

## **II.5.1- MEIO FÍSICO**

### **II.5.1.1 - Meteorologia**

#### **A) Introdução**

O clima da porção norte da Região Nordeste do Brasil é regido pela dinâmica atmosférica característica da Zona Equatorial da Terra, a qual é fortemente modulada e modificada pelos padrões termodinâmicos sobre as Bacias dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais. Do ponto de vista climático, a região Nordeste do Brasil é considerada semi-árida por apresentar substanciais variações temporal e espacial da precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas ao longo do ano (Azevedo *et. al.*, 1998).

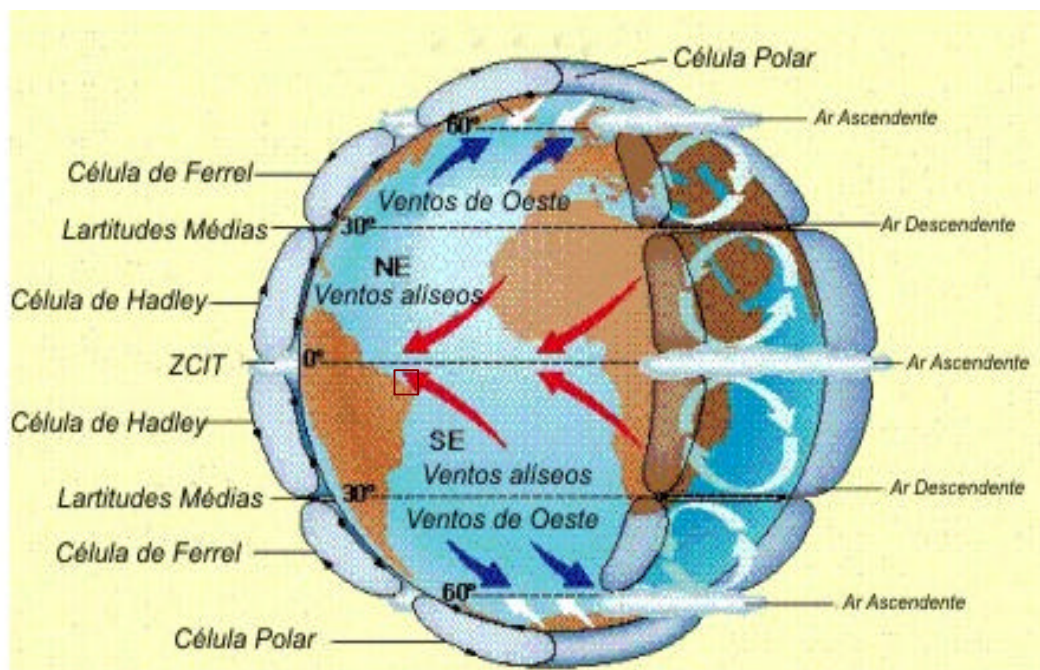
Os aspectos da dinâmica atmosférica global e regional serão abordados teoricamente neste texto como forma de permitir o entendimento de seus efeitos sobre os elementos climáticos e meteorológicos e sobre os demais sistemas ambientais na área de influência das atividades no Campo de Siri. A caracterização meteorológica será implementada através da análise de dados primários, oriundos da implementação de programas de monitoramento ambiental na região, e de climatologias regionais disponíveis em literatura e de informações obtidas por sensores remotos, visando retratar o comportamento padrão dos parâmetros considerados, condições médias e extremas e intercorrelações.

#### **B) Aspectos gerais**

O clima de qualquer região do planeta é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. Esta resulta, em última instância, do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição de oceanos e continentes, e do relevo sobre os continentes. Padrões de circulação gerados na atmosfera redistribuem calor, umidade e quantidade de movimento por todo o globo, agindo no sentido de atenuar as variações regionais de elementos climáticos como temperatura e precipitação, os quais têm enorme influência nas atividades humanas (INPE, 1986).

A dinâmica da atmosfera é governada por diferenças de densidade das massas de ar, as quais são causadas pelo aquecimento desigual do planeta. Se a Terra fosse um corpo celeste estacionário, por exemplo, existiria um único tipo de circuito atmosférico de grande escala, onde os fluxos de ar deslocar-se-iam entre altas e baixas latitudes, transportando calor da Zona Equatorial, onde o aquecimento é maior devido à maior incidência da radiação solar, para as Zonas Temperadas e Polares, menos expostas.

Como consequência do movimento de rotação do planeta, e do fato de a atmosfera estar livre sobre a superfície, observa-se uma aparente deflexão dos fluxos de ar em todos os níveis atmosféricos. Essa deflexão, conhecida como efeito de Coriolis, age no sentido de desviar qualquer movimento sobre a superfície do planeta para a direita, no Hemisfério Norte, e para a esquerda no Hemisfério Sul, sendo responsável, portanto, pelo desenvolvimento do padrão de circulação atmosférica de larga escala como ilustrado na Figura II.5.1.1-1.



**Figura II.5.1.1-1:** Padrão global de circulação atmosférica gerado pelo efeito da rotação da Terra, demonstrando o funcionamento das principais células de circulação. Região do Campo de Siri indicada pelo polígono vermelho. Fonte: Geoserv (1999).

Dentre as células de circulação existentes, a de Hadley se faz influente no clima da Região Nordeste do Brasil, onde se localiza o Campo de Siri. Nessa área, como pode ser visto na Figura II.5.1.1-1, o ar aquecido na Região Equatorial eleva-se ao nível do topo da troposfera, localizado a cerca de 14 km de altitude, e passa a deslocar-se horizontalmente em direção às altas latitudes, em ambos hemisférios. A deflexão provocada pela Força de Coriolis atinge o máximo à cerca de 30° de latitude, quando o fluxo de ar na atmosfera superior torna-se predominantemente zonal, no sentido de oeste para leste, gerando uma convergência de ar sobre a região e um empilhamento das massas de ar.

Como consequência desse empilhamento, centros de alta pressão atmosférica são formados sobre a Zona Subtropical, resultando em um movimento descendente dos fluxos atmosféricos. Uma vez na superfície, essas massas de ar mais frias e densas deslocam-se para os centros de baixa pressão, em direção aos Círculos Polares e à Zona Equatorial, fechando as células de Hadley em ambos hemisférios. Desviados para oeste pelo efeito de Coriolis, os fluxos superficiais em direção ao Equador, conhecidos de ventos alísios de sudeste no Hemisfério Sul, e de alísios de nordeste no Hemisfério Norte, convergem na chamada Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT), situada próxima à faixa equatorial, de grande importância para a climatologia da região em estudo, como será exposto adiante.

Segundo Uvo (1996), quatro mecanismos principais governam o regime de chuvas na Região Nordeste do Brasil: o Padrão Dipolo do Atlântico, a Zona de Convergência Intertropical sobre o Oceano Atlântico; Eventos El Niño-Oscilação Sul na Bacia do Oceano Pacífico e Vórtices Ciclônicos de Ar Superior. Além destes, vale destacar influência de fenômenos de menor escala, tais como: as Linhas de Instabilidade, as Brisas Marítima e Terrestre e os Complexos Convectivos de Mesoescala.

## **B.1) Padrão Dipolo do Atlântico**

O modo de variabilidade oceano-atmosfera de grande escala dominante sobre a bacia do Atlântico Tropical, conhecido como Padrão Dipolo do Atlântico (Hastenrath & Heller, 1977; Uvo *et al.*, 1994), caracteriza-se pela manifestação simultânea de anomalias de temperatura da superfície do mar, configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as bacias norte e sul do Oceano Atlântico Tropical. Esse padrão térmico inverso gera, conseqüentemente, um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico sobre o Atlântico Equatorial (Wagner, 1996) que, por sua vez, exerce influência no deslocamento norte-sul da ZCIT (Hastenrath & Greischar, 1993).

Quando as águas superficiais do Atlântico Norte estão mais frias que as do Atlântico Sul, a pressão atmosférica é relativamente maior sobre a bacia norte desse oceano, provocando a intensificação dos ventos alísios de nordeste e o enfraquecimento da componente meridional dos alísios de sudeste. Como conseqüência, dá-se o deslocamento da ZCIT em direção às latitudes sul. Esse padrão, chamado de Dipolo Negativo do Atlântico, é favorável às chuvas para o setor norte do Nordeste do Brasil, como visto por Souza (1997) e Souza *et al.*, (1998, 1999). No chamado Dipolo Positivo do Atlântico, ocorre exatamente o contrário. Conforme os resultados de Xavier & Xavier (1999), a maior pressão atmosférica sobre o Atlântico Sul, decorrente da menor temperatura relativa à superfície, impede que a ZCIT desça abaixo da linha do Equador pela intensificação dos alísios de sudeste, influenciando negativamente no volume de chuvas no NEB.

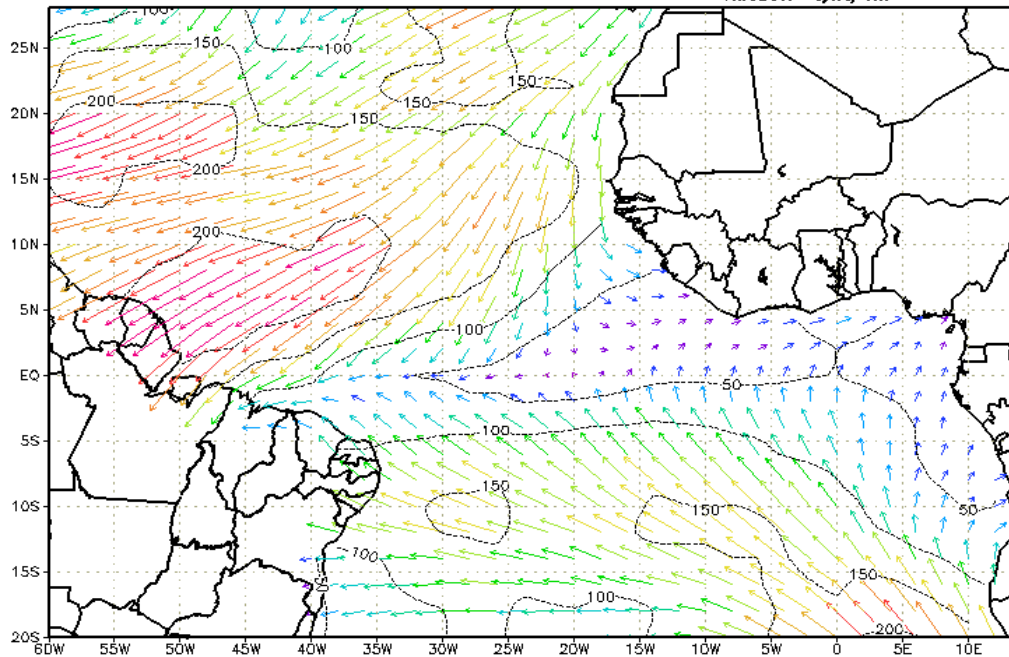
Como efeito da interação dos fenômenos meteorológicos das Bacias do Atlântico e do Pacífico, observa-se que o fenômeno El Niño é um dos responsáveis pela redução das chuvas no NEB, principalmente quando ocorre simultaneamente com o Dipolo Positivo do Atlântico. Por outro lado, em uma situação de Dipolo Negativo, juntamente com águas do Pacífico cujas temperaturas estão normais ou abaixo da média, observa-se chuva abundante na região (Alves *et al.*, 1997).

