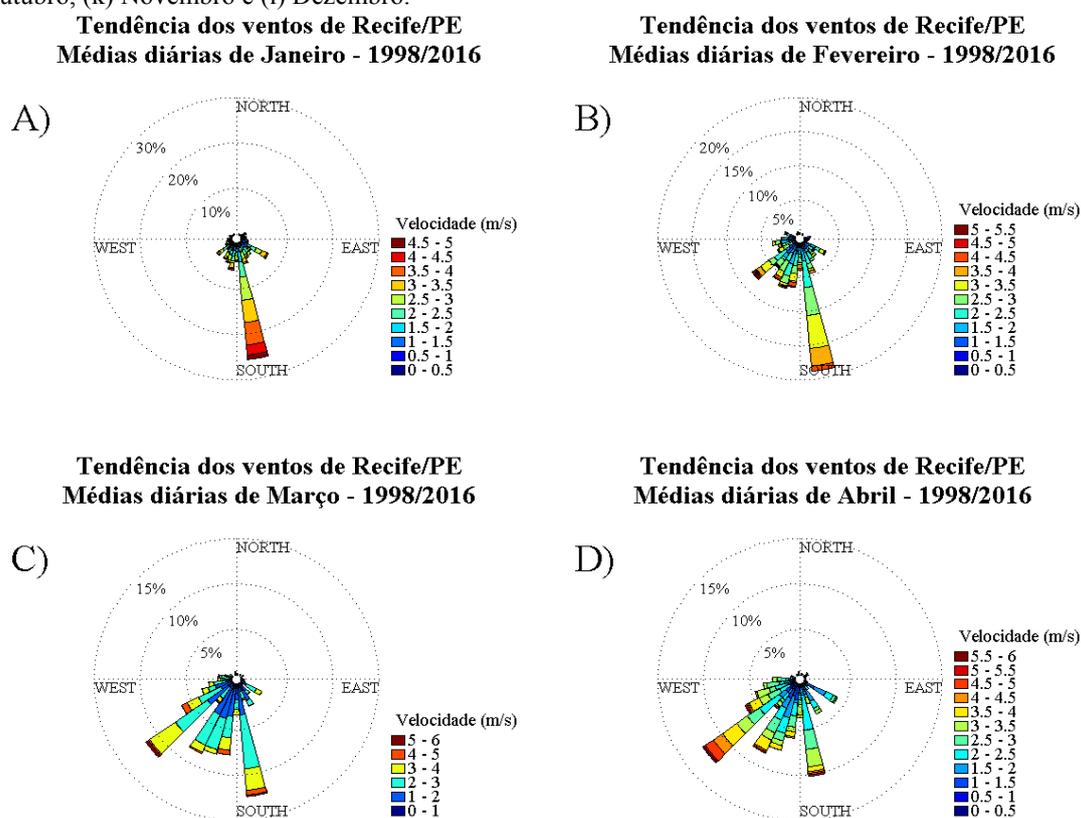
De acordo com a figura 29 a cidade de Recife possui uma amplitude térmica média de 3°C ao longo do ano, entrando em acordo com Corrêa (2006), tendo apresentado um aumento da sua temperatura média. O aumento médio variou entre 0,35°C em Junho e Agosto e 0,85°C em Março quando comparada com a climatologia fornecida pelo INMET para o período de 1961/1990 (figura 30).

Figura 30 – Diferença entre a média climatológica calculada pelo INMET e a média climatológica parcial calculada para o período de 1998/2016.

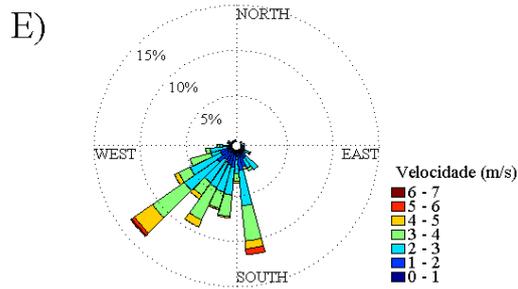


Na figura 31 podemos observar as tendências e frequências para os padrões de intensidade e direção do vento. Ao longo do ano a direção do vento é predominantemente de SE podendo oscilar entre E e S, de acordo com a estação do ano, sendo corroborado por Silva *et al.* (2002). Foram encontrados também, direções de vento de SW nos meses de Março a Maio, o que pode ter sido causado pela presença de urbanização na região. A amplitude da velocidade média é de 2 m s^{-1} a 3.5 m s^{-1} , com o mínimo de velocidade ocorrendo durante o primeiro semestre do ano (período chuvoso) e o máximo ocorrendo durante o segundo semestre do ano, sendo confirmado por Pfaltzgraff *et al.* (2003).

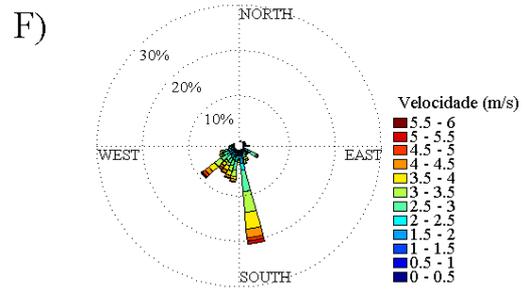
Figura 31 – Variação sazonal para intensidade e direção do vento na cidade de Recife, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.



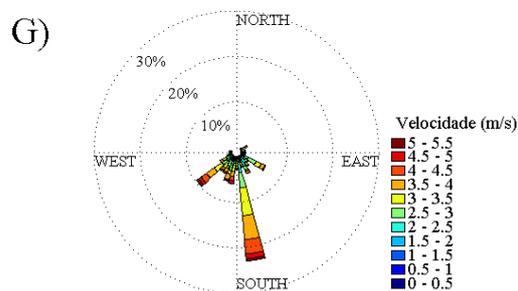
Tendência dos ventos de Recife/PE
Médias diárias de Maio - 1998/2016



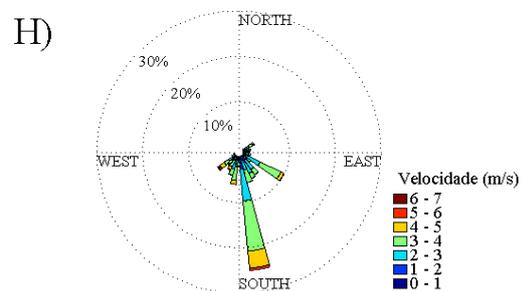
Tendência dos ventos de Recife/PE
Médias diárias de Junho - 1998/2016



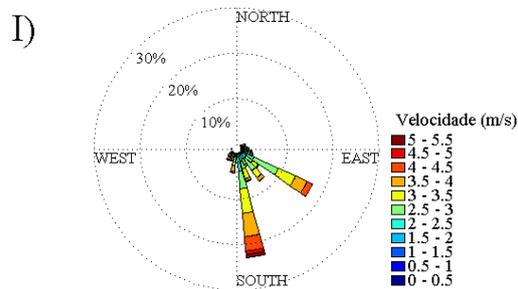
Tendência dos ventos de Recife/PE
Médias diárias de Julho - 1998/2016



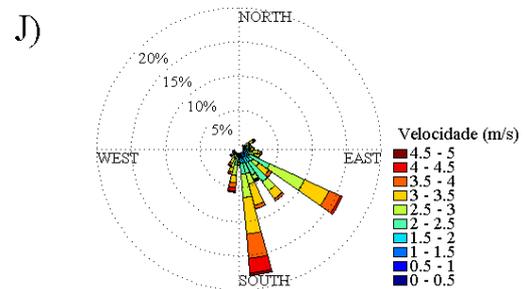
Tendência dos ventos de Recife/PE
Médias diárias de Agosto - 1998/2016



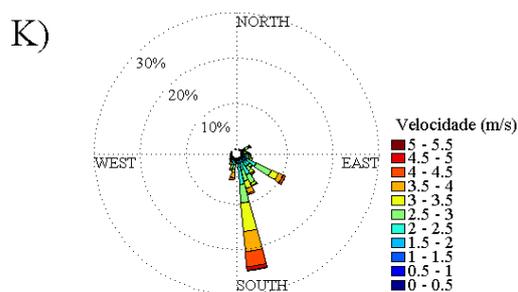
Tendência dos ventos de Recife/PE
Médias diárias de Setembro - 1998/2016



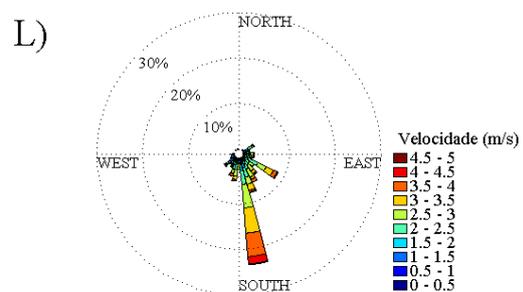
Tendência dos ventos de Recife/PE
Médias diárias de Outubro - 1998/2016



Tendência dos ventos de Recife/PE
Médias diárias de Novembro - 1998/2016



Tendência dos ventos de Recife/PE
Médias diárias de Dezembro - 1998/2016

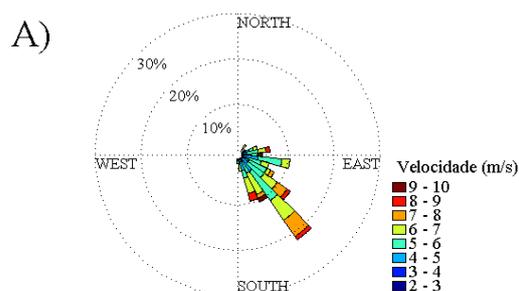


Quando comparamos a direção e intensidade do vento de Recife com a boia do PNBOIA (figura 32) localizada na costa de Recife, vemos que embora a cidade de

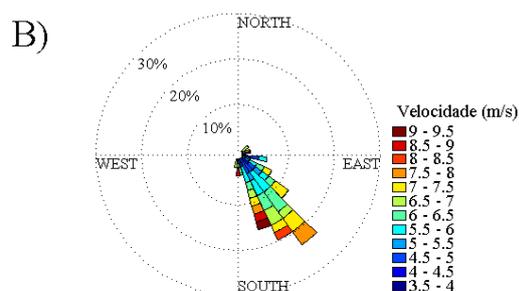
Recife possui uma maior variação de direções, resultado da continentalidade e urbanização (SOUSA FILHO, 2010), a boia localizada na sua costa, embora possua ventos mais intensos, possui a mesma direção média.

Figura 32 – Variação sazonal para intensidade e direção do vento na boia do PNBOIA/Recife, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.

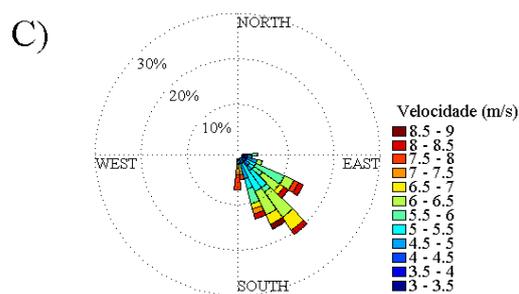
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Janeiro - 2012/2016



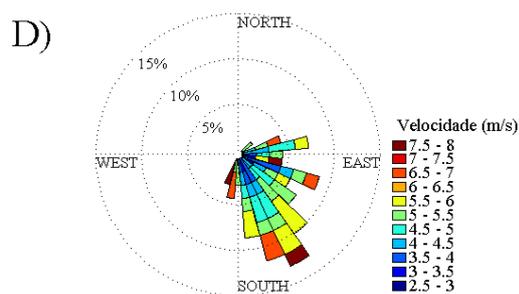
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Fevereiro - 2012/2016



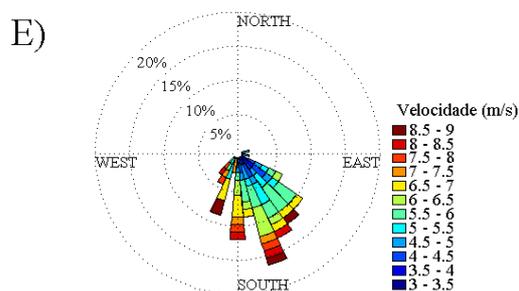
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Março - 2012/2016



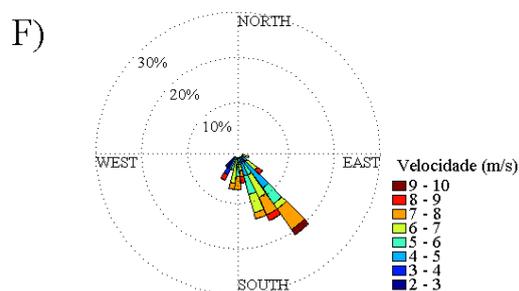
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Abril - 2012/2016



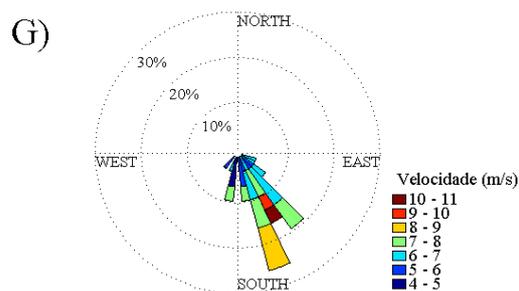
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Maio - 2012/2016



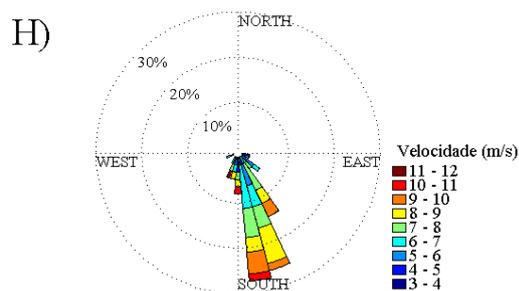
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Junho - 2012/2016



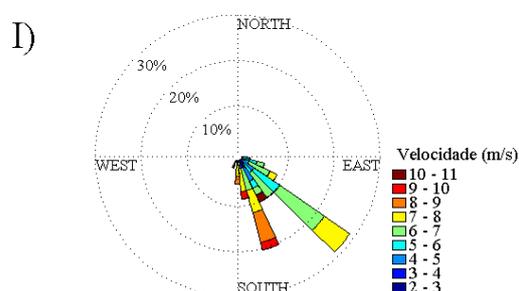
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Julho - 2012/2016



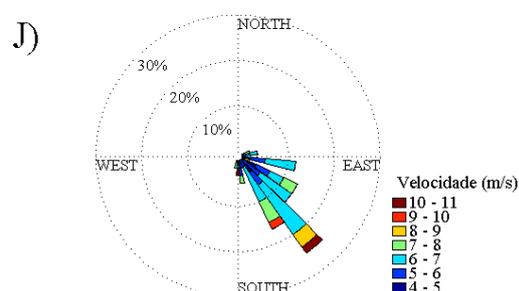
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Agosto - 2012/2016



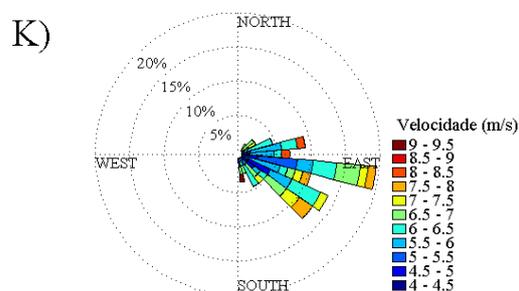
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Setembro - 2012/2016



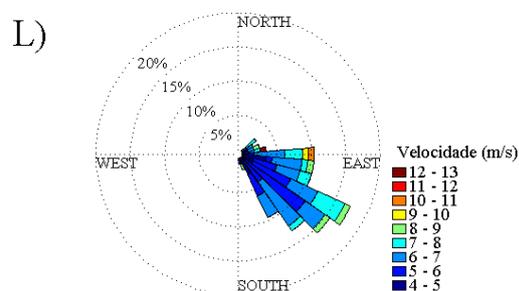
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Outubro - 2012/2016



Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Novembro - 2012/2016



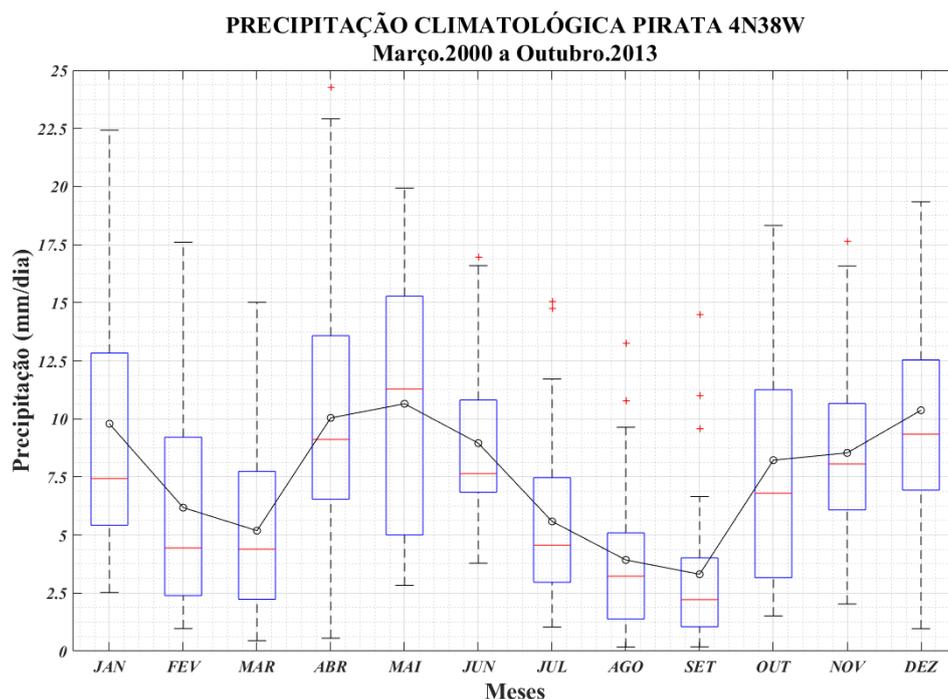
Tendência dos ventos da boia PNBOIA - Recife
Médias diárias de Dezembro - 2012/2016



4.1.5 Boia PIRATA – 4N38W

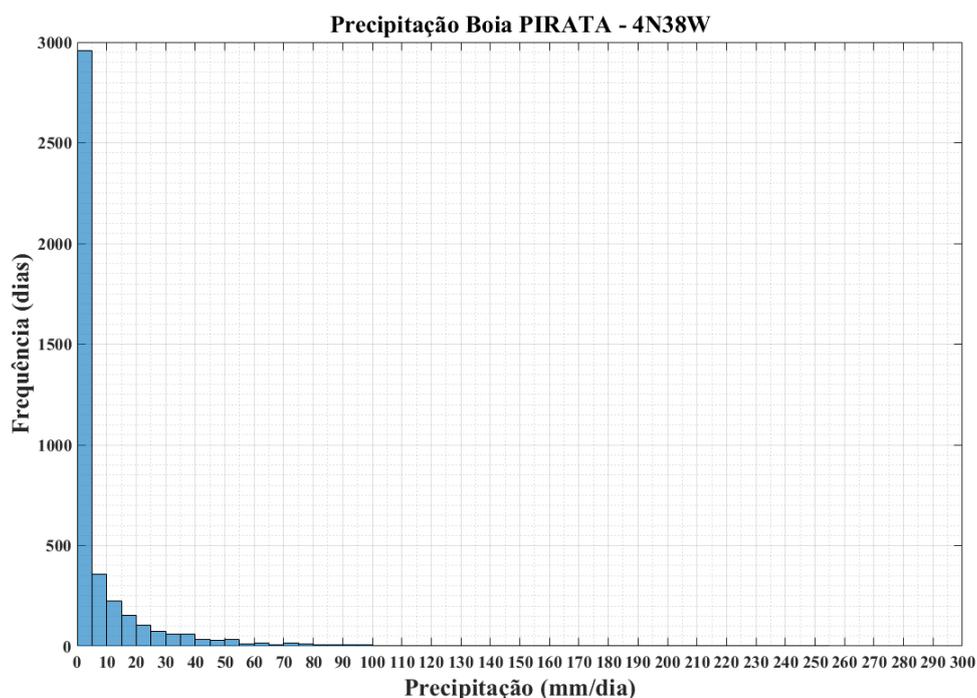
Analisando a figura 33 as maiores médias climatológicas de precipitação para a boia localizada a 4°N38°W no período de 2000/2013, encontram-se entre os meses de Abril a Junho e Novembro a Janeiro. Essa variação sazonal da precipitação condiz com a variação sazonal da ZCIT, onde a mesma se encontra na sua porção mais austral durante Fevereiro, Março e Abril e sua porção mais boreal durante o período Julho, Agosto e Setembro, estando sobre a latitude de 4°N durante os períodos de Abril a Junho e Novembro a Janeiro (WALISER e GAUTIER, 1993; HU *et al.*, 2007; FERNANDEZ *et al.*, 2005; CARVALHO e OYAMA, 2011).

Figura 33 - Série climatológica parcial da precipitação para a boia PIRATA – 4°N38°W



Com relação à frequência de chuvas podemos observar no histograma da figura 34 que ocorre uma maior frequência de precipitação entre 5 e 30 mm dia⁻¹ e uma baixa frequência das precipitações acima de 30 mm dia⁻¹, podendo chegar a ultrapassar 70 mm dia⁻¹, estando relacionadas com os períodos chuvosos podendo eventualmente ocorrer em outras partes do ano.

Figura 34 – Histograma de precipitação da boia PIRATA – 4°N38°W



A figura 35 e 36 faz uma comparação entre as frequências das precipitações de Fortaleza e Natal com a boia PIRATA 4°N38°W

Figura 35 – Comparação entre a boia PIRATA 4°N38°W com a cidade de Fortaleza.

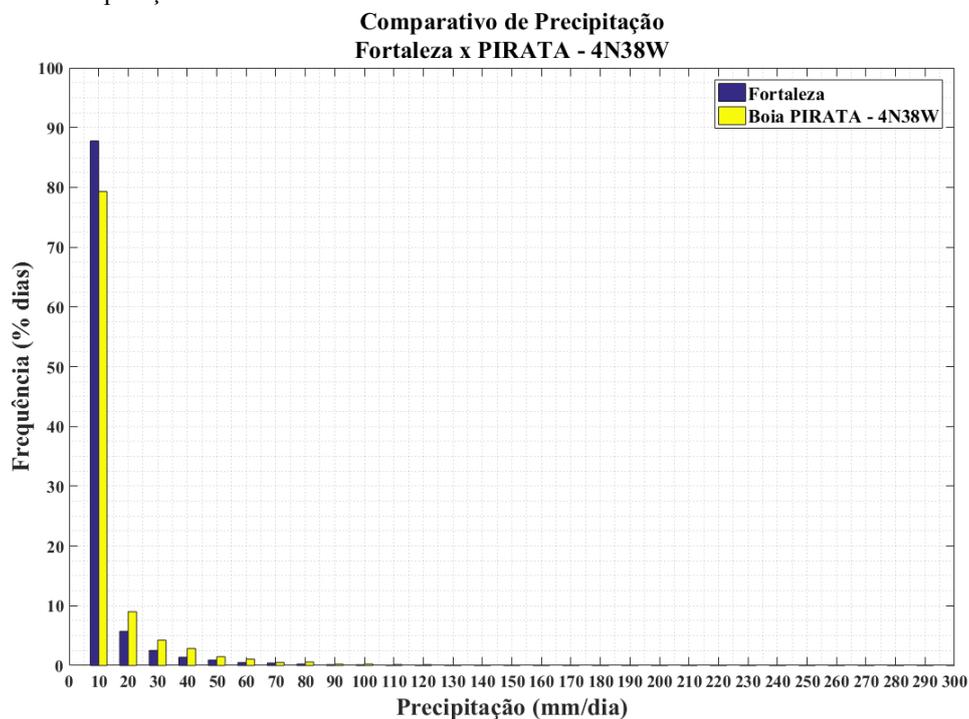
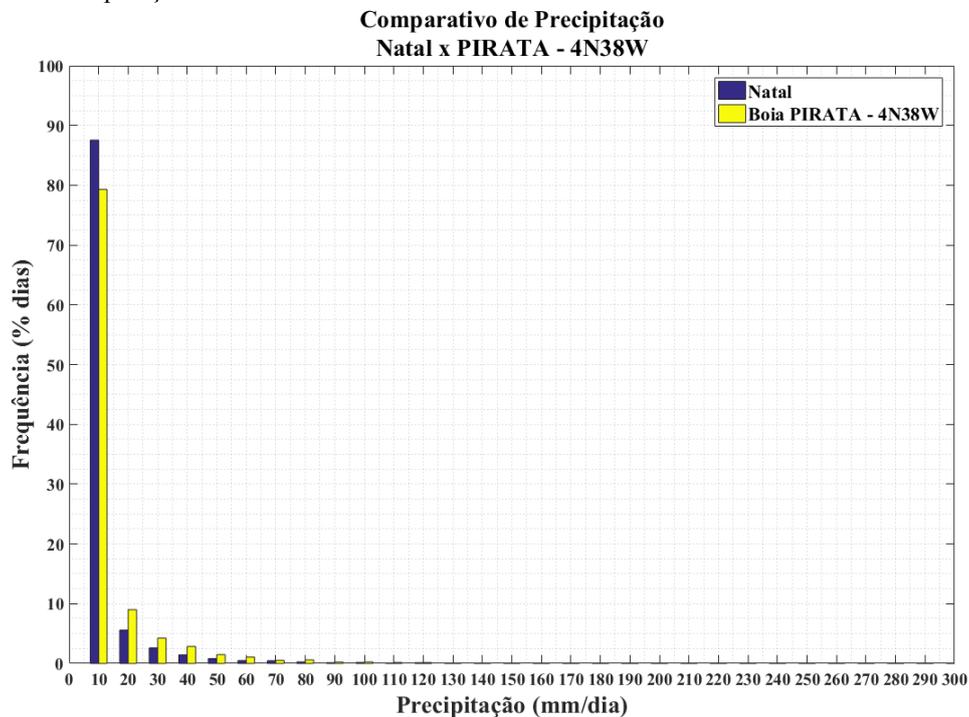


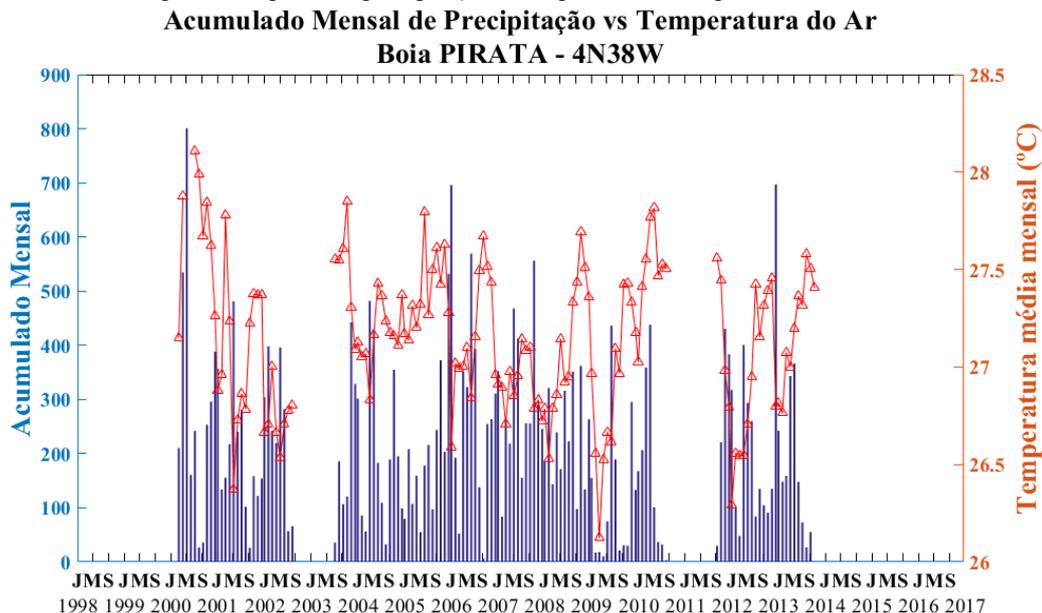
Figura 36 – Comparação entre a boia PIRATA 4°N38°W com a cidade de Natal.



Os Histogramas mostram que, as precipitações com maiores intensidades ocorrem sobre o oceano, onde precipitações acima de 20 mm dia⁻¹ e 30 mm dia⁻¹, por exemplo, ocorrem com maior frequência ao longo do ano. Isto ocorre devido ao fato

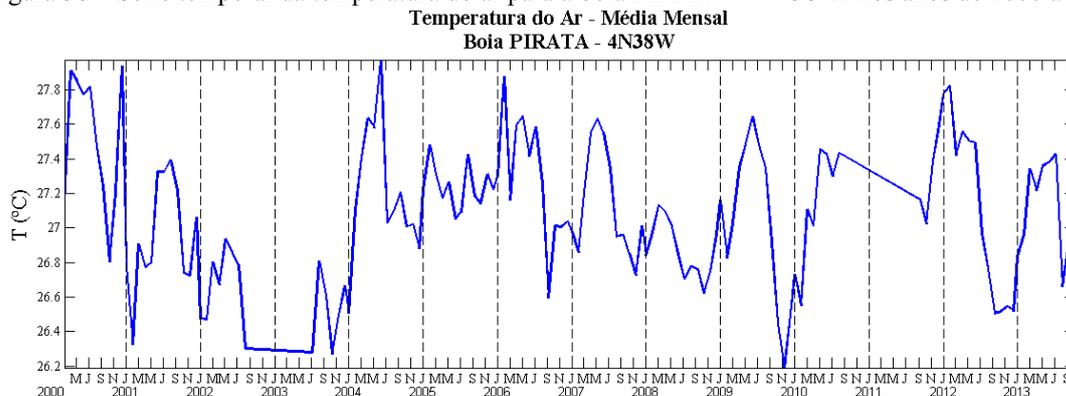
deste ponto possuir forte influência da ZCIT. Tomczak e Godfrey (2013) afirmam que a região com maiores precipitações segue a ZCIT em uma faixa estreita ao longo de aproximadamente 5°N.

Figura 37 – Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a boia PIRATA – 4°N38°W



A temperatura do ar é bastante influenciada pela precipitação e presença da ZCIT, devido a nebulosidade, sofrendo um aumento durante os períodos de menor umidade, e uma redução durante os períodos de maior umidade (figura 37).

Figura 38 – Série temporal da temperatura do ar para a boia PIRATA – 4°N38°W nos anos de 2000 a 2013



A temperatura do ar varia entre 26.2°C e 28°C ao longo do ano, possuindo períodos de diferentes amplitudes térmicas, causado pela passagem da ZCIT sobre essa região (figura 38).