De forma geral, em anos nos quais se verificam anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nas bacias dos Oceanos Atlântico e Pacífico, a célula de Hadley, que atua no sentido meridional, e a célula de Walker, que atua no sentido zonal, são perturbadas, causando fortes anomalias na circulação atmosférica sobre os trópicos (Uvo, 1996). Visto que essas células são deslocadas de suas posições dimatológicas, o posicionamento da ZCIT também é alterado e, conseqüentemente, a intensidade e duração do período chuvoso dessa região também são afetadas.

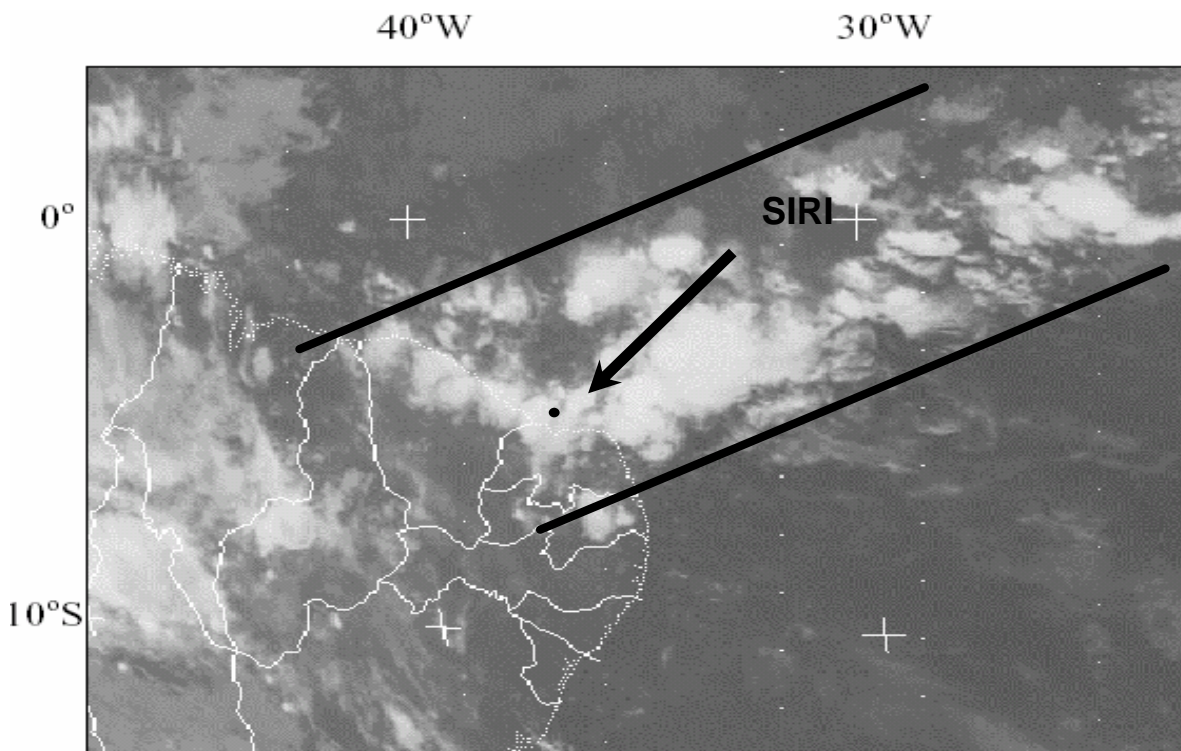
### ***B.2) Zona de Convergência Intertropical***

A Zona de Convergência Intertropical, ou simplesmente ZCIT, é o sistema meteorológico mais importante na ocorrência de chuvas na porção norte do Nordeste do Brasil (Hastenrath, 1990), estando a estação chuvosa desta região associada à presença desta feição.

Caracterizada como uma banda de nuvens cumuliformes circundando a faixa equatorial do globo terrestre (Figuras II.5.1.1-2, e II.5.1.1-3), a ZCIT é formada pela ascensão de massas de ar quente e úmido, típico da região intertropical, resultante da confluência em baixos níveis dos ventos alísios de nordeste provenientes do hemisfério norte, com os alísios de sudeste do hemisfério sul, que se resfriam e perdem sua umidade através da precipitação ao longo de seu deslocamento para níveis superiores da atmosfera. Trata-se, portanto, de uma região de baixa pressão atmosférica, máximas temperaturas da superfície do mar e cobertura de nuvens, intensa atividade convectiva e forte precipitação, embora tais características não se apresentem, necessariamente, sobre a mesma latitude ao mesmo tempo.



**Figura II.5.1.1-2:** Eixo de confluência dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste – ZCIT. Fonte: Apostila do Curso de Meteorologia da FUNCEME, 1997.



**Figura II.5.1.1-3:** Imagem do satélite METEOSAT 5, setorizada, no canal infravermelho, ilustrativa da ZCIT (entre as faixas pretas) influenciando o setor norte do NEB em 15/03/94 às 18:00 TMG. Fonte: EUMETSAT (2005).

Outra característica importante da ZCIT diz respeito à sua migração sazonal entre os dois hemisférios. Posicionada aproximadamente em 14°N entre agosto e outubro, a zona de convergência desloca-se meridionalmente para a posição mais ao sul, entre 2° e 4°S, onde permanece de fevereiro a abril. Esse deslocamento está relacionado à existência de um gradiente meridional de pressão atmosférica sobre o Oceano Atlântico Tropical, resultante da diferença de temperatura da superfície do mar entre as bacias norte e sul deste oceano, conforme observado em estudos como de Uvo (1989).

### ***B.3) Eventos El Niño-Oscilação Sul na Bacia do Oceano Pacífico***

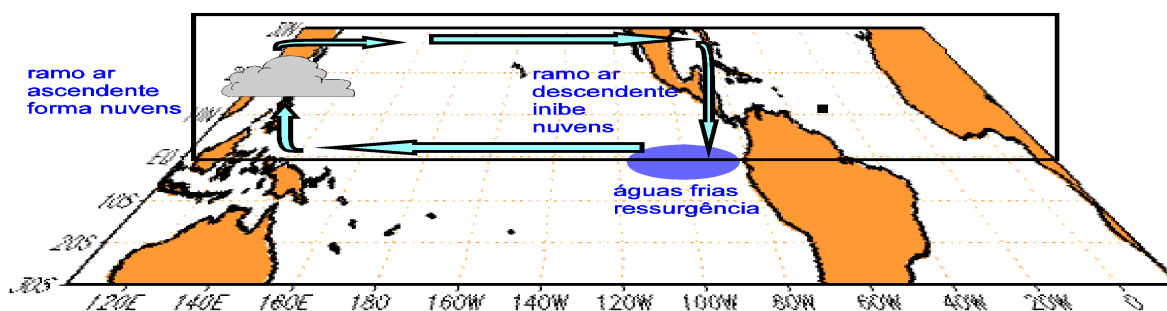
O termo El Niño define uma anomalia do sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Tropical com amplos efeitos sobre o clima global. Em anos de El Niño, caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais da bacia centro-leste do Pacífico, toda a convecção na faixa equatorial se desloca para o leste, alterando, assim, o posicionamento da Célula de Walker.

Sob condições normais, como ilustrado pela Figura II.5.1.1-4, observa-se o ramo ascendente da Célula de Walker (favorável à formação de densas nuvens convectivas) sobre o Pacífico oeste-equatorial, onde se tem águas quentes e pressões atmosféricas relativamente baixas. Por outro lado, sobre a região do Pacífico Leste, próximo à costa Ocidental da América do Sul, onde se verifica a presença de águas frias e pressões altas, manifesta-se o ramo subsidente desta célula, o qual é inibidor da formação de nuvens. Em episódios de El Niño (Figura II.5.1.1-5), o ramo ascendente da Célula de Walker desloca-se para o Pacífico Leste devido ao aquecimento de suas águas superficiais, provocando subsidência sobre a bacia centro-oeste e também sobre o Atlântico Equatorial, incluindo a Amazônia Oriental e norte da região Nordeste.

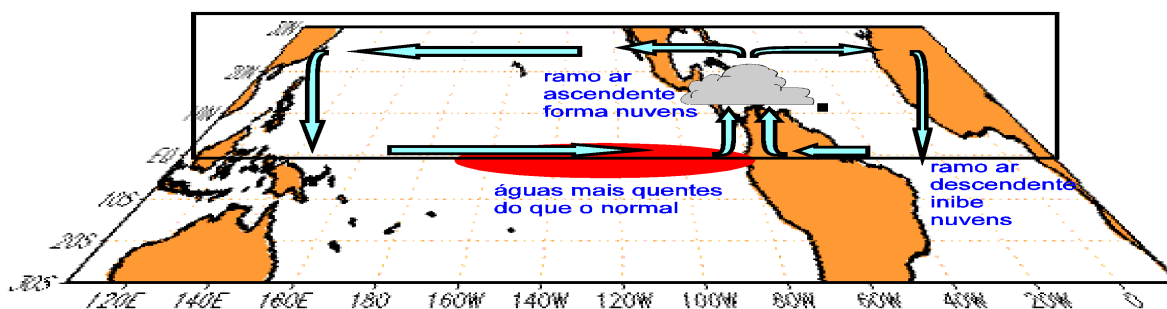
Dependendo da intensidade dessa célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação e deslocamento da Zona de Convergência Intertropical para sobre o NEB, o qual é mecanismo indutor de precipitação na região (FUNCEME, 1997).

Embora a ocorrência do El Niño seja uma das principais responsáveis pela deficiência de chuvas no Nordeste Brasileiro, no qual o Campo de Siri está

totalmente inserido, o padrão de temperatura da superfície do mar sobre as bacias norte e sul do Oceano Atlântico tem papel determinante e constante na qualidade da estação chuvosa do NEB, como discutido em seguida.



**Figura II.5.1.1-4:** Esquemática da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (Célula de Walker) sobre a Bacia do Pacífico Tropical, em condições normais. Fonte: Monitor Climático/Boletim de Monitoramento Climático – Edição Especial, 1997.



**Figura II.5.1.1-5:** Esquemática Célula de Walker modificada em associação ao episódio El Niño sobre o Oceano Pacífico. Fonte: Monitor Climático/Boletim de Monitoramento Climático – Edição Especial, 1997.