Figura 39 – Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a boia PIRATA – 4°N38°W nos anos de 2000 a 2013

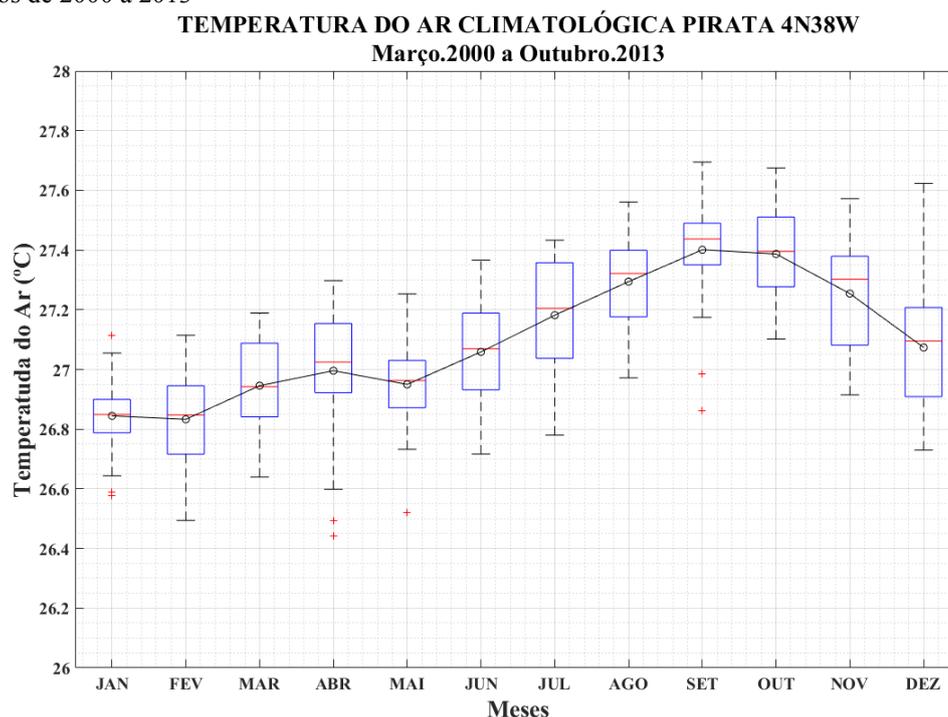
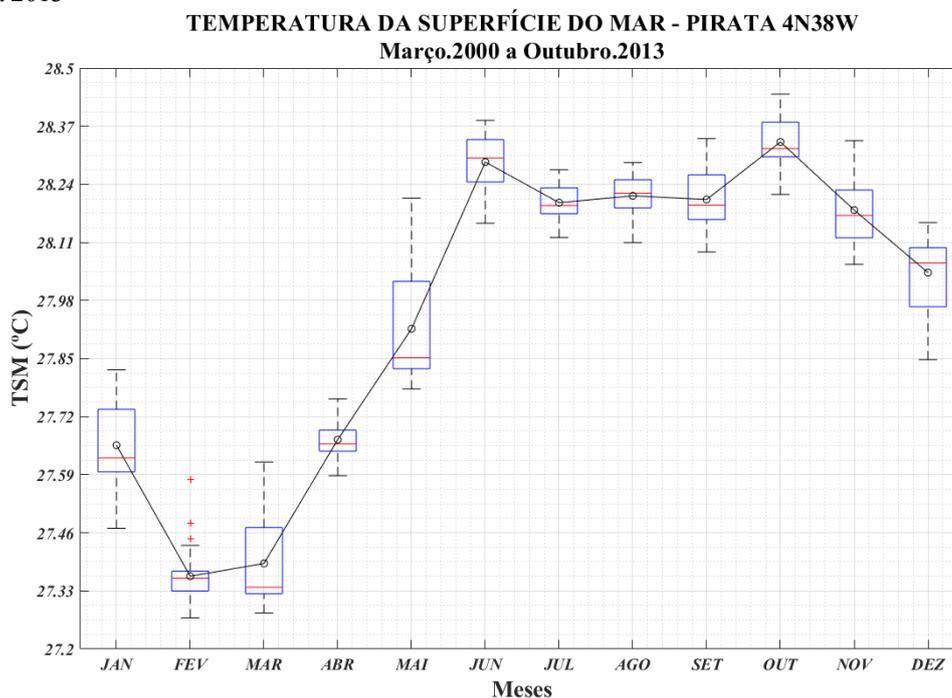


Figura 40 – Variação sazonal da TSM (média climatológica) para a boia PIRATA – 4°N38°W nos anos de 2000 a 2013

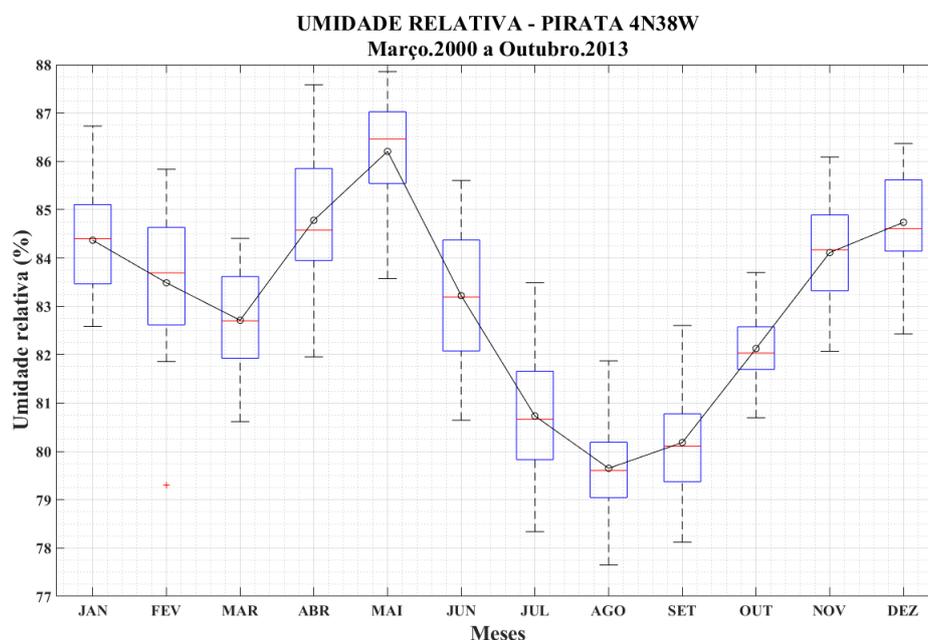


A figura 39 mostra que a temperatura média do ar nessa região possui uma baixa amplitude térmica. Comparando as figuras 39 e 40, vemos que a variação da temperatura do ar sobre o oceano está relacionada com a variação da TSM. Carvalho e Oyama (2012) mostram que a ZCIT se encontra sobre a latitude de 4°N durante o período de Abril a Junho, nesse período se observa um aquecimento na TSM da região.

Nos meses de Junho a Outubro, a TSM já aquecida transfere esse calor para a atmosfera. Analisando a figura 41, observa-se um aumento na umidade relativa do ar no período de Março a Maio, chegando ao seu máximo durante os meses de Maio e Novembro a Dezembro. Essa variação também é influenciada pela ZCIT, onde, quando a mesma passa sobre essa latitude, tende a aumentar a evaporação e a umidade relativa no ar, causando uma diminuição na temperatura do ar, como dito anteriormente.

Nos meses de Julho a Setembro ocorre uma diminuição dessa umidade relativa, pois a ZCIT está na sua porção mais boreal, aumentando a pista dos ventos, influenciando dessa forma na intensidade dos alísios de SE, que irão deslocar a umidade em direção ao Hemisfério Norte.

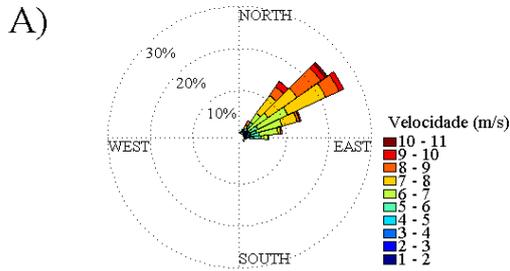
Figura 41 – Variação sazonal da umidade relativa (média climatológica) para a boia PIRATA – 4°N38°W nos anos de 2000 a 2013



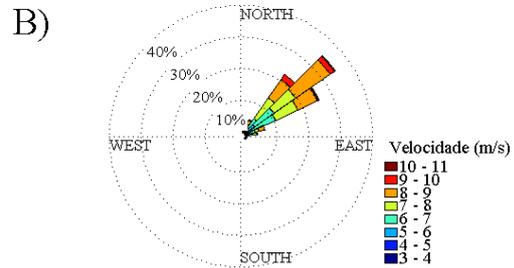
A ZCIT é o principal fenômeno atmosférico atuante sobre essa região, como comentado anteriormente, estando os padrões de vento diretamente ligados a sua posição. Quando observamos as frequências da direção dos ventos para a boia 4°N38°W (Figura 42), se percebe a variação da ZCIT ao longo do ano, estando no primeiro semestre (Fevereiro a Abril) no hemisfério Sul (HS) com ventos de NE e no segundo semestre (Julho a Setembro) sobre o hemisfério Norte (HN) com ventos de SE, concordando com Hu *et al.* (2007). A intensidade média dos ventos varia entre $4,2 \text{ m s}^{-1}$ e $7,4 \text{ m s}^{-1}$, podendo chegar a valores máximos de $10,3 \text{ m s}^{-1}$ durante o mês de Fevereiro.

Figura 42 – Variação sazonal para intensidade e direção do vento na boia PIRATA – 4°N38°W, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.

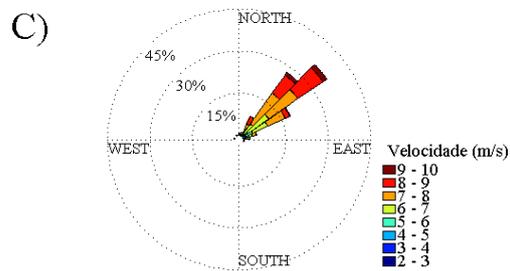
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Janeiro - 2000/2013



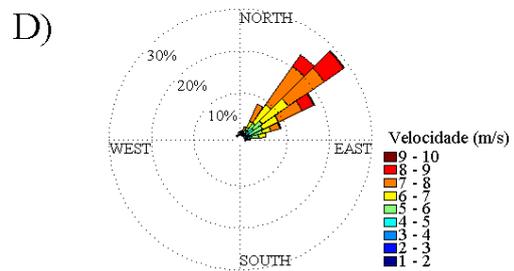
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Fevereiro - 2000/2013



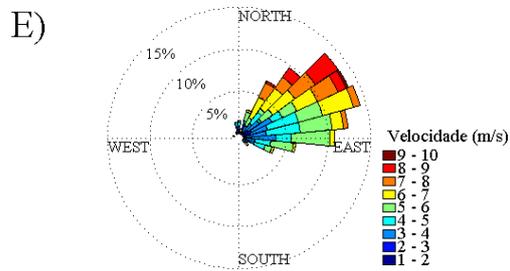
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Março - 2000/2013



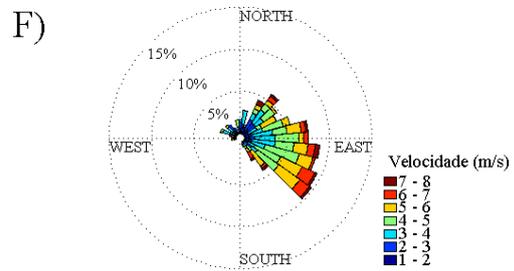
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Abril - 2000/2013



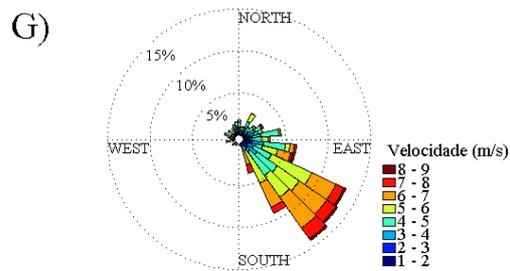
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Maio - 2000/2013



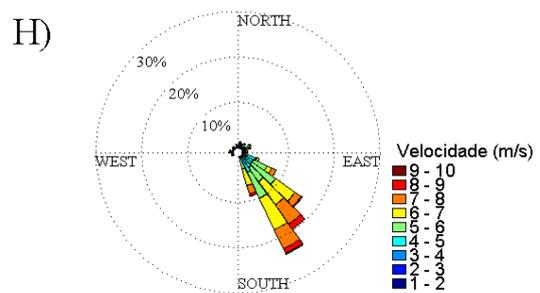
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Junho - 2000/2013



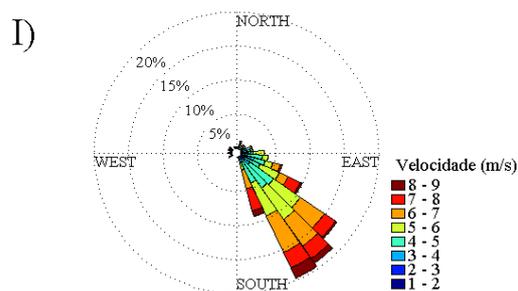
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Julho - 2000/2013



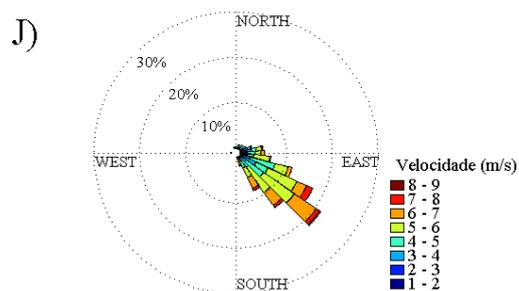
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Agosto - 2000/2013



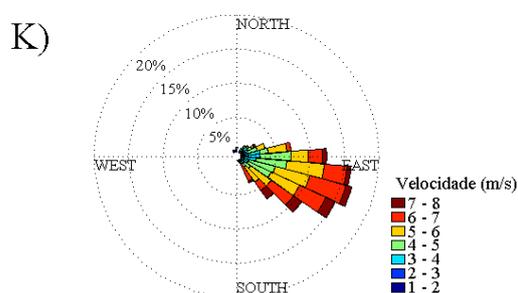
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Setembro - 2000/2013



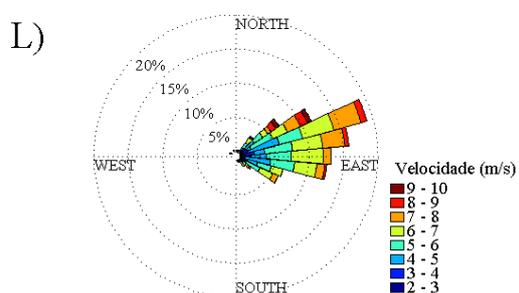
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Outubro - 2000/2013



Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Novembro - 2000/2013



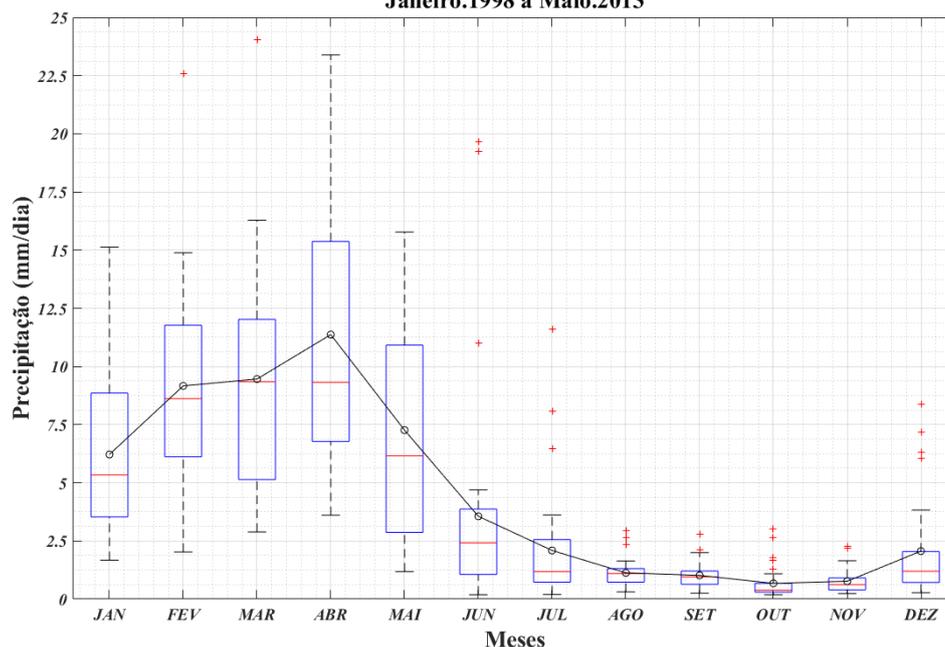
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 4N38W
Médias diárias de Dezembro - 2000/2013



4.1.6 Boia PIRATA – 0N35W

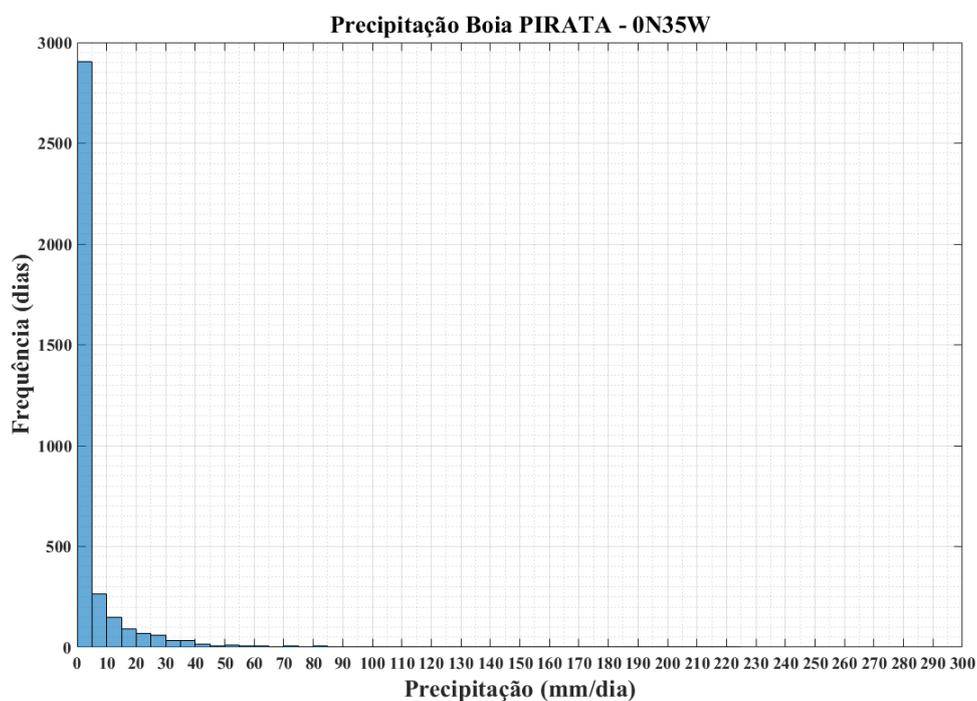
As maiores médias climatológicas de precipitação para a boia localizada a $0^{\circ}\text{N}35^{\circ}\text{W}$ no período de 1998/2013 encontram-se entre os meses de Fevereiro e Abril (figura 43). Essa variação sazonal da precipitação condiz com a variação sazonal da ZCIT, onde a mesma se encontra na sua porção mais austral durante Fevereiro, Março e Abril, podendo chegar até 5°S (CARVALHO e OYAMA, 2011).