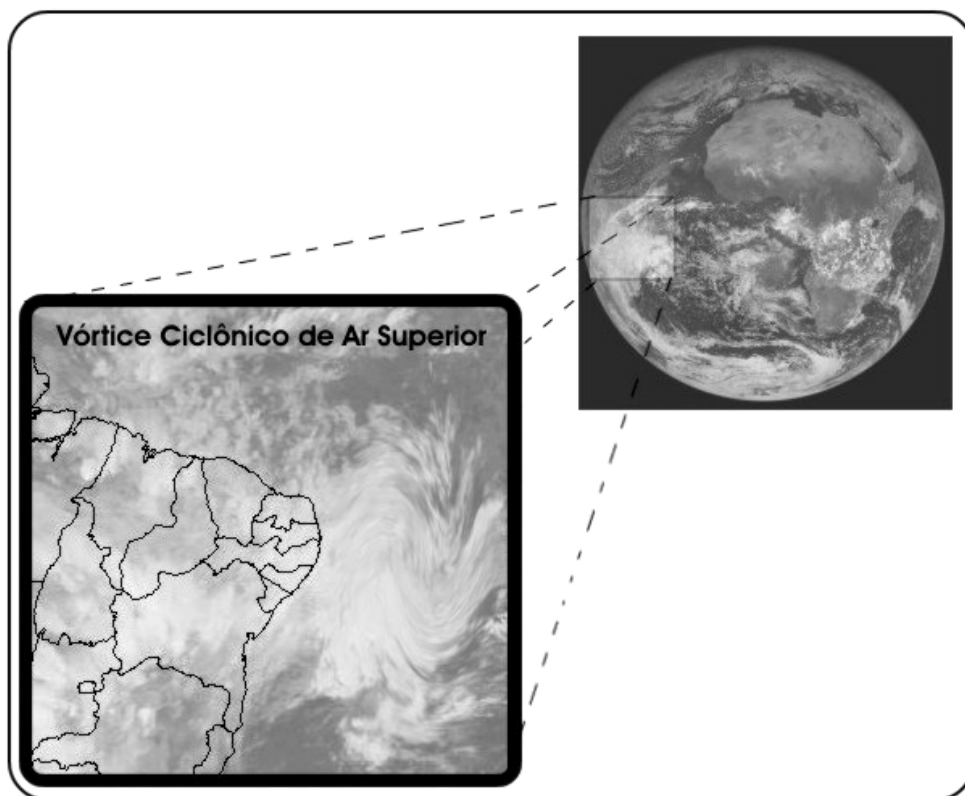


#### **B.4) Vórtices Ciclônicos de Ar Superior**

Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) são conjuntos de nuvens que, observados pelas imagens de satélite, tem a forma aproximada de um círculo girando no Hemisfério Sul no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e, no centro, há movimentos descendentes de ar, os quais aumentam a pressão atmosférica local, inibindo a formação de nuvens e, conseqüentemente, a precipitação (Figura II.5.1.1-6).

Os VCAS que penetram na Região Nordeste do Brasil formam-se sobre Oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e têm trajetória normalmente de leste para oeste, conforme demonstrado por Gan & Kousky (1982). O tempo médio de vida desses sistemas varia, em média, entre 7 a 10 dias. A maioria dos vórtices ciclônicos de ar superior estão confinados acima de 5000m de altura, pois cerca de 60% não atingem o nível de 700 hPa e em torno de 10% atingem a superfície (Frank, 1966 *appud* Climanálise – CPTEC, 1996). Os ventos são fracos nos níveis baixos e médios, aumentando sua velocidade com a altura e atingindo velocidade máxima em torno de 200 hPa.

Os vórtices ciclônicos são caracterizados por um movimento descendente de ar frio e seco no seu centro e um movimento ascendente de ar quente e úmido na sua periferia, possuindo, portanto, uma circulação direta.



**Figura II.5.1.1-6:** Imagem Meteosat do dia 15/12/2000 (no canal visível) identificando o Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS).

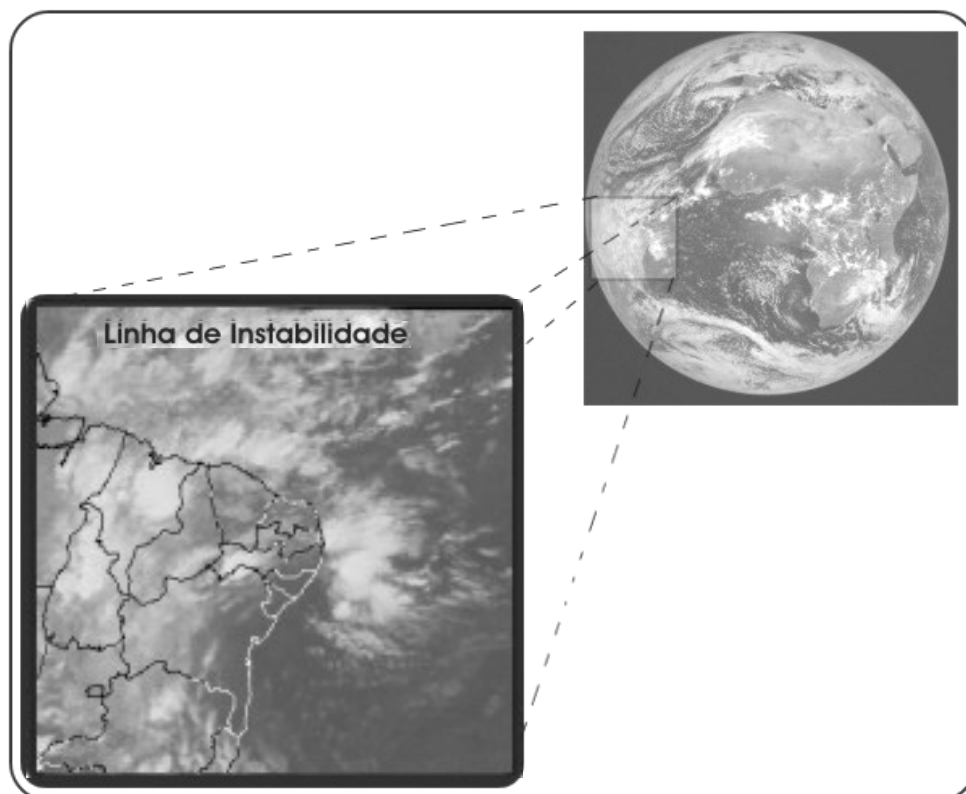
Fonte: EUMESAT (2005).

### **B.5) Linhas de Instabilidade**

Também chamadas de Linhas de Atividade Convectiva, as Linhas de Instabilidade (LI) são caracterizadas pelo desenvolvimento de bandas de nuvens cumulonimbus, organizadas em forma de linha ao longo do litoral e proximidades (Figura II.5.1.1-7). Nesta região, são formadas pela convergência do ar em baixos níveis, geralmente associadas à influência da brisa marítima, e incrementadas pela proximidade da ZCIT.

As Linhas de Instabilidade, presentes no nordeste, desenvolvem-se durante o verão e o outono, mais precisamente nos meses de fevereiro a maio, quase sempre ao sul da Linha do Equador, no período da tarde e início da noite (Cavalcanti, 1982), provocando chuvas intensas na faixa litorânea norte do Nordeste (Aridas, 1994). Podemos citar como as Linhas de Instabilidade podem afetar tanto a área de influência direta como a área de influência indireta, com o

caso de março de 1986, quando, no Ceará, o total de precipitação mensal foi superior a 500 mm, aproximadamente o dobro da média, o que provocou inundações em muitas localidades (Climanálise – CPTEC, 1996).

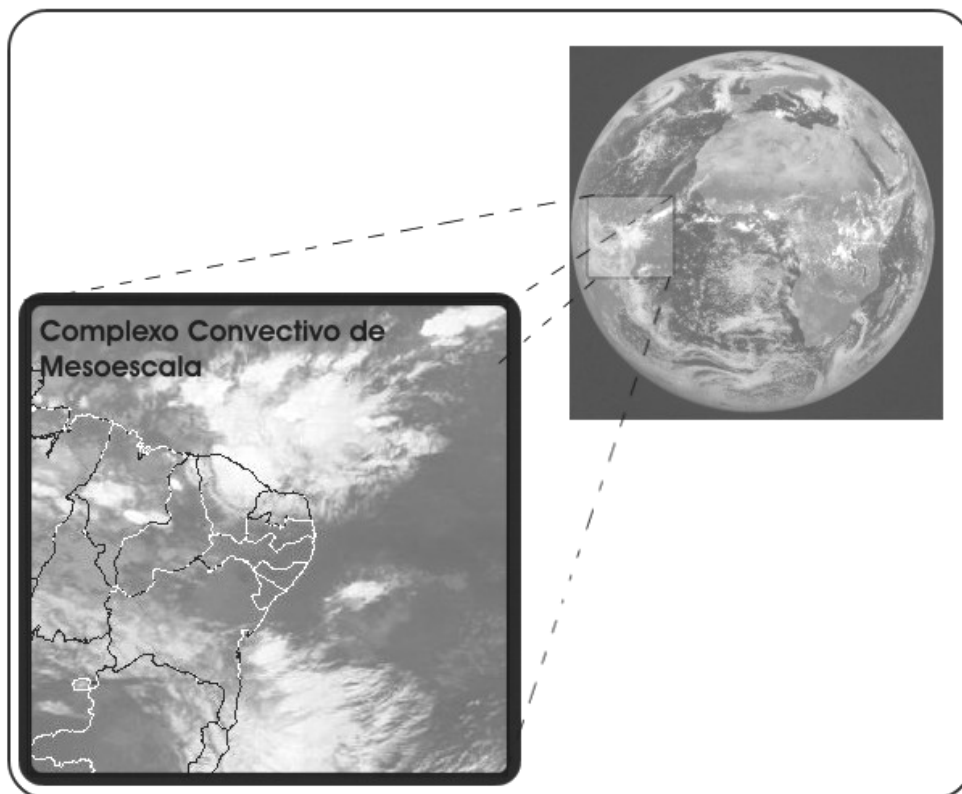


**Figura II.5.1.1-7:** Imagem Meteosat do dia 05/03/1996 (no canal visível) identificando a feição Linha de Instabilidade (LI). Fonte: EUMESAT (2005).

### **B.6) Complexos Convectivos de Mesoescala**

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são aglomerados de nuvens, como visto na Figura II.5.1.1-8, que se formam devido a condições locais favoráveis, tais como temperatura, relevo e pressão, e provocam chuvas fortes de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento. Os CCMs na região subtropical ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e de verão do Hemisfério Sul, formando-se no período noturno, com um ciclo de

vida entre 10 a 20 horas (Souza *et al.*, 1998). As chuvas associadas a esse fenômeno meteorológico ocorrem, normalmente, de forma isolada.



**Figura II.5.1.1-8:** Imagem Meteosat do dia 24/04/1997, 12:00 GMT, no canal visível, identificando o aglomerado de nuvens característico do Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM). Fonte: EUMESAT(2005).

### **B.7) Brisas Marítima e Terrestre**

As brisas consistem em fenômenos de escala de tempo diária, originados pelo efeito do aquecimento diferenciado entre oceano e continente. A maior capacidade da água em reter calor traduz-se em uma menor variação diária de temperatura em relação à massa continental adjacente, provocando gradientes de pressão atmosférica variáveis sobre a região costeira. De uma forma geral, as brisas marítimas ocorrem durante o dia quando a incidência da radiação solar proporciona um rápido aquecimento do solo e gera baixa pressão atmosférica

sobre o continente, ao passo que as brisas terrestres, por sua vez, sopram em direção ao mar durante a noite, quando a maior temperatura relativa do oceano desloca a alta pressão para o continente. Este sistema de ventos é bastante importante nas áreas tropicais do globo uma vez que a umidade transportada pelas brisas marinhas tem grande influência na pluviosidade de regiões costeiras.