Figura 43 - Série climatológica parcial da precipitação para a boia PIRATA – 0°N35°W
PRECIPITAÇÃO CLIMATOLÓGICA PIRATA 0N35W
Janeiro.1998 a Maio.2013



Com relação à frequência de chuvas podemos observar no histograma da figura 44 que ocorre uma maior frequência de precipitação entre 5 mm dia⁻¹ e 10 mm dia⁻¹ e uma baixa frequência das precipitações acima de 15 mm dia⁻¹.

Figura 44 – Histograma de precipitação da boia PIRATA – 0°N35°W



As figuras 45 a 48 fazem uma comparação entre as frequências das precipitações de Fortaleza, Natal, João Pessoa e Recife com a boia PIRATA 0°N35°W.

Figura 45 – Comparação entre a boia PIRATA – 0°N35°W com a cidade de Fortaleza.

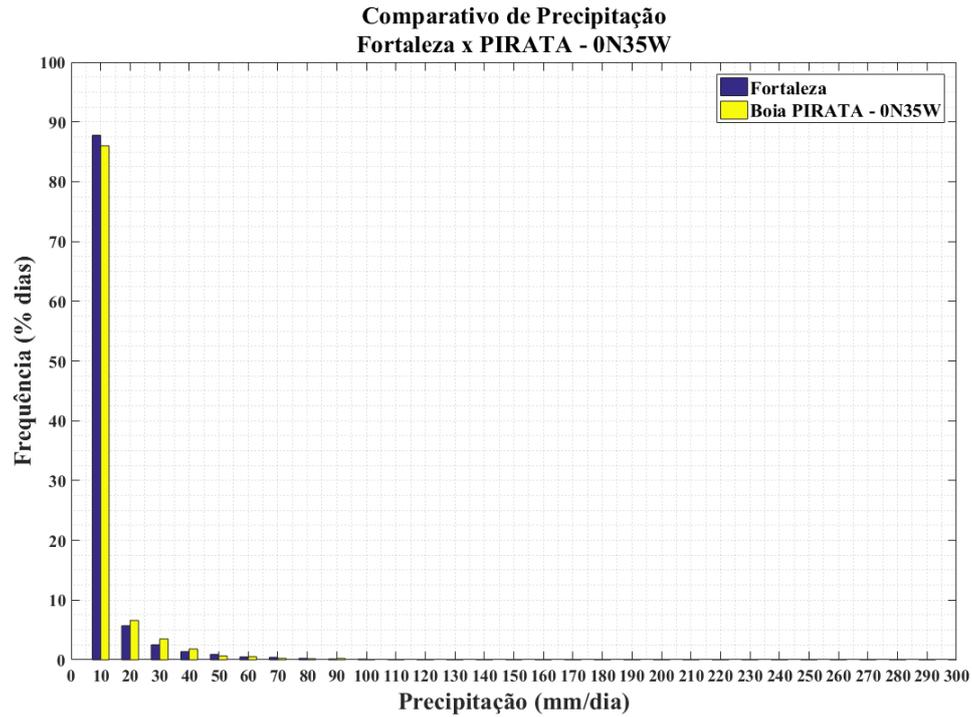


Figura 46 – Comparação entre a boia PIRATA – 0°N35°W com a cidade de Natal.

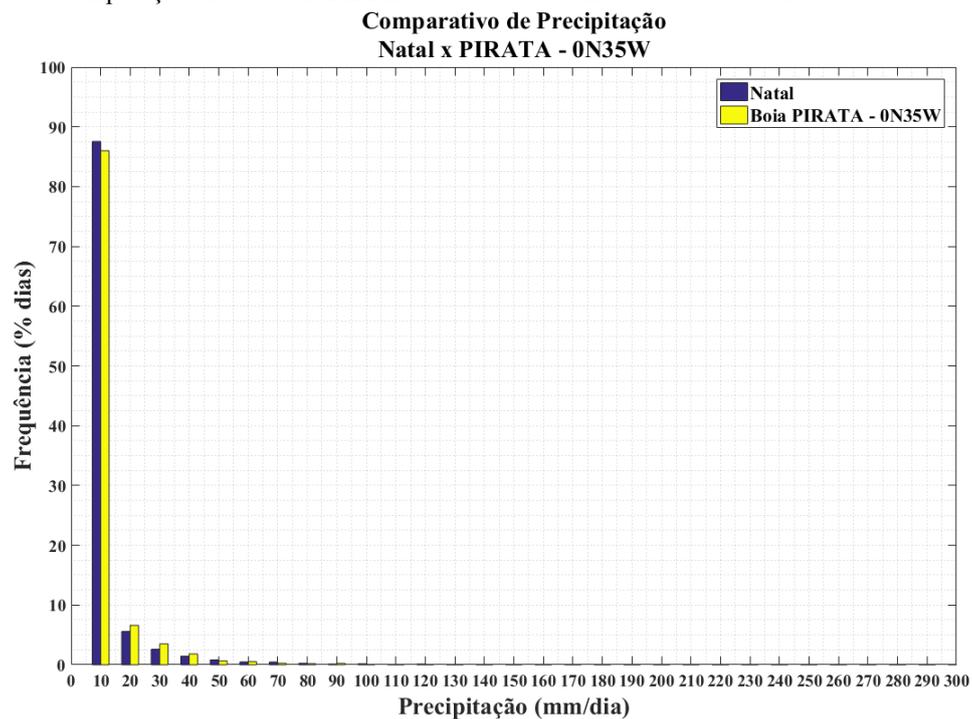


Figura 47 – Comparação entre a boia PIRATA – 0°N35°W com a cidade de João Pessoa.

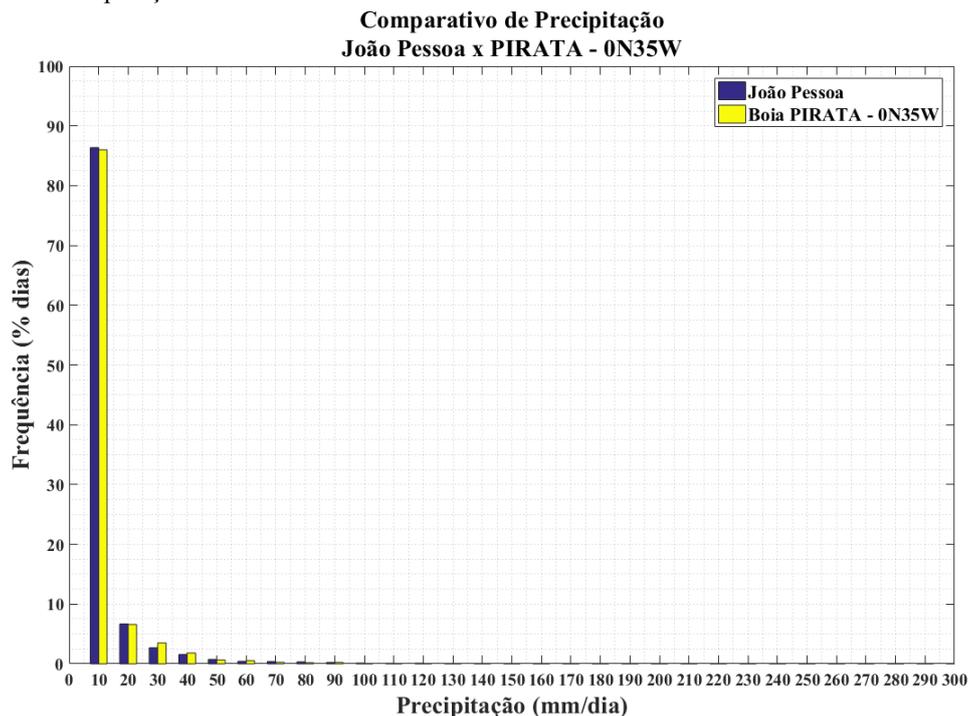
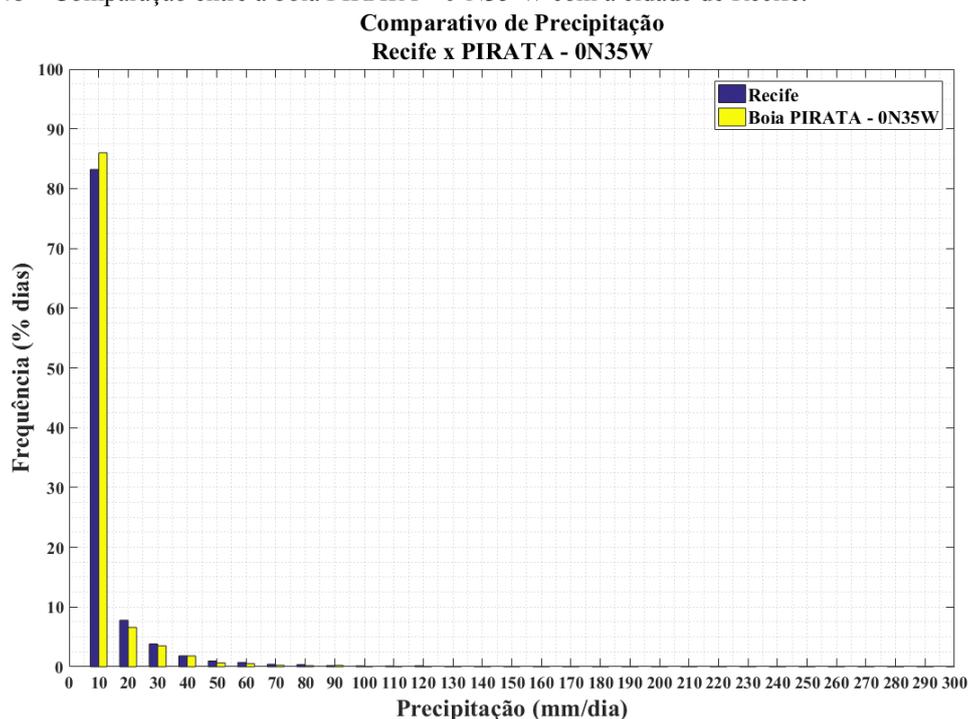


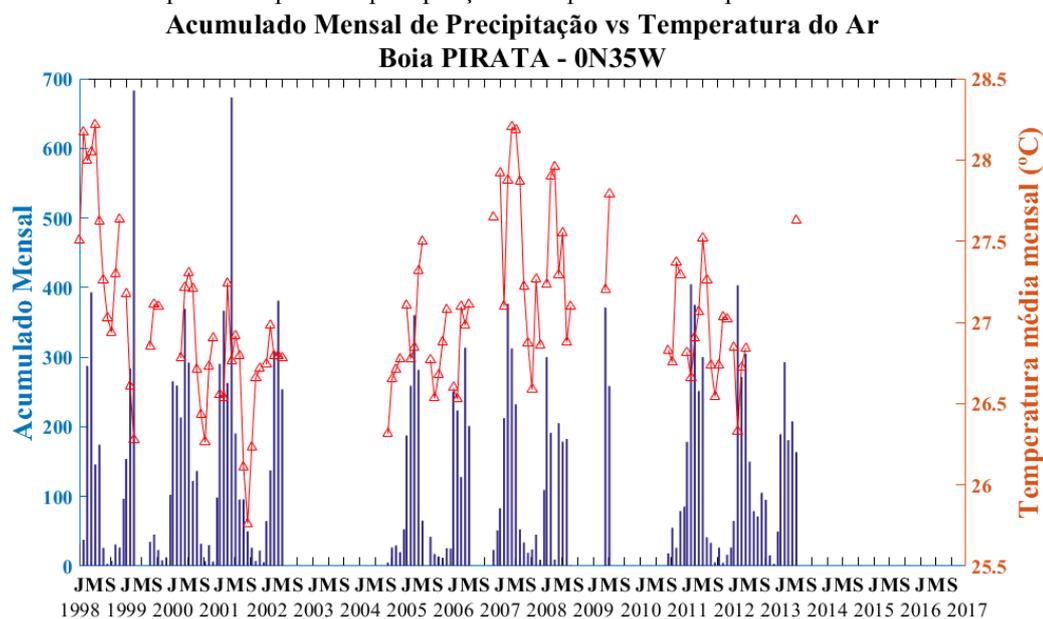
Figura 48 – Comparação entre a boia PIRATA – 0°N35°W com a cidade de Recife.



Os Histogramas das figuras 45 a 48 mostram que, embora as precipitações com maiores intensidades ocorram sobre o oceano, com uma exceção para cidade de Recife, a diferença entre a boia localizada a 0°N°35W e as capitais do NEB é baixa. Isto acontece devido a posição da ZCIT, pois, quando esta se encontra na sua porção mais

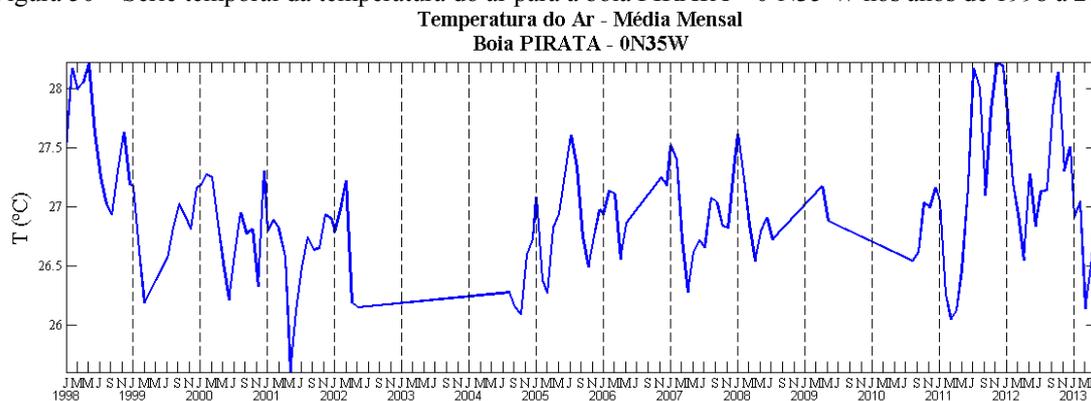
austral, se torna o principal sistema causador de chuvas sobre o NEB (MELO *et al.*, 2005) e sobre a boia a 0°N35°W.

Figura 49 – Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a boia PIRATA – 0°N35°W



A temperatura do ar sofre uma grande influência da ZCIT, diminuindo nos períodos em que a ZCIT se encontra nessa região, pois gera presença de nuvens e aumento na umidade relativa do ar (figura 49).

Figura 50 – Série temporal da temperatura do ar para a boia PIRATA – 0°N35°W nos anos de 1998 a 2013



De acordo com figura 50, a temperatura do ar varia entre 25°C e 28,2°C ao longo do ano, possuindo períodos de diferentes amplitudes térmicas, relacionados a movimentação da ZCIT e por OL nos períodos de Novembro a Fevereiro.

Figura 51 – Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a boia PIRATA – 0°N35°W nos anos de 1998 a 2013

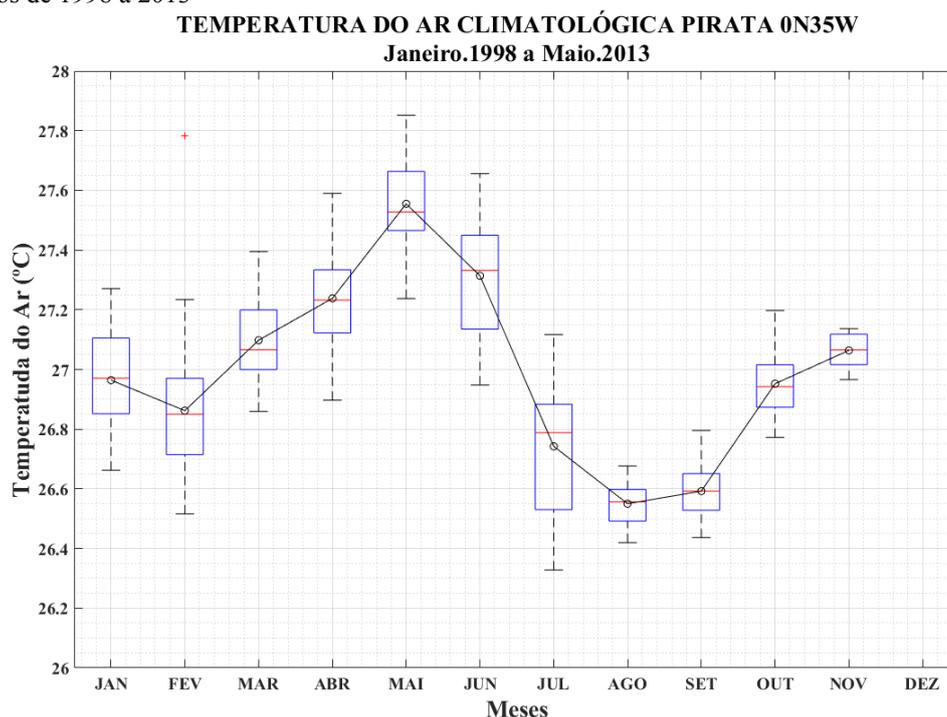
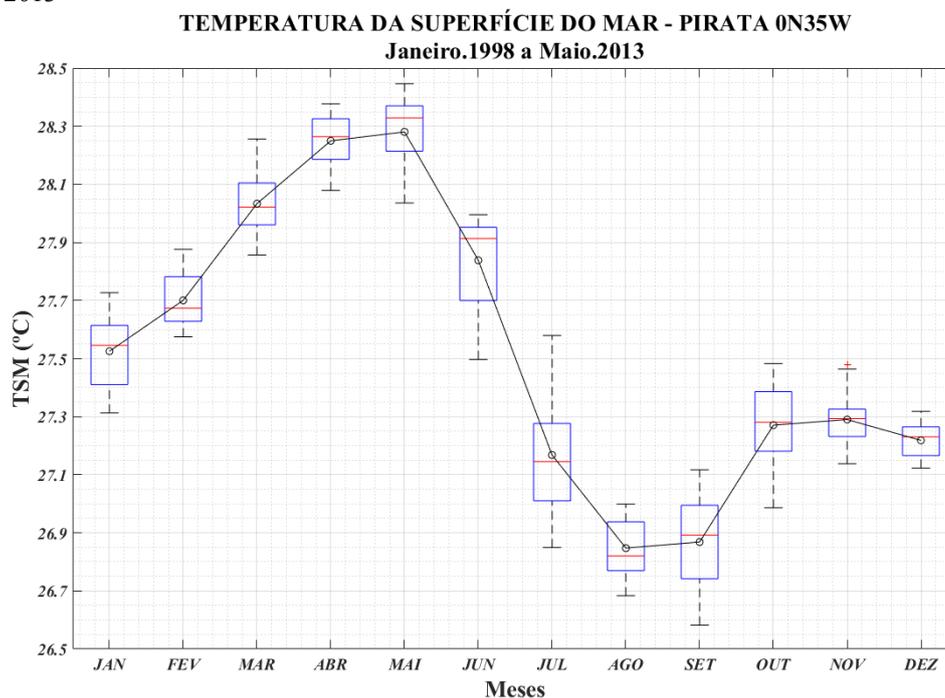


Figura 52 – Variação sazonal da TSM (média climatológica) para a boia PIRATA – 0°N35°W nos anos de 1998 a 2013

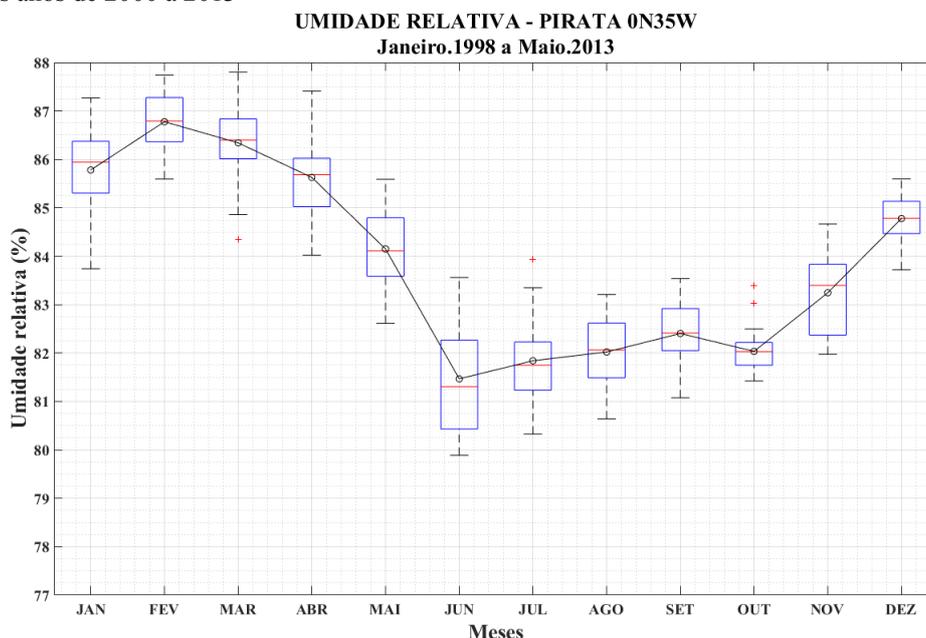


A temperatura do ar possui pouca amplitude térmica, variando entre 26,4°C e 27,8°C, com as maiores temperaturas sendo registradas durante o mês de Maio e as menores durante os meses de Agosto e Setembro (figura 51). A TSM possui uma amplitude térmica, variando entre 26,5°C e 28,4°C, com as maiores temperaturas sendo

registradas durante os meses de Abril e Maio e as menores durante os meses de Agosto a Setembro (figura 52). Hu *et al.*(2007) e Waliser e Gautier (1993) falam que, quando a ZCIT chega ao seu extremo sul, ela sofre uma migração abrupta sobre equador, em regiões oceânicas, ocorrendo uma expansão que chega a latitudes mais ao sul. Essa migração ocorre durante os primeiros meses do ano, após a primavera do hemisfério sul. Durante esse período, se tem um aumento da umidade relativa (Figura 53), devido à evaporação e a uma redução na intensidade dos ventos de SE.

Nos meses de Maio a Outubro ocorre uma diminuição dessa umidade relativa, pois há um deslocamento da ZCIT mais para norte, aumentando a pista dos ventos, influenciando dessa forma na intensidade dos alísios de SE, que irão deslocar a umidade em direção ao Hemisfério Norte.

Figura 53 – Variação sazonal da umidade relativa (média climatológica) para a boia PIRATA – 4°N e 38°W nos anos de 2000 a 2013



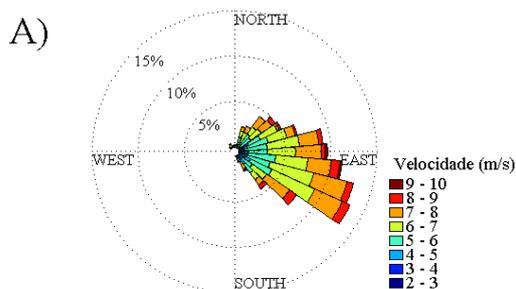
A ZCIT é o principal fenômeno atmosférico atuante sobre essa região, como comentado anteriormente, estando os padrões de vento diretamente ligados a sua posição. Quando observamos os as frequências da direção dos ventos para a boia 0°N35°W (Figura 54), percebe-se a descida da ZCIT para o HS durante os meses de Fevereiro a Abril (HU *et al.*, 2007; CARVALHO e OYAMA, 2011)

Os ventos são predominantemente de E, podendo variar entre NE e SE de acordo com a posição da ZCIT. A amplitude média dos ventos varia de 3 m s⁻¹ a 6 m s⁻¹

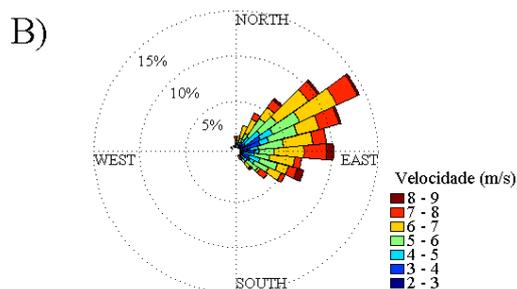
quando a ZCIT se encontra no HS (período de maior umidade) e 6 m s^{-1} a 8 m s^{-1} quando se encontra sobre o HN (período de menor umidade).

Figura 54 – Variação sazonal para intensidade e direção do vento na boia PIRATA – $0\text{N}35^{\circ}\text{W}$, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.

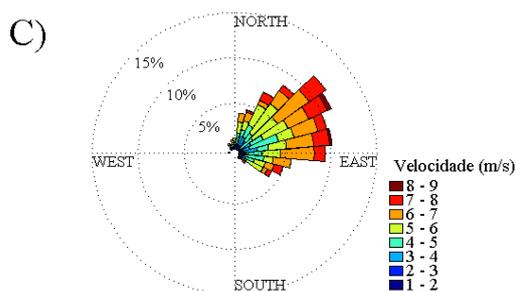
**Tendência dos ventos da boia PIRATA - $0\text{N}35\text{W}$
Médias diárias de Janeiro - 1998/2013**



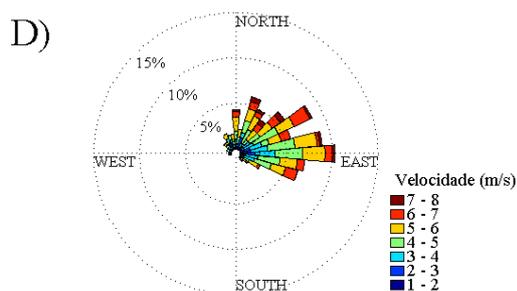
**Tendência dos ventos da boia PIRATA - $0\text{N}35\text{W}$
Médias diárias de Fevereiro - 1998/2013**



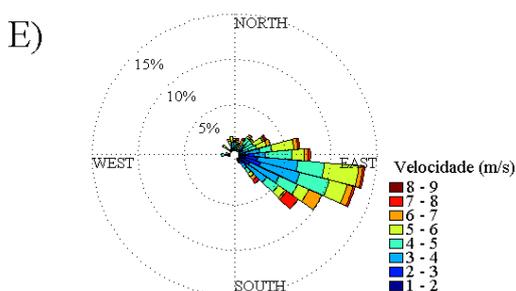
**Tendência dos ventos da boia PIRATA - $0\text{N}35\text{W}$
Médias diárias de Março - 1998/2013**



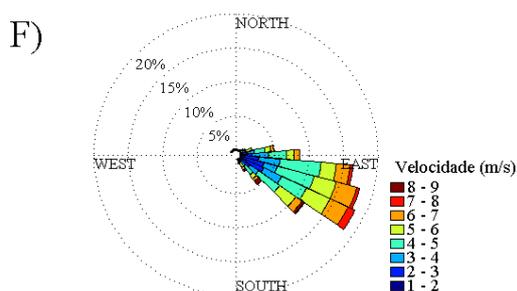
**Tendência dos ventos da boia PIRATA - $0\text{N}35\text{W}$
Médias diárias de Abril - 1998/2013**



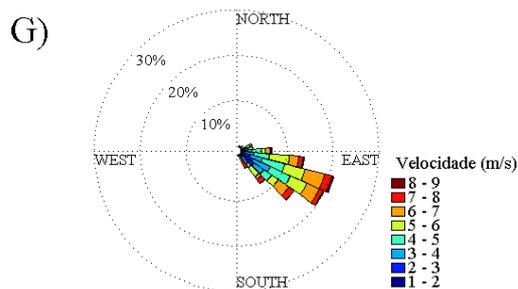
**Tendência dos ventos da boia PIRATA - $0\text{N}35\text{W}$
Médias diárias de Maio - 1998/2013**



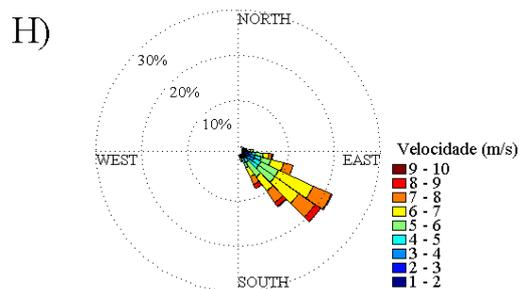
**Tendência dos ventos da boia PIRATA - $0\text{N}35\text{W}$
Médias diárias de Junho - 1998/2013**



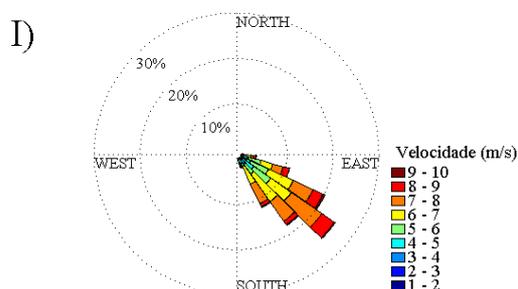
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 0N35W
Médias diárias de Julho - 1998/2013



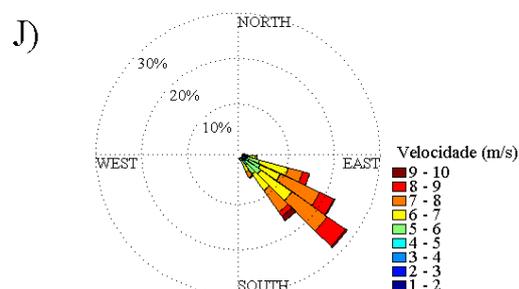
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 0N35W
Médias diárias de Agosto - 1998/2013



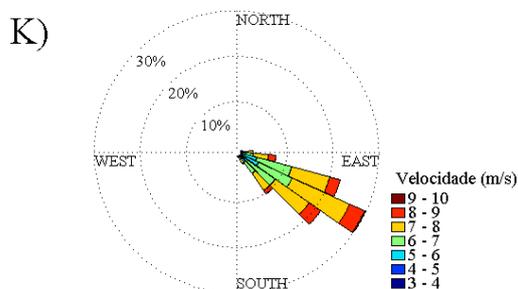
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 0N35W
Médias diárias de Setembro - 1998/2013



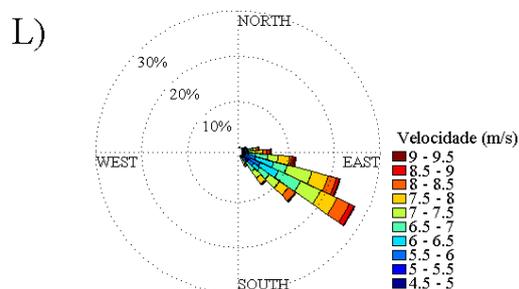
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 0N35W
Médias diárias de Outubro - 1998/2013



Tendência dos ventos da boia PIRATA - 0N35W
Médias diárias de Novembro - 1998/2013



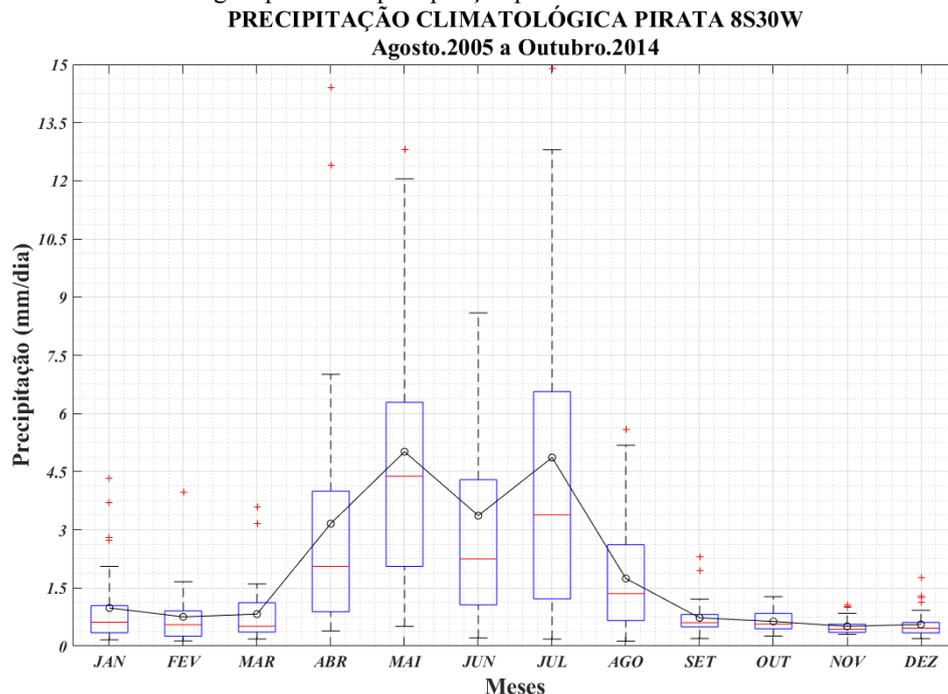
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 0N35W
Médias diárias de Dezembro - 1998/2013