### **C) Caracterização Meteorológica**

É apresentada a seguir, para a área de influência das atividades no Campo de Siri, uma descrição detalhada dos seguintes parâmetros meteorológicos: precipitação, evaporação, temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica e regime de ventos.

Foram utilizadas nesta caracterização informações contidas na base estatística do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1992), construídas a partir de séries históricas coletadas por estações meteorológicas próprias entre os anos de 1961 e 1990, em respeito às seguintes localidades: Jaguaruana, no Estado do Ceará; Mossoró, Macau e Ceará Mirim, no Estado do Rio Grande do Norte. Também é utilizada a análise de uma série contínua de registros horários de intensidade e direção do vento, temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica, perfazendo um período de aproximadamente 34 meses, oriunda de estação aerológica pertencente à Petrobrás na localidade de Praia de Minhoto, Rio Grande do Norte, em região litorânea adjacente ao Campo de Siri (PETROBRAS, 2005).

As posições das localidades citadas estão listadas a seguir, na Tabela II.5.1.1-1, e representadas no mapa da Figura II.5.1.1-19, ao final desta seção.

Adicionalmente, as análises relativas ao regime de ventos na área em estudo são complementadas por climatologias mensais de vento elaboradas com base em informações extraídas de bases de dados globais e de observações feitas por sensores remotos instalados em satélites de pesquisa.

**Tabela II.5.1.1-1:** Informações de posição das localidades da base do INMET da e estação aerológica utilizadas neste estudo .

LOCALIDADE	LATITUDE	LONGITUDE
Jaguaruana – CE	04,47° S	37,36° W
Ceará Mirim – RN	05,39° S	35,25° W
Macau – RN	05,07° S	36,38° W
Mossoró – RN	05,11° S	37,20° W
Estação Praia do Minhoto – RN	05,09° S	36,38° W

### C.1) Precipitação

A precipitação pluviométrica é a variável meteorológica que estabelece as condições climáticas na Região Nordeste do Brasil (NEB), definindo-a em duas estações: chuvosa e seca (Projeto Áridas, 1994), e permitindo determinar também regiões climáticas homogêneas. A maior parte do total pluviométrico anual observado sobre a região concentra-se em quatro meses do ano, de fevereiro a maio, os quais compreendem a estação chuvosa principal no setor setentrional dessa região (Souza *et. al*, 1999).

As médias pluviométricas mensais mais significativas para as localidades de Jaguaruana e Mossoró, entre os anos de 1961 a 1990 (Tabela II.5.1.1-2), ocorrem entre os meses de fevereiro e maio, confirmando este período como a estação chuvosa principal da região, recebendo médias anuais de 906.1 mm e 765.8 mm, respectivamente. De acordo com a série de dados, Ceará Mirim-RN experimenta um período chuvoso mais extenso, de fevereiro a julho, e recebe uma média anual de chuva de 1261.1 mm.

**Tabela II.5.1.1-2:** *Dados de precipitação mensal e anual médios (em mm) para as localidades da base do INMET.*

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
<b>Jaguaruana-CE</b>	29,6	123,4	231,2	181,3	115,2	55,1	45,7	54,8	47,8	3,3	1,2	17,5	<b>906,1</b>
<b>Ceará Mirim-RN</b>	53,9	109,4	187,8	204,5	172,2	173,3	160	80,5	48,8	18,7	17,5	34,5	<b>1261,1</b>
<b>Macau-RN</b>	31,7	66,9	136,7	169,4	100,7	36,5	29,2	7,9	5,1	1	3,4	11,2	<b>599,7</b>
<b>Mossoró-RN</b>	59,2	106	151	195,1	112,5	51,6	42,9	10	6,5	2,3	3	25,7	<b>765,8</b>

Fonte: “Normais Climatológicas – Série 1961/1990” (INMET, 1992)

Teixeira (1990), utilizando dados horários da estação meteorológica da FUNCEME (3.73° S, 38.53° W) do período compreendido entre os anos de 1974 a 1987, concluiu que a maior parte das chuvas, em todos os meses do ano, ocorre durante a madrugada e no período da manhã, evidenciando que o fenômeno das brisas exerce influência na precipitação. A brisa terrestre, que apresenta sua maior intensidade no período da madrugada e início da manhã, parece, portanto, ter servido de mecanismo de contribuição em muitas das precipitações ocorridas no período estudado.

### **C.2) Evaporação Total**

O parâmetro evaporação apresenta comportamento inverso ao da precipitação, como pode ser observado nos gráficos apresentados na Figura II.5.1.1-9, uma vez que os fatores que o regem consistem nos mesmos sistemas meteorológicos controladores da chuva na região. É possível observar pelas taxas médias mensais de evaporação para a série temporal de 1961 a 1990 (Tabela II.5.1.1-3), que os valores observados são menores durante o período compreendido entre os meses de fevereiro a maio, ou seja, durante a estação chuvosa principal da região. De um modo geral, a evaporação aumenta significativamente entre os meses de junho e agosto, atingindo um pico máximo entre setembro e novembro, e decrescendo nos meses seguintes. Tal incremento de evaporação está relacionado à intensificação dos ventos alísios de sudeste provocados pelo deslocamento do Sistema de Alta Pressão do Atlântico Tropical.

Macau é a localidade com o menor total pluviométrico (599,7mm), e apresenta a maior taxa de evaporação média anual (2322,6 mm). Com exceção do mês de abril, as taxas mensais de evaporação superam as taxas de precipitação (Figura II.5.1.1-9) nessa estação. Para as localidades de Jaguaruana e Mossoró, as respectivas taxas de evaporação média mensal e sua variação ao longo do ano são bastante semelhantes entre si, e estão de acordo com o padrão descrito no parágrafo anterior. Em Jaguaruana, os menores valores para evaporação correspondem aos meses de maior pluviosidade local, verificados em março e abril.

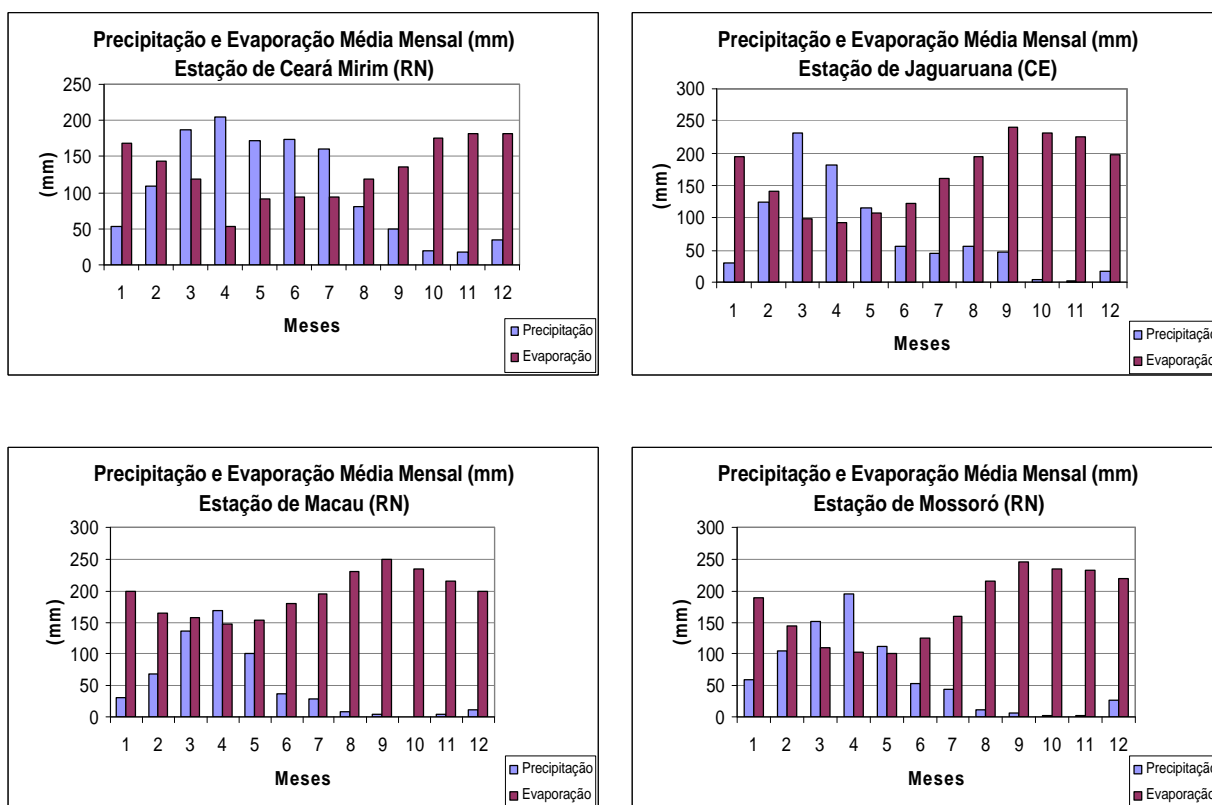
Com base no índice hídrico de -39,04, calculado para os dados da localidade de Macau a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) – que leva em conta o excedente e a deficiência anual hídrica e a evapotranspiração potencial – a classificação climática proposta por Thornthwaite (1948) descreve o clima da região como semi-árido (faixa de valores entre -20 e -40).

**Tabela II.5.1.1-3:** Dados de Evaporação Média Mensal (em mm) para as localidades da base do INMET.

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	195,6	142,5	98,0	91,7	107,0	121,5	161,2	195,1	240,2	230,4	224,9	196,5	<b>2004,6</b>
Ceará Mirim-RN	168,1	142,8	119,0	54,0	90,8	93,1	93,6	118,6	134,9	176,3	181,3	181,0	<b>1553,5</b>
Macau-RN	199,9	163,3	157,3	146,3	153,8	180,4	195,0	229,5	249,1	234,4	214,1	199,5	<b>2322,6</b>
Mossoró-RN	188,3	145,3	110,0	103,6	101,7	125,0	159,3	214,7	244,3	235,0	231,5	218,9	<b>2077,6</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)





**Figura II.5.1.1-9:** Gráficos comparativos dos valores médios mensais de Evaporação (colunas em vermelho) e Precipitação (colunas em azul) para as localidades da base do INMET (dados de 1961 e 1990).

### C.3) Temperaturas Média, Máxima e Mínima

Os parâmetros temperatura média mensal do ar e médias mensais dos máximos e mínimos diários, apresentados nas Tabelas II.5.1.1-4, II.5.1.1-5 e II.5.1.1-6, respectivamente, descrevem comportamento similar em toda a região descrita pelas localidades deste estudo. De um modo geral, são evidentes baixas amplitudes térmicas anuais e menores temperaturas médias entre o fim da estação chuvosa (junho e julho) e o fim do ano, quando os valores voltam a crescer. Os gráficos correspondentes a essas variações estão apresentados na Figuras II.5.1.1-10. Já as Tabelas II.5.1.1-7 e II.5.1.1-8 revelam os valores mínimos e máximos observados de temperatura nestas localidades.