4.1.7 Boia PIRATA – 8S30W

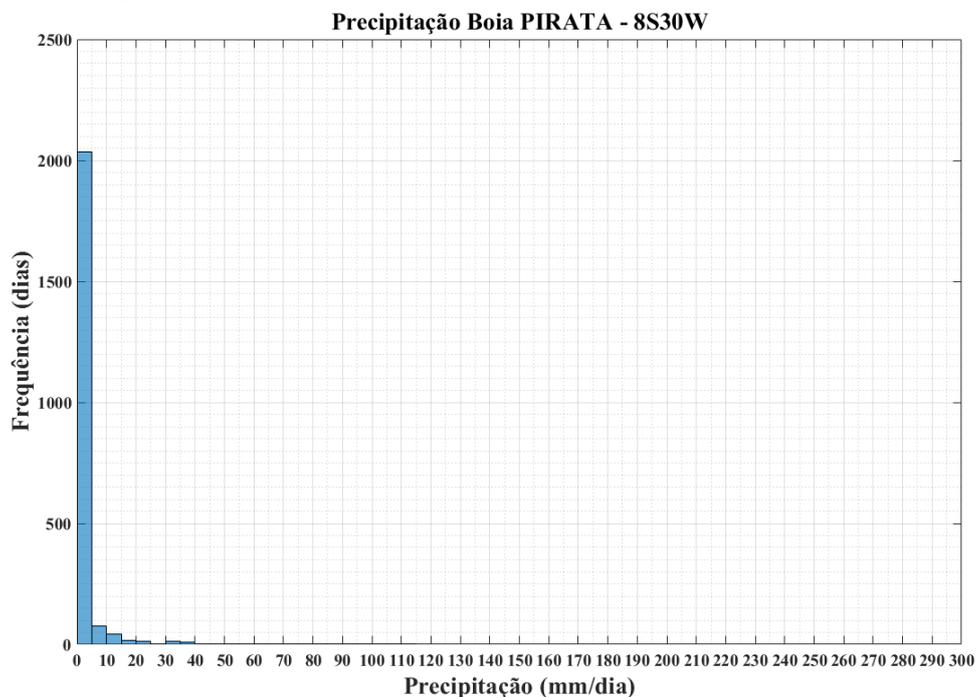
De acordo com a figura 55 as maiores médias climatológicas de precipitação para a boia localizada a 8°S30°W no período de 2005/2014, encontram-se entre os meses de Abril e Julho. Esta região está situada em uma longitude próxima à cidade Recife, sendo influenciada principalmente pelo ASAS e por OL.

Figura 55 - Série climatológica parcial da precipitação para a boia PIRATA – 8°S30°W



Com relação à frequência de chuvas podemos observar no histograma da figura 56 que ocorre uma maior frequência de precipitação entre 5 mm dia⁻¹ e 10 mm dia⁻¹ e uma baixa frequência das precipitações acima de 15 mm dia⁻¹.

Figura 56 – Histograma de precipitação da boia PIRATA – 8°S30°W



A figura 57 e 58 faz uma comparação entre as frequências das precipitações de João Pessoa e Recife com a boia PIRATA 8°S30°W.

Figura 57 – Comparação entre a boia PIRATA 8°S30°W com a cidade de João Pessoa.

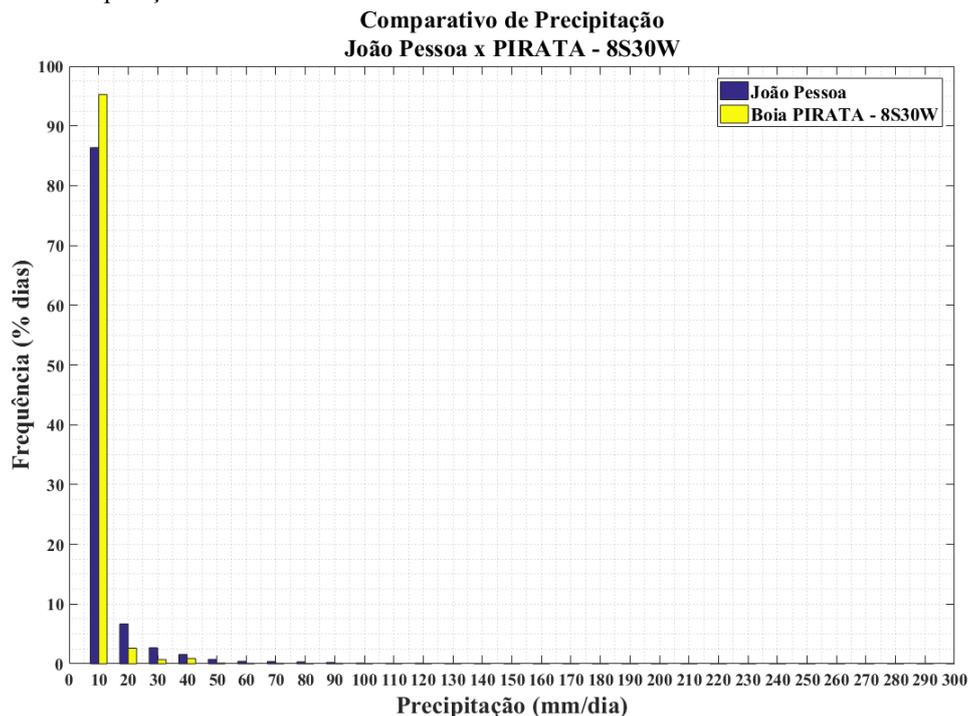
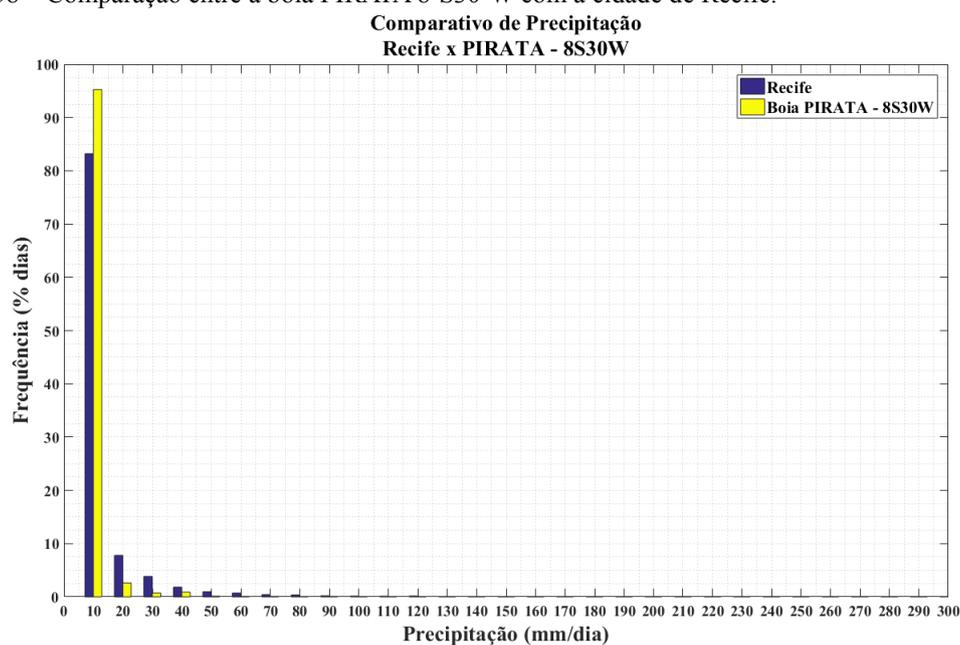
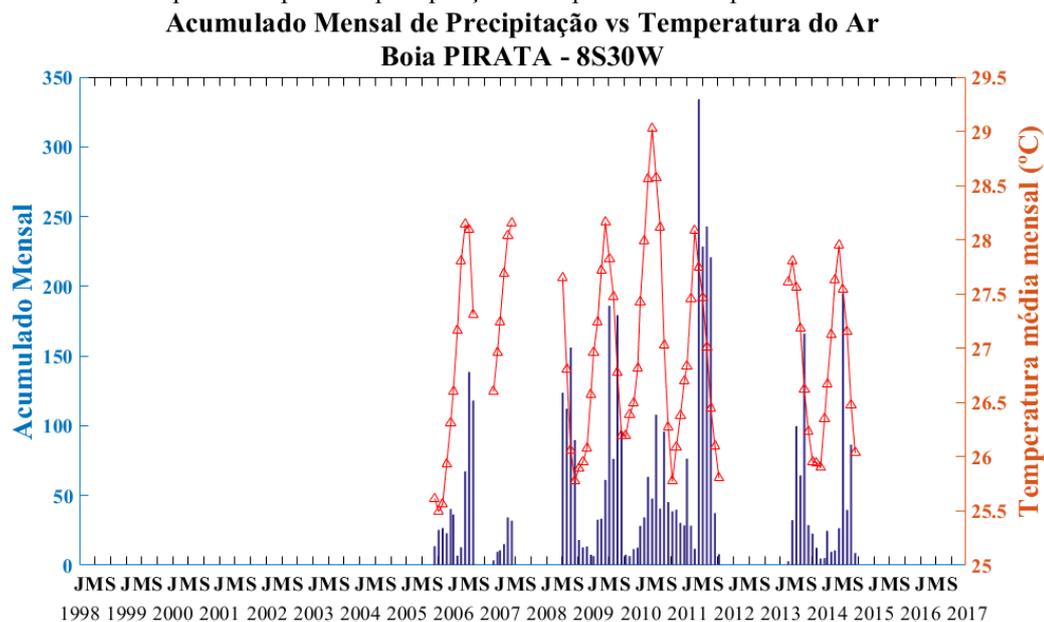


Figura 58 – Comparação entre a boia PIRATA 8°S30°W com a cidade de Recife.



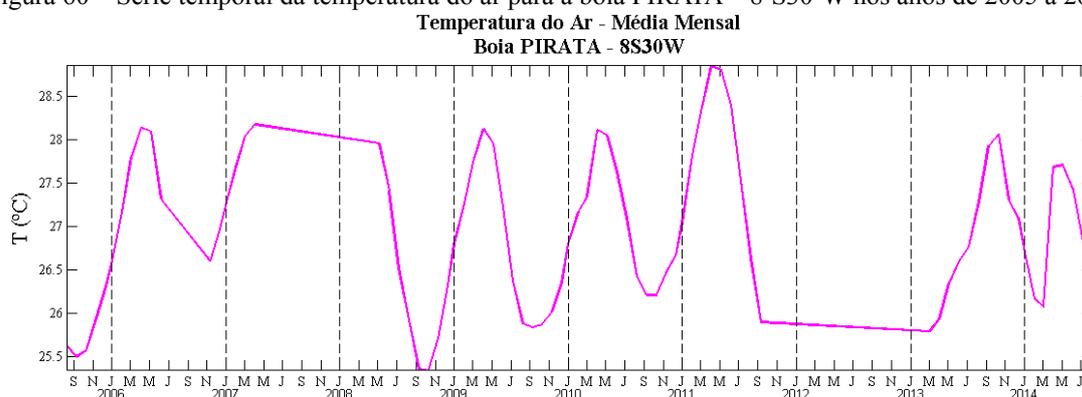
Os histogramas mostram que, as precipitações com maiores intensidades ocorrem sobre o continente, com precipitações acima de 20 mm dia⁻¹ e 30 mm dia⁻¹ ocorrendo com maior frequência ao longo do ano.

Figura 59 – Série temporal comparando precipitação e temperatura do ar para a boia PIRATA – 8°S30°W



A precipitação influencia diretamente na temperatura do ar, onde após o período de maior intensidade das chuvas ocorre um aumento na umidade relativa do ar e consequentemente uma diminuição da temperatura (figura 59).

Figura 60 – Série temporal da temperatura do ar para a boia PIRATA – 8°S30°W nos anos de 2005 a 2014



De acordo com figura 60, a temperatura do ar varia entre 25,5°C e 29°C ao longo do ano, possuindo períodos com máximos e mínimos de temperatura bem definidos, Abril e Setembro, respectivamente.

Figura 61 – Variação sazonal da temperatura do ar (média climatológica) para a boia PIRATA – 8°S30°W nos anos de 2005 a 2014

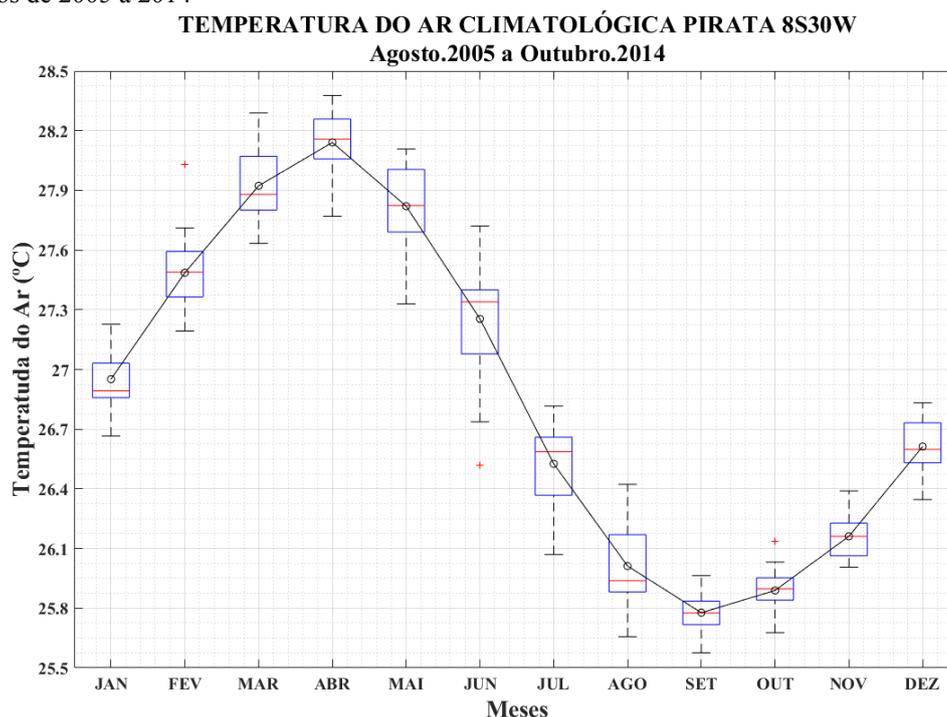
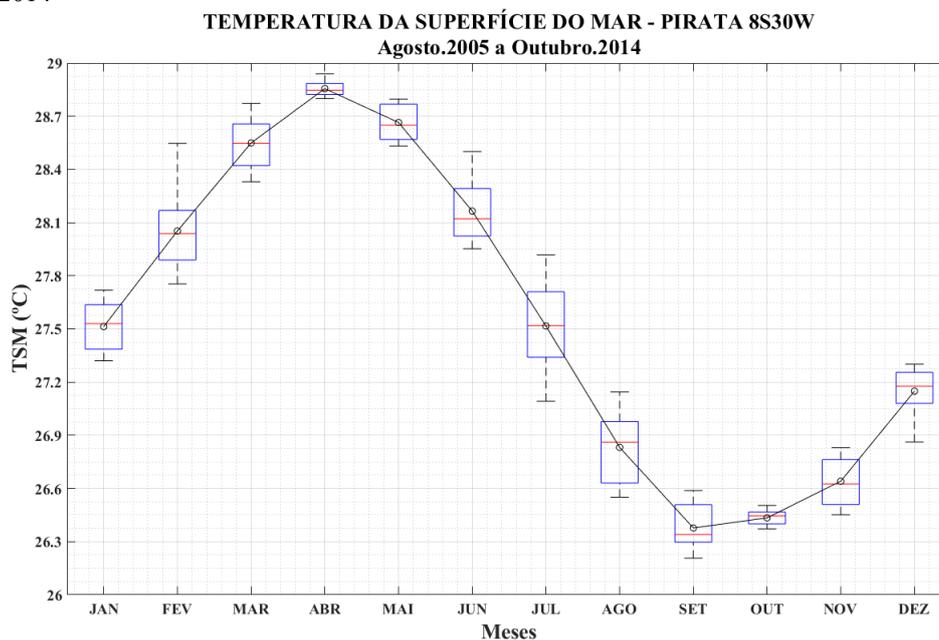
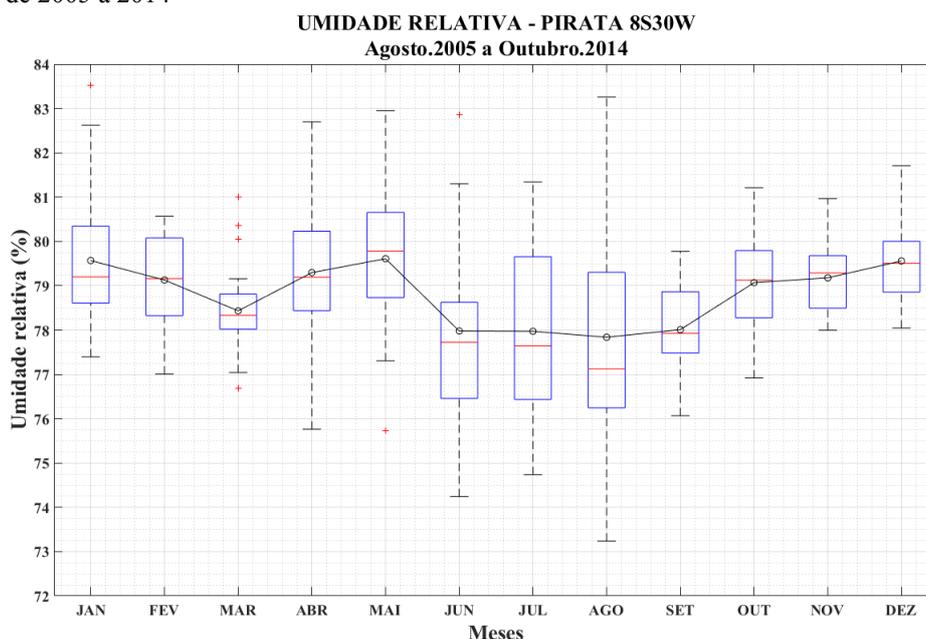