**Tabela II.5.1.1-4: Dados de Temperatura Média Mensal (em °C) para as localidades da base do INMET.**

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	27,9	24,0	26,9	26,9	25,2	26,1	26,0	26,4	27,3	27,5	28,1	26,0	<b>26,5</b>
Ceará Mirim-RN	26,4	26,5	26,3	26,1	25,4	25,2	24,0	24,2	23,4	24,7	25,9	26,3	<b>25,4</b>
Macau-RN	27,5	28,6	27,4	28,2	27,0	26,4	25,0	26,2	26,6	26,9	25,7	26,7	<b>26,8</b>
Mossoró-RN	26,8	25,0	27,3	27,3	27,0	26,7	26,5	27,1	27,7	28,1	28,3	28,7	<b>27,2</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)

**Tabela II.5.1.1-5: Valores médios mensais para Temperatura Máxima Diária (em °C) para as localidades da base do INMET.**

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	33,8	32,9	29,4	31,8	32,0	31,5	32,0	33,2	34,0	34,1	34,0	33,7	<b>32,7</b>
Ceará Mirim-RN	31,4	31,3	31,0	30,6	29,7	28,8	28,3	29,1	29,5	30,4	31,0	31,3	<b>30,2</b>
Macau-RN	31,2	31,3	31,3	31,4	29,0	31,2	30,9	31,8	30,9	31,1	31,1	31,5	<b>31,1</b>
Mossoró-RN	34,1	33,3	32,6	32,3	32,3	32,3	32,5	33,8	34,4	34,6	34,6	34,4	<b>33,4</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)

**Tabela II.5.1.1-6: Dados de valores médios mensais para Temperatura Mínima Diária (em °C) para as localidades da base do INMET.**

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	23,7	23,5	23,5	23,4	22,9	21,8	21,2	21,1	21,8	22,6	23,8	23,5	<b>22,7</b>
Ceará Mirim-RN	22,1	24,4	22,6	22,6	22,0	21,4	20,7	20,5	20,6	21,1	21,5	22,0	<b>21,8</b>
Macau-RN	22,8	24,1	23,6	23,1	22,8	20,3	20,4	21,0	20,3	21,9	22,1	22,9	<b>22,1</b>
Mossoró-RN	23,7	23,5	23,3	23,2	22,8	21,9	21,6	21,3	21,9	22,8	23,2	23,6	<b>22,7</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)

Ceará-Mirim e Macau, embora possuam níveis distintos de pluviosidade, apresentam curvas de temperatura média de acordo com o comportamento deste parâmetro descrito para a região, com respectivas amplitudes térmicas de 3,1°C e 3,6°C. A maior temperatura média é observada em fevereiro para ambas as localidades, 26,4°C para Ceará Mirim e 28,6°C para Macau, e as mínimas situam-se em julho para Macau, 25°C, e setembro para Ceará Mirim, 23,4°C. Em Macau, enquanto a curva de temperatura mínima segue a tendência mostrada pela linha de temperatura média e apresenta grande variação ao longo do ano, em torno de 3,8°C, a temperatura máxima varia menos, ficando em torno de 31°C e com amplitude de 2,8°C. As menores médias de temperatura mínima ocorrem em junho e setembro para Macau, 20,3°C, e em agosto para Ceará Mirim, 20,5°C. Nessa localidade, a maior média de temperatura máxima ocorre no mês janeiro, 31,4°C, enquanto que em Macau o valor máximo é registrado em agosto (31,8°C). As temperaturas mínimas absolutas ocorreram em julho para ambas as estações: no ano de 1974 para Ceará-Mirim (16,3°C) e em 1964 em Macau (17,3°C). As máximas absolutas para essas localidades ocorreram em março/1988 para Ceará-Mirim (34,1°C) e fevereiro/1985 para Macau (36,8°C).

Mossoró e Jaguaruana apresentam comportamentos semelhantes quanto ao parâmetro temperatura durante o ano. Embora o período de declínio da temperatura média em ambas localidades seja entre maio e julho (coincidindo com o fim da estação chuvosa na região), com suave aumento a partir de agosto, os valores médios mínimos são observados no mês de fevereiro, sendo de 25°C para Mossoró e de 24°C para Jaguaruana. A amplitude de variação da temperatura média durante o ano para estas estações é de 3,7°C e 4,1°C, respectivamente. Os valores médios mensais de temperatura mínima são bastante semelhantes nas duas localidades, e as médias anuais são idênticas, de 22,7°C. Ambas registram os menores valores de temperatura mínima em agosto, sendo de 21,1°C em Jaguaruana e 21,3°C em Mossoró. Os valores médios de temperatura máxima mostram tendências semelhantes de aumento a partir de setembro, apesar de Jaguaruana apresentar redução abrupta no mês de março. As duas localidades registram as maiores médias mensais de temperatura máxima entre os meses de setembro e novembro: em torno de 34,0°C para Jaguaruana e 34,5° para Mossoró, com as respectivas amplitudes de variação de

4,4°C e 2,3°C. As duas localidades registraram a temperatura máxima absoluta no mês de fevereiro: no ano de 1984, em Jaguaruana (37,5°C), e em 1982, para Mossoró (38,3°C). Já a temperatura mínima absoluta ocorreu em junho de 1982, em Jaguaruana (16,9°C), e em abril de 1976, em Mossoró (16,2°C).

**Tabela II.5.1.1-7:** Dados de Temperatura Mínima Absoluta Mensal (em °C) e respectiva data da ocorrência para as localidades da base do INMET. Em azul é destacado o valor mínimo da série histórica (1961-1990).

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Jaguaruana-CE	19,9	20,8	21,2	19,2	19,0	16,9	17,5	17,1	17,9	18,2	17,3	20,1
	14/83	01/86	23/71	11/70	26/70	14/82	17/72	16/75	21/71	18/88	16/78	05/88
Ceará Mirim-RN	18,5	18,5	19,0	20,0	19,2	18,8	16,3	17,6	17,0	17,7	18,6	19,3
	03/68	19/74	09/80	01/79	25/70	16/76	04/74	01/86	04/75	13/76	01/75	09/70
Macau-RN	20,3	20,2	19,8	20,2	18,2	18,4	17,3	17,6	20,0	17,4	18,2	18,4
	25/64	12/65	31/68	13/62	26/81	13/68	13/64	01/86	20/84	23/86	29/64	04/63
Mossoró-RN	20,5	18,8	18,7	16,2	18,0	18,4	18,0	16,9	17,1	17,6	18,9	20,6
	04/77	13/76	31/76	24/76	04/76	19/76	22/77	13/71	14/86	23/74	13/74	21/90

Fonte: “Normais Climatológicas – Série 1961/1990” (INMET, 1992)

**Tabela II.5.1.1-8:** Dados de Temperatura Máxima Absoluta Mensal (em °C) e respectiva data da ocorrência para as localidades da base do INMET. Em vermelho é destacado o valor máximo da série histórica (1961-1990).

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Jaguaruana-CE	37,3	37,5	36,9	36,3	36,0	36,2	37,1	36,6	37,2	36,9	36,9	36,3
	15/88	28/84	01/83	22/83	18/83	04/80	08/70	16/79	29/87	29/70	03/81	20/82
Ceará Mirim-RN	33,6	33,7	34,1	33,6	32,2	31,8	31,4	31,0	32,4	32,7	32,8	33,2
	17/80	03/87	20/88	06/79	08/82	20/81	06/87	11/83	26/81	26/81	30/79	24/79
Macau-RN	35,8	36,8	36,1	35,7	35,2	34,8	35,4	35,0	35,4	36,2	35,6	34,7
	29/78	27/85	21/83	14/83	09/80	24/90	27/83	28/73	12/85	05/89	20/90	07/66
Mossoró-RN	37,3	38,3	37,6	37,1	36,8	37,4	36,4	37,2	37,8	37,8	37,8	37,8
	25/82	07/82	21/83	30/83	17/83	04/80	15/80	10/83	27/89	27/87	03/81	03/79

Fonte: “Normais Climatológicas – Série 1961/1990” (INMET, 1992)

Uma vez agrupados em três sub-séries anuais para melhor comparação dos resultados, os dados da estação aerológica da Praia do Minhoto revelam máximas temperaturas médias no mês de dezembro para as séries 1 e 3, e no mês de fevereiro para a série 2, descrevendo amplitudes de variação de 2,86°C, 1,49°C e 1,65°C, respectivamente (Tabela II.5.1.1-9). O comportamento descrito pelas curvas de temperatura média nesta estação, como observado pela Figura II.5.1.1-11, revela pouca variação entre as séries anuais, mantendo estas temperaturas médias próximas entre si e dentro do domínio descrito pelas base histórica do INMET (entre 25,4° e 27,2°C).

**Tabela II.5.1.1-9:** Dados de Temperatura Média Mensal (em °C) em para as três séries de dados da estação da Praia do Minhoto .

Série 1	Set/01	Out/01	Nov/01	Dez/01	Jan/02	Fev/02	Mar/02	Abr/02	Mai/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	MÉDIA
		26,17	26,27	26,45	27,36	26,56	27,11	26,85	27,01	26,69	25,79	24,50	26,15
Série 2	Set/02	Out/02	Nov/02	Dez/02	Jan/03	Fev/03	Mar/03	Abr/03	Mai/03	Jun/03	Jul/03	Ago/03	MÉDIA
		25,87	26,47	26,38	26,98	26,76	27,36	26,57	26,87	26,92	26,67	26,56	26,31
Série 3	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Fev/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	MÉDIA
		26,75	26,74	26,81	27,04	26,48	26,73	26,88	26,96	26,37	25,39	n.d.	n.d.

n.d.: Não disponível.

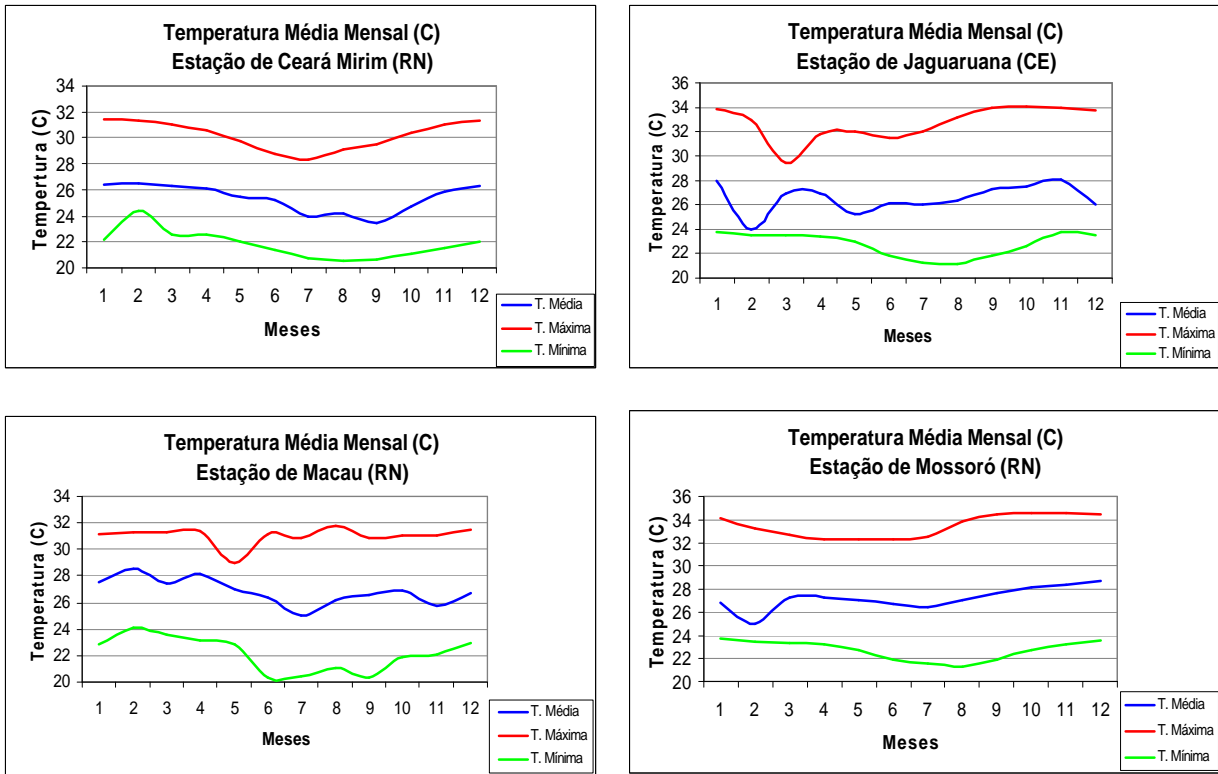


Figura II.5.1.1-10: Curvas de valores mensais de Temperatura Média, Temperatura Máxima e Mínima para as localidades da base do INMET (dados de 1961 e 1990).

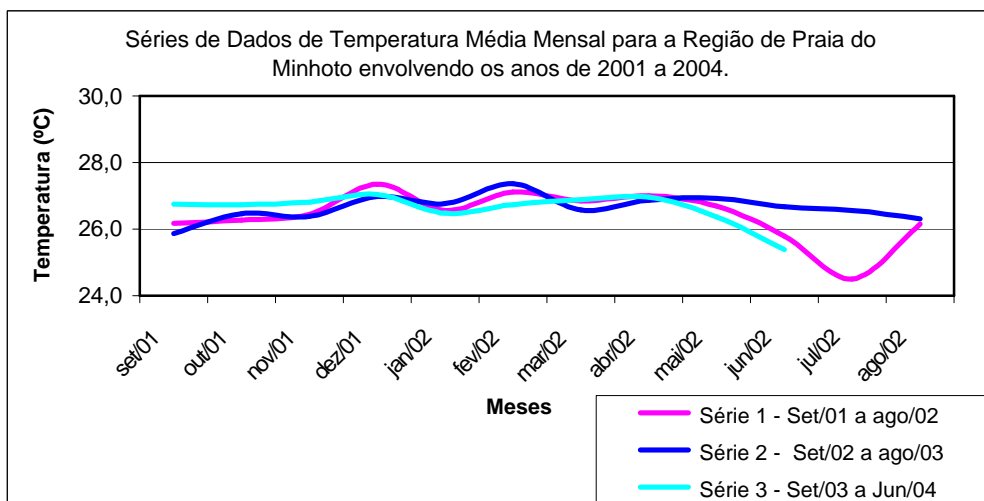


Figura II.5.1.1-11: Gráfico de Temperatura Média Mensal para as três séries da estação terrestre da Praia do Minhoto.

#### **C.4) Umidade Relativa**

A Tabela II.5.1.1-10 apresenta os valores de umidade relativa média mensal do ar para as localidades da base do INMET, enquanto que a Tabela II.5.1.1-11 apresenta os valores deste parâmetro para as três séries de dados da estação da Praia do Minhoto. O comportamento deste parâmetro meteorológico ao longo do ano nas localidades descritas obedece a um padrão comum de variação, como pode ser observado nas Figuras II.5.1.1-12 e II.5.1.1-13, o qual está intimamente relacionado com a pluviosidade local. Desta forma, pode-se esperar que a umidade relativa do ar apresente-se maior durante o principal período de chuvas da região, podendo se estender a julho em determinadas localidades.

Ceará-Mirim foi a localidade que apresentou o maior índice mensal de precipitação dentre as estações meteorológicas consideradas, além de registrar também o valor de umidade média mais significativo. Nesta, a umidade ultrapassa os 80% entre março e julho, podendo chegar até agosto. Os valores de umidade situam-se em torno de 75% entre setembro e dezembro, voltando a subir nos primeiros meses do ano. A média anual para essa localidade foi de 79,3%.

Macau e Mossoró, por sua vez, além de apresentarem os menores índices de pluviosidade locais, registram os menores valores de umidade relativa do ar. Embora as curvas de umidade para essas estações estejam de acordo com o padrão geral, as amplitudes de variação são bem menores que as observadas para as localidades de maior pluviosidade. Em Macau, os maiores valores de umidade relativa média mensal do ar, em torno de 75%, ocorrem entre os meses de março a maio, e o menor valor (66,0%) em novembro. A média anual da umidade relativa do ar para a localidade de Mossoró, 68,5%, é a mais baixa das localidades analisadas. Nesta, o mês de setembro experimenta o valor mais baixo de umidade relativa média, 61%, e o mês de março, a maior com 78,0%. Assim como a pluviosidade local, Jaguaruana registra um valor de umidade relativa anual (73,3%) intermediário entre as localidades mais secas (Macau e Mossoró), e a mais chuvosa e úmida (Ceará-Mirim), com o máximo ocorrendo em março e abril (82%), e o mínimo entre agosto e novembro (68%).

Concordando com o modo de variação descrito pelas localidades da base do INMET, os valores de umidade relativa na estação da Praia do Minhoto apresentaram máximos (78%), no mês de janeiro para as séries 1 e 3, e no mês de março para a série 2, indicando maior pluviosidade local durante estes meses. Os mínimos recaem durante a estação seca, em agosto, julho e setembro para as séries 1 (65%), 2 (62%) e 3 (65%), respectivamente, embora esta última não tenha registrado dados em julho e agosto de 2004. As médias das séries ficaram entre 71,3% (série 2) e 73,2% (série 3), não indicando variabilidades interanuais.

**Tabela II.5.1.1-10:** Valores de Umidade Relativa média mensal e anual (em %) para as localidades da base do INMET.

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	71,0	75,0	82,0	82,0	79,0	77,0	74,0	68,0	68,0	67,0	68,0	69,0	<b>73,3</b>
Ceará Mirim-RN	77,0	78,0	81,0	83,0	84,0	84,0	84,0	80,0	77,0	75,0	74,0	75,0	<b>79,3</b>
Macau-RN	70,0	72,0	75,0	76,0	76,0	71,0	69,0	69,0	68,0	69,0	66,0	70,0	<b>70,8</b>
Mossoró-RN	67,0	72,0	78,0	74,0	76,0	72,0	69,0	62,0	61,0	62,0	63,0	66,0	<b>68,5</b>

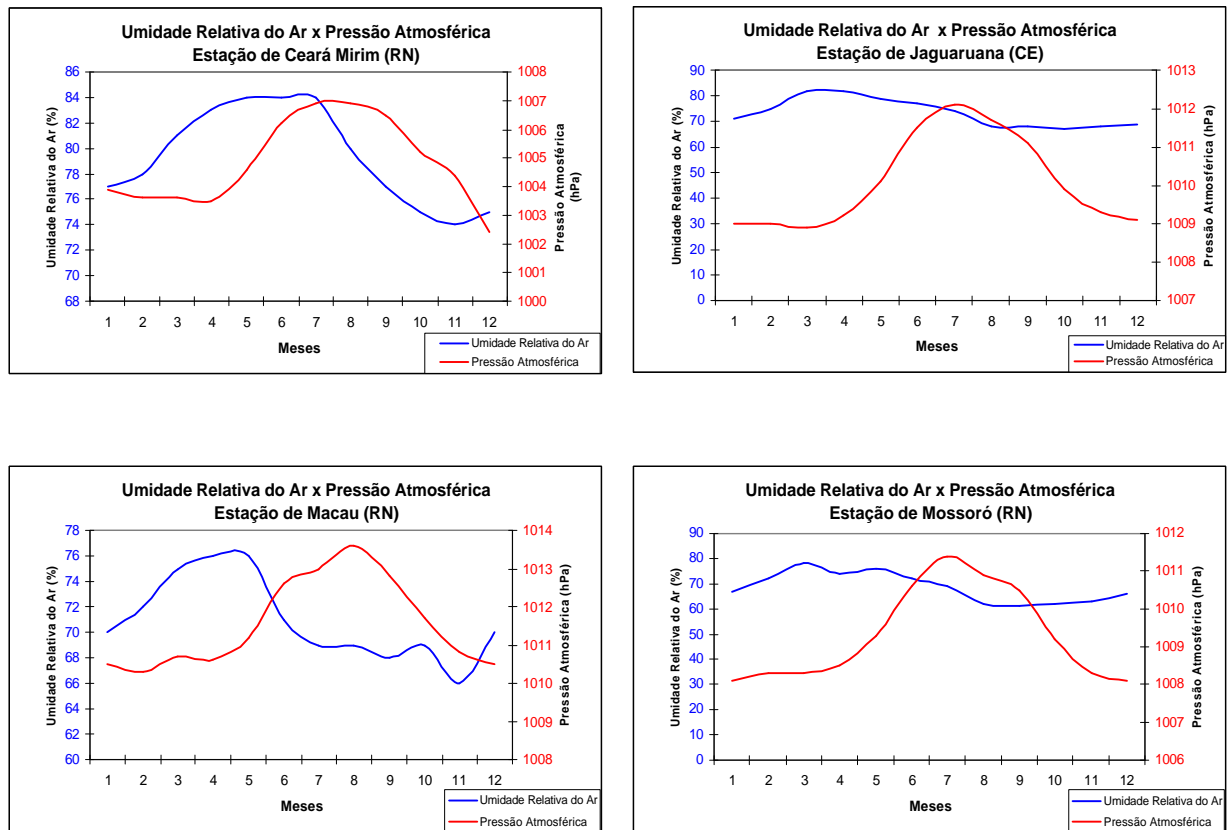
Fonte: “Normais Climatológicas” – Série 1961/1990-DNMET, Brasília, Maio de 1992.

**Tabela II.5.1.1-11:** Dados de Umidade Relativa média mensal para as três séries de dados da estação da Praia do Minhoto (em %).