Figura 62 – Variação sazonal da TSM (média climatológica) para a boia PIRATA – 8°S30°W nos anos de 2005 a 2014



Comparando-se as figuras 61 e 62, observa-se que a temperatura do ar está correlacionada com a TSM. Essa variação tão bem definida deve-se ao fato de que essa região não sofre uma influência direta da ZCIT tendo os seus períodos sazonais mais distintos e possuindo uma menor variação na umidade relativa ao longo do ano (Figura 63).

Figura 63– Variação sazonal da umidade relativa (média climatológica) para a boia PIRATA – 8°S30°W nos anos de 2005 a 2014

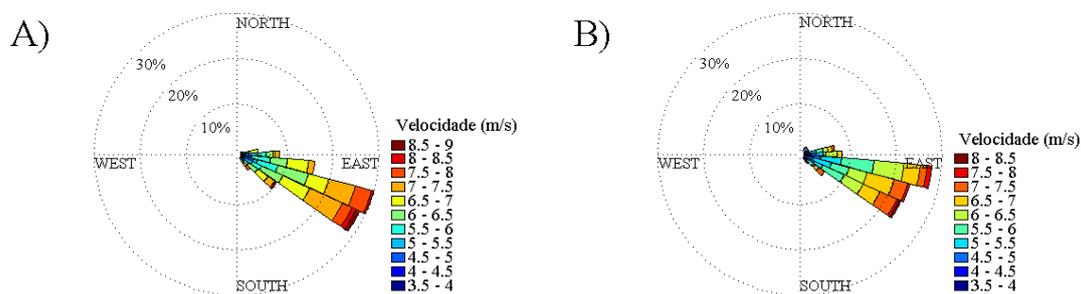


Essa região está sobre forte influência dos alísios de SE, não possuindo uma ampla variação sazonal na direção do vento, sendo em geral de ESE. A intensidade dos ventos é influenciada em geral pela posição da ZCIT e do ASAS, com média de intensidade dos ventos variando entre 5 m s^{-1} e $7,7 \text{ m s}^{-1}$, com um aumento na frequência de ventos mais intensos, podendo chegar a 11 m s^{-1} , entre os meses de Agosto e Outubro.

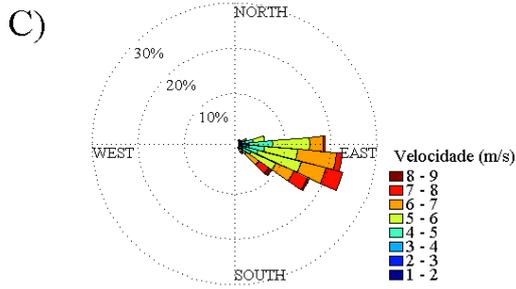
Figura 64 – Variação sazonal para intensidade e direção do vento na boia PIRATA – 8°S30°W, nos períodos de (a) Janeiro, (b) Fevereiro, (c) Março, (d) Abril, (e) Maio, (f) Junho, (g) Julho, (h) Agosto, (i) Setembro, (j) Outubro, (k) Novembro e (l) Dezembro.

Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Janeiro - 2005/2014

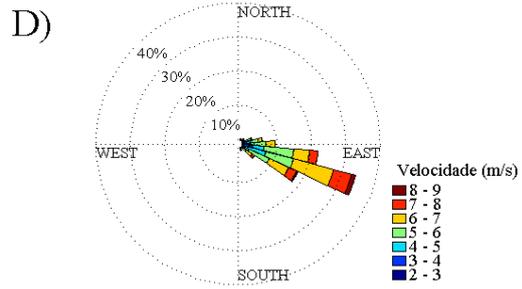
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Fevereiro - 2005/2014



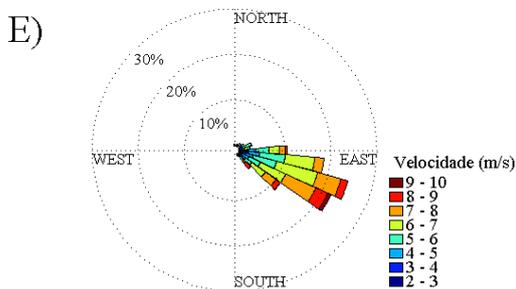
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Março - 2005/2014



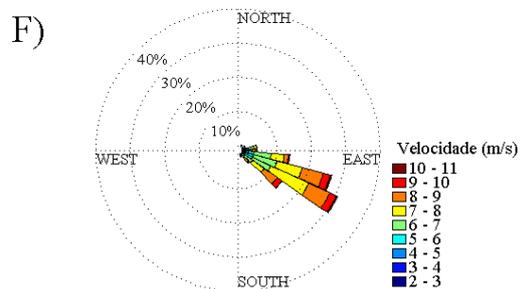
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Abril - 2005/2014



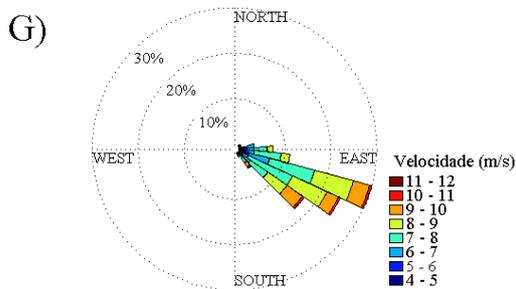
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Maio - 2005/2014



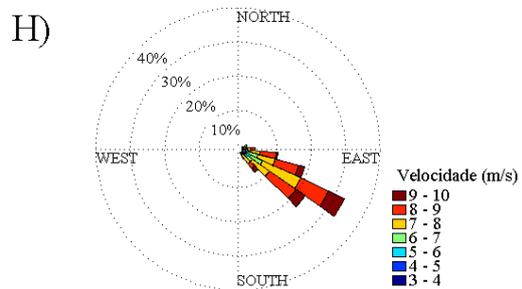
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Junho - 2005/2014



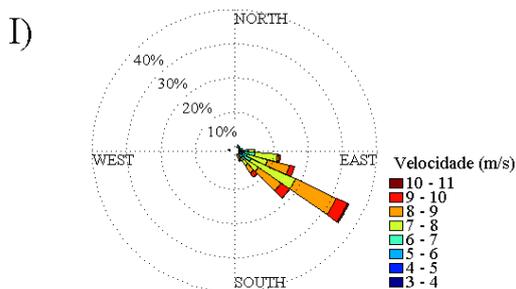
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Julho - 2005/2014



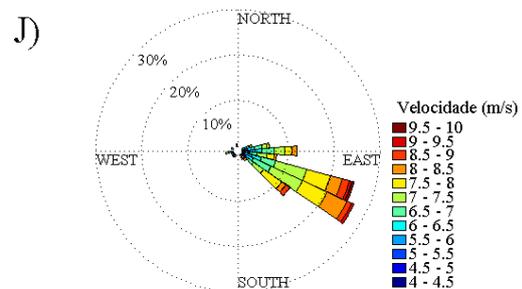
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Agosto - 2005/2014



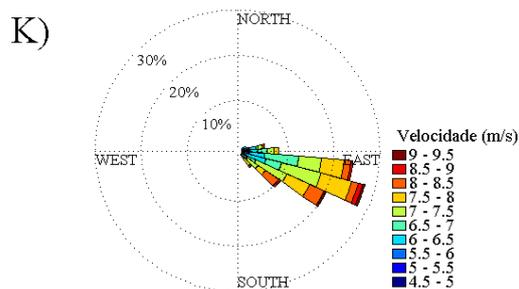
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Setembro - 2005/2014



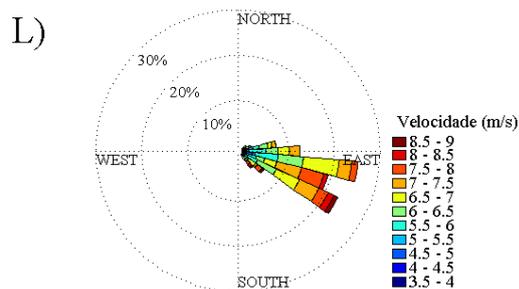
Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Outubro - 2005/2014



Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Novembro - 2005/2014



Tendência dos ventos da boia PIRATA - 8S30W
Médias diárias de Dezembro - 2005/2014



4.2 Correlação entre TSM e Precipitação

Para as cidades é possível observar correlações negativas e positivas entre a precipitação e as anomalias de TSM no Oceano Atlântico Norte e Sul. Isso ocorre, pois quando a TSM possui uma anomalia positiva no HN, a ZCIT é deslocada mais para norte, o que acarreta numa redução de chuvas sobre o NEB e quando ela apresenta uma anomalia negativa, a ZCIT se desloca um pouco mais para o sul, gerando chuvas mais intensas sobre o NEB. Moura *et al* (2009). encontraram sobre o Oceano Atlântico correlações positivas e negativas, na porção Leste e ao Norte da América do Sul, respectivamente, com correlações positivas do Golfo de Guiné em direção a Oeste até a costa do NEB adjacente.

A correlação linear entre a anomalia de TSM no ponto localizado a 4°N38°W do Atlântico Equatorial e a anomalia de precipitação nas capitais do NEB embora tenham mostrado baixos valores de R^2 , com as melhores correlações ocorrendo para as cidades de Fortaleza nos *lags* 7 e 10 ($R^2 < 0,2$), Natal nos *lags* 2 e 4 ($R^2 < 0,3$), João Pessoa no *lag* 2 ($R^2 < 0,3$) e Recife nos *lags* 1 e 2 ($R^2 < 0,3$) (Tabela 5), mostraram altos valores de significância ($p < 0,05$) (Tabela 5). Isso mostra que a temperatura dessa região possui influência sobre a precipitação no NEB. Moura e Shukla (1981) mostram que as anomalias de TSM dessa região do Atlântico e a precipitação sobre o NEB possuem uma correlação negativa e muito baixa.

Para a região sobre o equador (0°N35°W) os índices de correlação foram baixos ($R^2 < 0,2$) (anexo 2), para as cidades de Natal, João Pessoa e Recife nos *lags* 6, 1, 10 respectivamente. A cidade de Fortaleza apresentou o melhor índice de correlação ($R^2 < 0,4$) para o *lag* 4 (Tabela 6). Embora os valores de R^2 tenham sido baixos essa região também apresentou altos valores de significância ($p < 0,05$) (Tabela 6) com relação à Fortaleza e um baixo valor de significância com relação às demais cidades.

Para a porção mais ao sul (8°S30°W) as melhores correlações ocorreram com as cidades de João Pessoa e Recife ($R^2 < 0,2$) (Tabela 7) ambas no *lag* 8, mostrando também um alto nível de significância ($\rho < 0,05$) (tabela 7). Fortaleza e Natal mostraram uma baixa correlação ($R^2 < 0,1$) e um baixo nível de significância ($\rho > 0,05$).

Tabela 5 – Índice de Correlação (R^2) e significância (ρ) entre as anomalias de precipitação no NEB e a anomalia de TSM na boia PIRATA – 4°N38°W

	R^2				ρ			
	Fortaleza	Natal	João Pessoa	Recife	Fortaleza	Natal	João Pessoa	Recife
Lag0	0,01	-0,06	-0,09	-0,08	0,86	0,29	0,1	0,16
Lag1	-0,06	0,07	0,14	0,20	0,34	0,20	0,01	0,0006
Lag2	-0,04	0,22	0,20	0,19	0,53	0,0003	0,0009	0,001
Lag3	0,07	0,16	0,15	0,15	0,25	0,008	0,01	0,01
Lag4	-0,11	0,21	0,16	0,06	0,06	0,0008	0,01	0,31
Lag5	-0,03	-0,03	-0,09	-0,07	0,63	0,54	0,14	0,21
Lag6	-0,10	-0,07	-0,07	-0,08	0,09	0,23	0,25	0,17
Lag7	-0,13	0,06	0,02	-0,003	0,03	0,28	0,73	0,94
Lag8	-0,09	0,01	0,03	0,005	0,15	0,78	0,59	0,92
Lag9	0,08	0,13	0,08	0,01	0,19	0,78	0,59	0,92
Lag10	-0,13	0,02	0,07	0,09	0,04	0,67	0,19	0,13

Fonte: O autor

Tabela 6 – Índice de Correlação (R^2) e significância (ρ) entre as anomalias de precipitação no NEB e a anomalia de TSM na boia PIRATA – 0°N35°W

	R^2				ρ			
	Fortaleza	Natal	João Pessoa	Recife	Fortaleza	Natal	João Pessoa	Recife
Lag0	-0,01	-0,11	-0,03	-0,02	0,80	0,05	0,52	0,65
Lag1	-0,006	-0,09	-0,11	-0,09	0,91	0,09	0,05	0,12
Lag2	0,06	-0,11	-0,09	-0,07	0,30	0,05	0,12	0,23
Lag3	-0,11	-0,09	-0,07	-0,08	0,09	0,12	0,20	0,17
Lag4	0,30	-0,08	0,01	-0,05	1,66E⁻⁶	0,17	0,82	0,36
Lag5	0,10	-0,11	-0,04	-0,05	0,10	0,07	0,47	0,41
Lag6	0,16	0,11	0,07	0,06	0,007	0,05	0,21	0,32
Lag7	0,23	-0,08	-0,07	-0,008	0,0001	0,18	0,23	0,89
Lag8	0,18	-0,03	-0,04	0,01	0,003	0,83	0,45	0,75
Lag9	0,12	-0,04	0,005	-0,05	0,04	0,42	0,93	0,38
Lag10	0,11	-0,06	-0,01	0,11	0,07	0,29	0,82	0,04

Fonte: O autor

Tabela 7 – Índice de Correlação (R^2) e significância (ρ) entre as anomalias de precipitação no NEB e a anomalia de TSM na boia PIRATA – 8°S30°W

	R^2				ρ			
	Fortaleza	Natal	João Pessoa	Recife	Fortaleza	Natal	João Pessoa	Recife
Lag0	0,08	-0,13	0,02	0,06	0,19	0,05	0,75	0,38
Lag1	0,07	0,11	0,01	-0,01	0,25	0,08	0,88	0,78
Lag2	-0,01	0,09	0,07	0,02	0,80	0,19	0,30	0,73
Lag3	0,002	0,01	-0,003	0,03	0,97	0,85	0,95	0,58
Lag4	0,08	0,13	0,02	0,01	0,23	0,05	0,68	0,88
Lag5	0,09	0,05	0,02	-0,03	0,17	0,39	0,74	0,58
Lag6	0,06	0,06	0,14	0,15	0,40	0,35	0,04	0,02
Lag7	0,03	0,07	0,008	-0,08	0,64	0,27	0,90	0,20
Lag8	0,07	-0,04	-0,17	-0,17	0,32	0,51	0,01	0,01
Lag9	0,008	-0,04	-0,11	-0,14	0,90	0,57	0,13	0,04
Lag10	-0,04	0,02	-0,04	-0,02	0,55	0,76	0,53	0,77

Fonte: O autor

5. Conclusão

Todas as cidades do NEB mostraram um aumento na temperatura média do ar quando comparadas à média climatológica fornecida pelo INMET para o período de 1991/1990 com a média climatológica parcial feita neste trabalho para o período de 1998/2016. A menor variação de temperatura encontrada foi para a cidade de Fortaleza durante o mês de Janeiro ($0,3^{\circ}\text{C}$) e a maior variação ocorreu para a cidade de João Pessoa durante o mês de Março ($1,25^{\circ}\text{C}$). Embora esses aumentos na temperatura média estejam de acordo com os resultados encontrados por Silva (2003), Peneiro (2013), Souza e Azevedo (2012), Mateus *et al.* (2015) e Santos *et al.* (2010), que mostram tendências positivas no aumento de temperatura no NEB, eles podem estar relacionados tanto a fatores de níveis locais, como a substituição de áreas vegetadas por asfalto, indústrias etc., quanto por oscilações de longo período como o ENOS ou dipolo do atlântico.

Foi possível observar, a variação sazonal de precipitação, temperatura do ar e velocidade e direção dos ventos nas cidades do NEB e nas boias PIRATA. A precipitação sofre influência da variação da ZCIT ao longo do ano, mostrando um período chuvoso entre Fevereiro e Julho nas cidades do NEB e nas boias localizadas a $0^{\circ}\text{N}35^{\circ}\text{W}$. Para a boia localizada a $8^{\circ}\text{S}30^{\circ}\text{W}$ o período chuvoso ocorreu entre os meses de Abril a Agosto. Para a boia localizada a $4^{\circ}\text{N}38^{\circ}\text{W}$, o período mais úmido ocorre entre Abril e Junho e Outubro e Dezembro, período esse que corresponde à passagem da ZCIT sobre a região. As cidades de João Pessoa e Recife juntamente com a boia localizada a $8^{\circ}\text{S}30^{\circ}\text{W}$ sofrem influencia não apenas da ZCIT mas também das OL e do ASAS.

A temperatura do ar apresentou uma baixa amplitude térmica média, em torno de 1°C , tanto para as boias quanto para as cidades do NEB, com exceção das cidades de João Pessoa e Recife, que apresentaram uma amplitude térmica média de 3°C . A variação sazonal da temperatura do ar está diretamente ligada com os períodos de maiores precipitações, possuindo um aumento antes da quadra chuvosa, e uma diminuição durante a quadra chuvosa.

Os padrões de vento são em geral de E e SE para as cidades do NEB e para as boias, podendo chegar a SE na região próxima a Recife, e a NE nas regiões onde se

localizam as boias 4°N38°W e 0°N35°W. Os ventos de uma maneira geral são fracos (grau 3) ou moderados (grau 4) no NEB e moderados (grau 4) ou frescos (grau 5) nas boias. A intensidade dos ventos está diretamente relacionada com o aumento da pista de ventos gerado pela posição da ZCIT, tendo um aumento na intensidade quando esta se encontra na sua porção mais boreal. As cidades de João Pessoa e Recife, juntamente com as boias do PNBOIA e PIRATA – 8°S30°W, além de influenciadas pela ZCIT, também sofrem influência do ASAS.

Comparando as precipitações das boias com as cidades localizadas a uma mesma latitude ou longitude, constatamos que, na região equatorial sobre o oceano, onde a ZCIT influencia com maior intensidade, ocorre maior frequência de altos valores de precipitação (>20 mm/dia), com exceção da boia localizada 8°S30°W, que possui baixa frequência nos maiores índices de precipitação, quando comparada com as cidades de Recife e João Pessoa.

A TSM medida nas boias da região equatorial do Oceano Atlântico possui um elevado nível de significância sobre a precipitação das capitais NEB, $\rho < 0,05$, com exceção da boia localizada a 8°S30°W, que mostrou um baixo nível de significância $\rho > 0,05$ com relação às capitais de Fortaleza e Natal. O baixo valor de R^2 pode ter sido causado pelo tamanho da série temporal usada e pelo número de pontos analisados.

6. Referências

- AGUIAR, M. J. N.; VIANA, T. V. A.; AGUIAR, J. V.; JÚNIOR, R. R. C.; AQUINO, F. C.; JÚNIOR, J. H. C. B. **Dados Climatológicos: Estação de Fortaleza, 2003.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004.
- ALVES, J. M. B. **Recentes variações climáticas no Nordeste do Brasil com ênfase a precipitação: relações com o ENOS, Dipolo de Temperatura da Superfície do Mar no Atlântico Tropical e a Oscilação Decadal do Pacífico.** Revista de Geografia (UFPE) V. 29, No. 3, 2012
- ALVES, J.M.B.; REPELLI, C.A.; MELLO, N.G. **A pré-estação chuvosa no norte do Nordeste Brasileiro e sua relação com a temperatura dos oceanos adjacentes.** R. Bras. de Meteor, 1993.
- ALVES, J.M.B; REPELLI, C.A. **A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Niño/Oscilação Sul (ENOS).**Rev.Bras.de Meteorologia, 1992
- ALVES, K. P. O. **Estudo do comportamento da precipitação na cidade do Natal/RN do período de 1984 à 2010.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Anais GT05, 2005.
- ANJOS, B. L.; COSTA, A. M.; ANJOS, D. L. **Chuvas diárias em João Pessoa. Uma contribuição para a defesa civil.** XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET, 2006.
- ANJOS, R. J. **Aguaceiros em Recife – PE: Uma Climatologia de 36 ano.** Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998
- ANJOS, R. J. **Variabilidade das chuvas máximas em 24 horas no Recife – PE.** Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998
- BARROS, J. D.; FURTADO, M. L. S.; COSTA, A. M. B.; MARINHO, G. S.; SILVA, F. M. **Sazonalidade do vento na cidade de Natal/RN pela distribuição de Weibull.** Sociedade e Território, Natal, v.25, n.2, Edição especial, p.78-92, 2013.
- BJERKNES, J. **A Possible Response of Atmospheric Hadley Circulation to Equatorial Anomalies of Ocean Temperature.** Tellus, v. 18, p.820-829, 1966.
- BRANDÃO, R. L. **Sistema de informações para gestão e administração territorial da região metropolitana de fortaleza – Projeto SINFOR: Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza.** CPRM. 88 p. Fortaleza, Ceará, 1998.

CARVALHO, M. A. V.; OYAMA, M. D. **Variabilidade da largura e intensidade da Zona de Convergência Intertropical atlântica: aspectos observacionais.** Rev. bras. meteorol.. 2013, vol.28, n.3, p.305-316.

CORRÊA, A. C. B. N **Contribuição à análise do Recife como um geossistema urabano.** Revista de Geografia. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 23, n.3, 2006

DINIZ, J. M. T. **Variabilidade da Precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba.** HOLOS, V.3, Ano 29, 2013.

FERNANDEZ, J. P. R. F.; FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B. **Migração a zonda de convergência inter-tropical (ZCIT): um estudo com um modelo simples.** Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET, 2004.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região, Revista Brasileira de Climatologia, Vol.1, nº1,2005.**

FERREIRA, F. F. **Climatologia da precipitação na cidade de Recife.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTEC, 2016

FERREIRA, F. F. **Climatologia da precipitação na cidade do Recife.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC, 2016.

FERREIRA, N. S. **Zona de convergência intertropical;** Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/zcit_1.html> Acesso em: 22 jun. 2016.

HASTENRATH, S.; ELLER, L. **Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil.** Quartely Journal of the Royal Meteorological Society, 103, p77-92, 1977.

HU, Y.; LI, D.; LIU, J. **Abrupt seasonal variation of the ITCZ and the Hadley circulation.** Geophysical research letters, v.34, L18814, 2007.

IBGE (2016) **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=230440>> Acesso em: 20 jan.2017.

JÚNIOR, J. E. L.; SILVA, C. M. S. **Análise da precipitação pluviométrica em Natal/RN ia wavelets.** Anais do Congresso de Matematica Aplicada e Computacional, 2012.

KANIESKI, M. R.; SANTOS, T. L.; NETO, J. G.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. **Influência da Precipitação e da Temperatura no Incremento Diamétrico de Espécies Florestais Aluviais em Araucária-PR.** Floresta e Ambiente, 2012

LIMA, E. A.; FIRMINO, J. L. N.; FILHO, M. F. G. **A relação da previsão da precipitação pluviométrica e casos de dengue nos estados de Alagoas e Paraíba Nordeste do Basil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.3, 2008.

LIMA, F. J. P.; CAVALCANTI, E. P., SOUZA, E. P. **Avaliação do potencial eólico em cinco regiões do estado da Paraíba.** Revista de Geografia, v27, n.1, p.138-153, 2010.

LOMBARDO, M.A. **A Ilha de Calor nas Metrôpoles. O exemplo de São Paulo.SP,** Ed. Hucitic, 1985.

MACHADO FILHO, H.; MORAES, C.; BENNATI, P.; RODRIGUES, R. A.; GUILLES, M.; ROCHA, P.; LIMA, A.; VASCONCELOS, I. **Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil.** Estratégia do FIDA para o Brasil 2016-2021 e Série de Estudos sobre a Pobreza Rural, 2016.

MAGALHÃES, G. B.; ZANELLA, M. E. **Comportamento climático da região metropolitana de Fortaleza.** MERCATOE, Fortaleza, V.10, n.23, p.129-145, 2011.

MATEUS, A. E.; SILVA, D. F. S. COSTA, I. M.; L, J. R. F. **Perspectivas em variáveis meteorológicas para o estado do Ceará.** Revista Brasileira de Geografia Física, V.8, N.5, 2015.

MEDEIROS, B. C.; BARRETO, A. B.; OLIVEIRA, J. D. A.; ARAGÃO, M. R. S. **Análise quantitativa da variabilidade da chuva em João Pessoa – PB, em várias escalas de tempo.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, numero especial VIIWMCRHPE, p. 1748-1761, 2015.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A., SOUZA, P. P. **Zona de convergência intertropical do Atlântico.** In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J., SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 2, p. 25-41. ISBN 978-85-86238-92-5.

MELO, A. B. C.; NOBRE, P.; MELO, M. L. D.; SANTANA, S. C. **Estudo climatológico da posição da ZCIT no atlântico equatorial e sua influência sobre o Nordeste do Brasil.** In CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz do Iguaçu. Anais Foz do Iguaçu, SBMET, 2002.

MENDONÇA, F.; DANII-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MOLION, L. C. B; BERNARDO, S. O. **Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro,** Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000.

MOOURA, G. B. A.; ARAGÃO, J. O. R.; MELO, J. S. P.; SILVA, A. P. N.; GIONGO, P. R.; LACERDA, F. F. **Relação entre a Precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.4, p.462-469, 2009.

MOSCATI, M. C. L. **Variabilidade da Precipitação no Litoral Leste da Região Nordeste do Brasil.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE-5283-TDI/453, 1991.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J., **On the dynamics of the droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model.** Journal of the Atmospheric Science, v.38, n.12, p.2653-2673. 1981.

MOURA, G. B. A.; ARAGÃO, J. O. R.; MELO, J. S. P.; SILVA, A. P. N.; GIONGO, P. R.; LACERDA, F. F. **Relação entre a precipitação no leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos.** Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental, V. 13, n.4, p.462-469, 2009.

MOURA, I. J. M.; SANTOS, D. F. S.; PINHEIRO, F. G. M.; OLIVEIRA, C. J. **Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE).** Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 Ed. Especial SIC, p. 03–07, 2015.

OLIVEIRA, R. R. C.; SILVA, A. G. **Análise da tendência do regime de chuvas nas cidades de Mossoró-RN e Natal-RN de 1986 até 2007.** IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN, 2013.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L.; GARCIA, V. F. V. **Caracterização estatística de tendências climáticas em séries anuais de temperatura média e precipitação para as capitais estaduais do Brasil.** Revista GEINTEC, V.3, n.4, p.01-15, 2012.

PEREIRA, M. D. B. **As chuvas na cidade de João Pessoa: Uma abordagem genética.** Monografia (Graduação) Bacharelado em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

PEREIRA, M. D. B.; MONTEIRO, D. C. S.; SILVA, N. T.; MOURA, M. O. **Avaliação quantitativa das precipitações diárias intensas na cidade de João Pessoa, Paraíba.** Revista Geonorte, Edição Especial 2, v.1, n.5, p. 921-929, 2012

PFALTZGRAFF, P. A. S.; LEAL, O.; JUNIOR, L. C. S.; LINS, C. A. C.; SOUZA, F. J. C.; ACCIOLY, A. C. A.; SANTOS, A. S.; MELO, C. R.; MOREIRA, F. M.; ALMEIDA, I. S.; ARAÚJO, L. M. N.; ROCHA, D. E. G. A.; OLIVEIRA, R. G.; SHINZATO, E.; AMARAL, C. A.; FERREIRA, R. V.; MIRANDA, J. L. F.;ARRAES, C. E. S. **Sistema de informações geoambientais da região metropolitana do Recife.** Ministério de minas e energia, Secretaria de minas e metalúrgica, CPRM – Serviço geológico do Brasil, Superintendência regional do Recife, Recife, 2003.

PHILANDER, S. G. H.; GU, D.; HALPERN, D.; LAMBERT, G.; LAU, N. C.; Li, T.; PACANOWSKI, R. C. **Why the ITCZ is mostly north of the equator.** Journal of Climate, v. 9, p. 2958-2972, 1996.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. **Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, p.185-204, 2010.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. **Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, V.31, n.1, p.34-73, 2016

SANTO, A. R. S. E.; SILVA, C. M. S. **Características climáticas da cidade de Natal.** Parque da Cidade, V.2 – N.1, Novembro de 2016

SANTOS, D. N.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S.; SILVA, R. A. **Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.5, p.492-500, 2010.

SILVA, A. B.; ARAGÃO, M. R. S.; CORREIA, M. F.; SILVA, P. K. O. **Caracterização da variabilidade do vento no aeroporto internacional de Fortaleza, Ceará. Parte 1: Análise da direção.** Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET, Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET, 2010.

SILVA, B. B.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P.; DANTAS, R. T. **Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.431-439, 2002.

SILVA, G. R. **Características de vento da região Nordeste.** Dissertação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia mecânica da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, 2003.

SILVA, P. K. O.; ARAGÃO, M. R. S.; CORREIA, M. F. ; SILVA, A. B. **Caracterização da variabilidade do vento no aeroporto internacional de Fortaleza, Ceará. Parte 2: Análise da velocidade.** Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET, Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET, 2010.

SILVA, P. K. O.; BRAGA, C. C.; ARAGÃO, M. R. S.; SANTOS S. A. **Análise de agrupamento: Estudo de padrões do vento à superfície no litoral Nordeste do Brasil.** Sociedade Brasileira de Meteorologia – SBMET, Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET, 2010.

SILVA, V. P. R. **On climate variability in Northeast of Brazil** Journal of Arid Environments, n.58, p. 575–596, 2004.

SOUSA FILHO, M. R. **Estudo do comportamento dos ventos na cidade de Fortaleza nos últimos trinta e cinco anos: 1974 – 2009 (RESULTADOS PRELIMINARES).** Anais XVI Encontro Nacional dos Geógrafos – ENG, Porto Alegre, 2010

SOUZA, V. S. **Mapa climático urbano da cidade de João Pessoa – PB.** Dissertação, Programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo – UFPB, 2010

SOUZA, W. M. S.; AZEVEDO, P. V. **Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE.** Revista Brasileira de Geografia Física 01, 2012.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. **Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: Mudanças climáticas e variabilidade?** Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 462-472, 2009.

TEIXEIRA, R. F. B. **O fenômeno da Brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza - CE.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.3, p.282-291, 2008.

TOMCZAK, MATTHIAS & J STUART GODFREY: **Regional Oceanography: An Introduction** 2nd Edn (2003)

WALISER, D. E.; GAUTIER, C. A **Satellite-derived Climatology of the ITCZ.** Journal of Climate, v.6, 1993

ZANELLA, M. E. **As características climáticas urbanas em Fortaleza/CE.** In **Anais IX Congresso Brasileiro de meteorologia.** Campos do Jordão: SBMET, 1996.