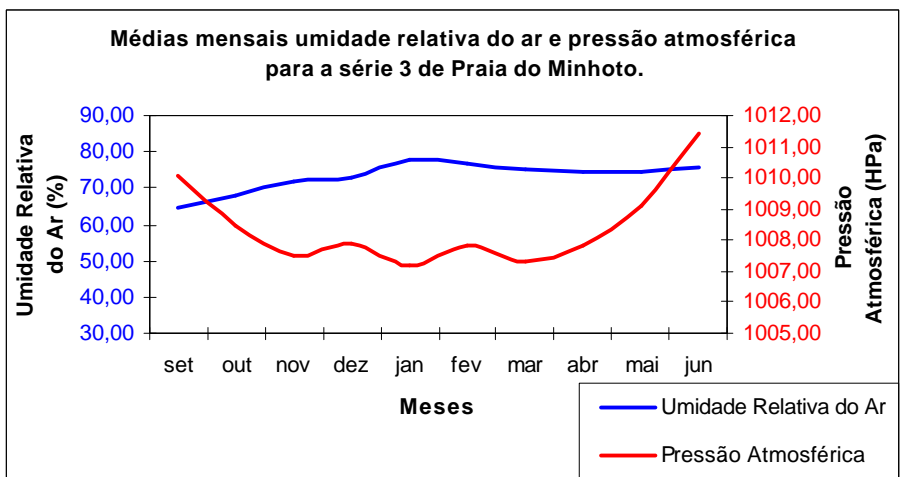
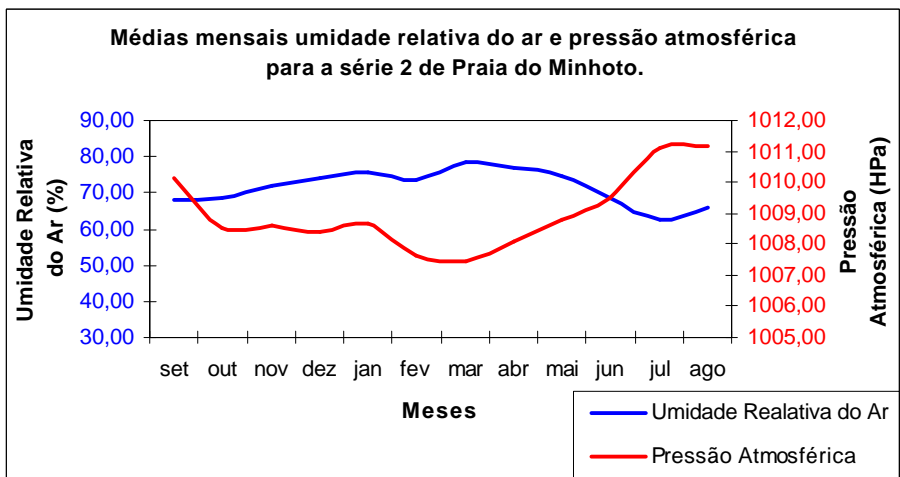
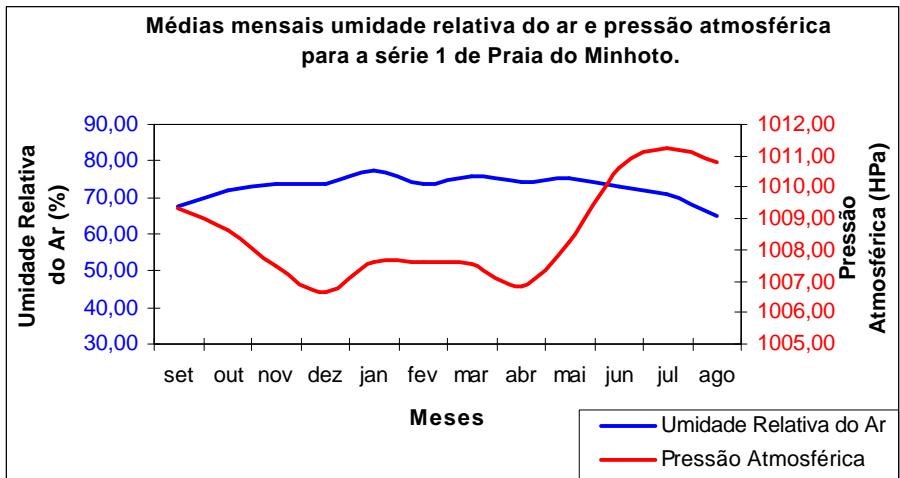
Série 1	Set/01	Out/01	Nov/01	Dez/01	Jan/02	Fev/02	Mar/02	Abr/02	Mai/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	MÉDIA
	67,0	72,0	74,0	74,0	78,0	74,0	76,0	74,0	75,0	73,0	71,0	65,0	<b>72,7</b>
Série 2	Set/02	Out/02	Nov/02	Dez/02	Jan/03	Fev/03	Mar/03	Abr/03	Mai/03	Jun/03	Jul/03	Ago/03	MÉDIA
	68,0	68,0	72,0	74,0	76,0	73,0	78,0	77,0	74,0	68,0	62,0	66,0	<b>71,3</b>
Série 3	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Fev/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	MÉDIA
	65,0	68,0	72,0	73,0	78,0	77,0	75,0	74,0	75,0	75,0	n.d.	n.d.	<b>73,2</b>

n.d.: Não disponível.





**Figura II.5.1.1-12:** Gráficos conjugados de valores médios mensais Umidade Relativa do Ar (curva e escala em azul) e Pressão Atmosférica (curva e escala em vermelho) para as localidades da base do INMET.



**Figura II.5.1.1-13:** Gráficos conjugados de Umidade Relativa do Ar e Pressão Atmosférica para a primeira, segunda e terceira séries de dados da estação da Praia do Minhoto.

### **C.5) Pressão Atmosférica**

Pela análise dos valores médios mensais de pressão atmosférica apresentados nas Tabelas II.5.1.1-12 e II.5.1.1-13, constata-se que esse parâmetro acompanha a migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ao longo do ano, apresentando, de uma forma geral, menores valores durante a estação chuvosa da Região Nordeste do Brasil. Esse comportamento justifica-se pelo fato desta feição meteorológica ser caracterizada por intensa componente ascendente de ar, alta nebulosidade e baixas pressões atmosféricas, sendo sua presença sobre o Nordeste do Brasil associada à precipitação na região.

Um detalhe a se observar nos dados é a ocorrência do maior valor médio de pressão no mês de julho, para as localidades de Jaguaruana, Ceará Mirim e Mossoró.

Apenas em Macau o maior valor médio ocorreu em agosto. Contribui para este padrão o fato de a ZCIT iniciar seu deslocamento em direção às latitudes mais altas do hemisfério norte a partir de maio, como discutido no início desta seção, gerando subsidência sobre a Região Nordeste e elevando a pressão atmosférica local. Pode-se observar através dos gráficos da Figura II.5.1.1-12, apresentada anteriormente, que os valores médios mensais de pressão nas localidades da região começam a aumentar a partir do fim do período de chuvas, em maio, atingindo o pico em julho, e começando a decrescer a partir de agosto. Em termos comparativos, constata-se que Ceará-Mirim registra valores médios mensais de pressão atmosférica bem menores do que as demais estações em estudo.

Os dados de pressão atmosférica da Praia de Minhoto observam o mesmo comportamento: como apresentado pela figura II.5.1.1-13, alternam máximos e mínimos mensais entre as estações seca e chuvosa, respectivamente, e relação indireta com a curva de umidade relativa. Entre as séries, não há variações significativas, com as médias anuais bastante próximas (1008,5 a 1009,0 hPa).

**Tabela II.5.1.1-12:** Valores de pressão atmosférica média mensal e anual (em hPa) da série de dados coletados entre 1961 e 1990 pelas as estações em estudo

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana	1009,0	1009,0	1008,9	1009,2	1010,1	1011,5	1012,1	1011,7	1011,1	1009,9	1009,3	1009,1	<b>1010,1</b>
Ceará Mirim	1003,9	1003,6	1003,6	1003,5	1004,6	1006,2	1006,9	1006,9	1006,5	1005,2	1004,4	1002,4	<b>1004,8</b>
Macau	1010,5	1010,3	1010,7	1010,6	1011,2	1012,6	1013,0	1013,6	1012,8	1011,7	1010,8	1010,5	<b>1011,5</b>
Mossoró	1008,1	1008,3	1008,3	1008,5	1009,3	1010,6	1011,4	1010,9	1010,5	1009,2	1008,3	1008,1	<b>1009,3</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)

**Tabela II.5.1.1-13:** Dados de Pressão Atmosférica média mensal para as três séries de dados da estação da Praia do Minhoto - 2001 a 2004 (%).

Série 1	Set/01	Out/01	Nov/01	Dez/01	Jan/02	Fev/02	Mar/02	Abr/02	Mai/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	MÉDIA
	1009,3	1008,6	1007,5	1006,6	1007,6	1007,6	1007,5	1006,8	1008,2	1010,6	1011,2	1010,8	<b>1008,5</b>
Série 2	Set/02	Out/02	Nov/02	Dez/02	Jan/03	Fev/03	Mar/03	Abr/03	Mai/03	Jun/03	Jul/03	Ago/03	MÉDIA
	1010,2	1008,5	1008,6	1008,4	1008,7	1007,6	1007,5	1008,1	1008,8	1009,5	1011,1	1011,2	<b>1009,0</b>
Série 3	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Fev/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	MÉDIA
	1010,1	1008,5	1007,5	1007,9	1007,2	1007,8	1007,3	1007,8	1009,1	1011,4	n.d.	n.d.	<b>1008,5</b>

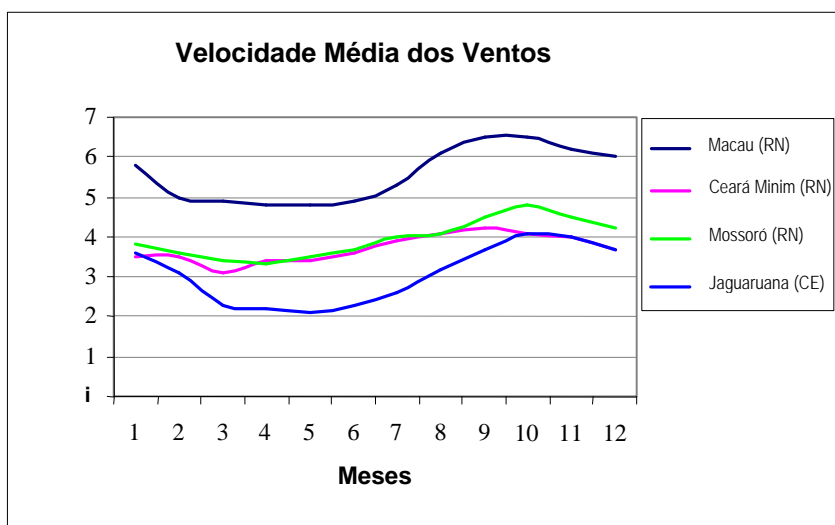
n.d.: Não disponível.

## C.6) Ventos

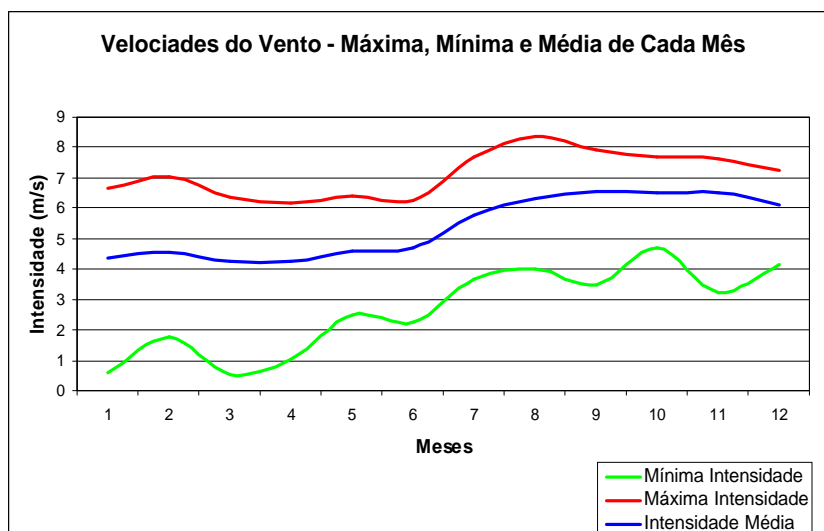
De acordo com os dados utilizados nesta análise, registros horários de intensidade e direção de ventos provenientes das estações anemométricas da Rede Climatológica do Nordeste, correspondendo a um período que abrange 5 anos de observações, entre 1977 a 1981, e das séries da estação de Praia do Minhoto, entre setembro de 2001 a junho de 2004, verifica-se um comportamento anual marcante para toda a região da área de influência do Campo de Siri.

Em termos de intensidade de vento, observa-se pelas Figuras II.5.1.1-14 e II.5.1.1-15 que, de uma forma geral, a velocidade média à superfície começa a diminuir a partir do mês de novembro, após um máximo entre setembro e outubro, chegando a valores mínimos entre março e junho. Uma das explicações climatológicas para este fato é que entre os meses de agosto e outubro o sistema de Alta Pressão do Atlântico Sul se desloca para regiões oceânicas de menor latitude, deixando os ventos alísios de sudeste mais intensos e impelindo a ZCIT para o norte do Equador. Nos meses de fevereiro a maio, no entanto, ocorre o contrário, com o deslocamento da ZCIT sobre a costa norte do nordeste brasileiro com o enfraquecimento dos alísios.

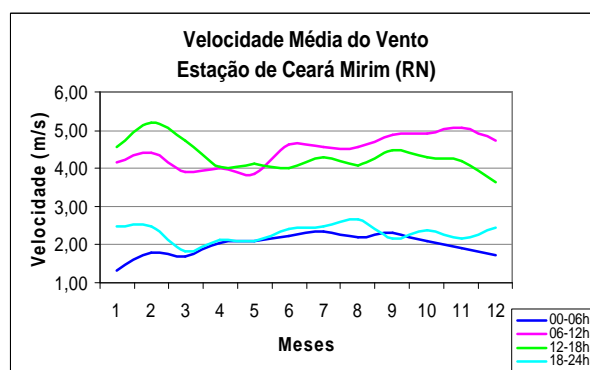
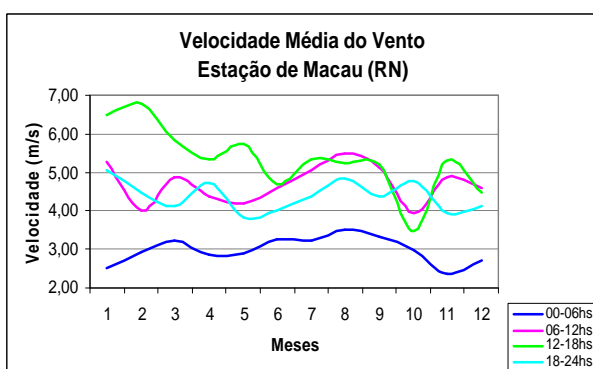
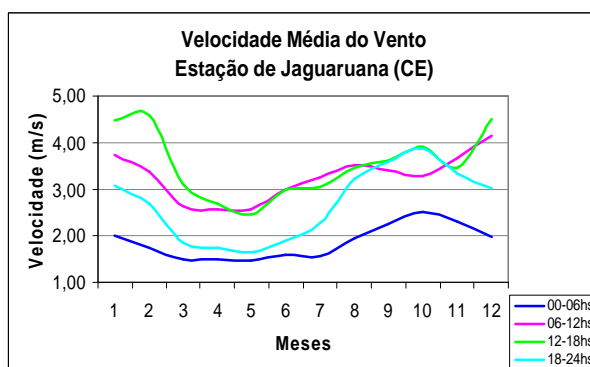
Já o comportamento diário dos ventos está associado diretamente às diferenças de temperatura entre oceano e continente, e ao ciclo de variação diária deste parâmetro nestes ambientes. Enquanto o oceano possui menor variabilidade térmica em relação ao continente, este apresenta aquecimento máximo após as 12h locais, fazendo com que as maiores velocidades médias diárias apresentem-se no período compreendido entre 12h e 18h. Pelos gráficos apresentados na Figura II.5.1.1-16, verifica-se que as maiores velocidades médias do vento para Jaguaruana são observadas nos meses de dezembro a fevereiro, chegando a atingir valores da ordem de 4,5 m/s entre 12h e 18h. As menores velocidades médias são observadas entre 0h e 6h, e atingem valores de aproximadamente 1,5 m/s nos meses de março a julho. Para Macau, as maiores velocidades médias ocorrem no período compreendido entre 12h e 18h. Macau observa uma diminuição significativa dos ventos no mês de outubro nesse período do dia, chegando a aproximadamente 4,0 m/s entre 6h e 12h, e 3,5 m/s entre 12h e 18h. Para a cidade de Ceará Mirim, as maiores velocidades médias ocorrem no período compreendido entre 6h e 18h, variando, aproximadamente, de 4,0 m/s a 5,0 m/s nesse período durante todo o ano. As menores velocidades médias variam entre 1,8 m/s e 2,6 m/s, entre 18h e 06h.



**Figura II.5.1.1.14:** Gráfico comparativo de Velocidade Média Mensal do vento para as localidades em estudo entre os anos de 1977 e 1981.



**Figura II.5.1.1.15:** Gráfico comparativo de Velocidade Média, Velocidade Máxima e Mínima Mensal do vento para a série de dados da estação de Praia do Minhoto.



**Figura II.5.1.1-16:** Gráficos comparativos de Velocidade Média do vento em períodos distintos do dia para as localidades da base do INMET (dados de 1977 a 1981).

Considerando o parâmetro direção de vento, a análise dos registros médios diários da estação de Praia do Minhoto revela a predominância de ventos oriundos do quadrante Leste, entre NE (45°) e SE (135°), com mais de 90% de ocorrência nas três séries de dados (Tabelas II.5.1.1-14, II.5.1.1-15 e II.5.1.1-16), constatando a forte influência dos alísios na região, originados nos Sistemas de Alta Pressão do Atlântico Tropical. Da mesma forma, cerca de ¾ dos registros (75%) recaem na faixa entre 4 e 7 m/s de intensidade. A faixa de vento de maior ocorrência isolada foi a de 90°-135° de direção e 6 e 7 m/s de intensidade (19,5%) para a série 1, 90°-135° e 5 e 6 m/s (15,8%) para a série 2 e 45°-90° e 6 e 7 m/s (20,8%) para a série 3.

**Tabela II.5.1.1-14:** *Frequência relativa (em %) do vento médio diário para a série 1 da estação meteorológica da Praia do Minhoto segundo faixas de direção (em graus verdadeiros) e intensidade (em m/s).*

	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360	TOTAL
<b>0-1</b>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,27</b>
<b>1-2</b>	0,3	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>1,37</b>
<b>2-3</b>	0,0	0,3	2,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>3,29</b>
<b>3-4</b>	0,0	1,1	8,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,14</b>
<b>4-5</b>	0,0	2,5	19,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>24,93</b>
<b>5-6</b>	0,0	4,1	14,8	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>21,10</b>
<b>6-7</b>	0,0	11,0	19,5	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>32,60</b>
<b>7-8</b>	0,0	1,9	3,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>5,48</b>
<b>8-9</b>	0,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,82</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,27</b>	<b>20,82</b>	<b>69,32</b>	<b>9,59</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela II.5.1.1-15:** *Frequência (em %) do vento médio diário para a série 2 da estação meteorológica da Praia do Minhoto segundo faixas de direção (em graus verdadeiros) e intensidade (em m/s).*

	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360	TOTAL
<b>0-1</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,00</b>
<b>1-2</b>	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,96</b>
<b>2-3</b>	0,6	1,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>4,18</b>
<b>3-4</b>	1,0	5,1	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,93</b>
<b>4-5</b>	0,6	14,8	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>25,40</b>
<b>5-6</b>	0,3	13,5	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>29,58</b>
<b>6-7</b>	0,0	13,2	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>22,83</b>
<b>7-8</b>	0,0	1,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>6,11</b>
<b>8-9</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2,57</b>	<b>50,80</b>	<b>46,62</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>



**Tabela II.5.1.1-16:** *Frequência relativa (em %) do vento médio diário para a série 3 da estação meteorológica da Praia do Minhoto segundo faixas de direção (em graus verdadeiros) e intensidade (em m/s).*

	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360	TOTAL
<b>0-1</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	<b>0,73</b>
<b>1-2</b>	0,0	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>1,09</b>
<b>2-3</b>	0,4	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	<b>4,01</b>
<b>3-4</b>	0,0	3,3	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>8,39</b>
<b>4-5</b>	0,4	10,6	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>27,37</b>
<b>5-6</b>	0,0	9,5	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>18,25</b>
<b>6-7</b>	0,0	20,8	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>29,56</b>
<b>7-8</b>	0,0	7,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,58</b>
<b>8-9</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,73</b>	<b>55,11</b>	<b>43,07</b>	<b>0,00</b>	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	<b>0,00</b>	<b>0,36</b>	<b>100,00</b>

O regime de ventos ao longo do ano é ilustrado pelos diagramas de dispersão de frequência do vento da Figura II.5.1.1-17, ao final desta seção, onde são representadas as distribuições do vento médio diário das séries de Praia do Minhoto segundo a convenção de direção “vento de”, ou “com origem em”. As rosas assim elaboradas revelam a predominância dos registros de direção leste e intensidades moderadas entre janeiro e março, a partir do qual passa a leste-sudeste, com maiores intensidades, até o mês de setembro, quando gradativamente volta a soprar de leste, para iniciar um novo ciclo em janeiro.

Tal comportamento, previsível segundo o modo de variabilidade de larga escala da temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Tropical, conforme exposto no Item B-1 deste relatório, é ilustrado em termos espaciais pelas climatologias mensais apresentadas pela Figura II.5.1.1-18. Construídas a partir de dados oriundos do sensor remoto Escaterômetro AMI (*Active Microwave Instrument*) a bordo dos satélites ERS-1 e ERS-2, entre janeiro de 1992 e dezembro de 2000, estas climatologias representam graficamente os vetores de vento médio mensal (convencionando-se, desta vez, “vento para”) sobre a região da área de influência do Campo de Siri, em resolução de  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$  de latitude-longitude. Verifica-se, então, a intensificação dos alísios de sudeste durante os meses da estação seca, entre agosto e novembro, quando a ZCIT desloca-se para o Hemisfério Norte. Entre janeiro e maio estes ventos são menos intensos,

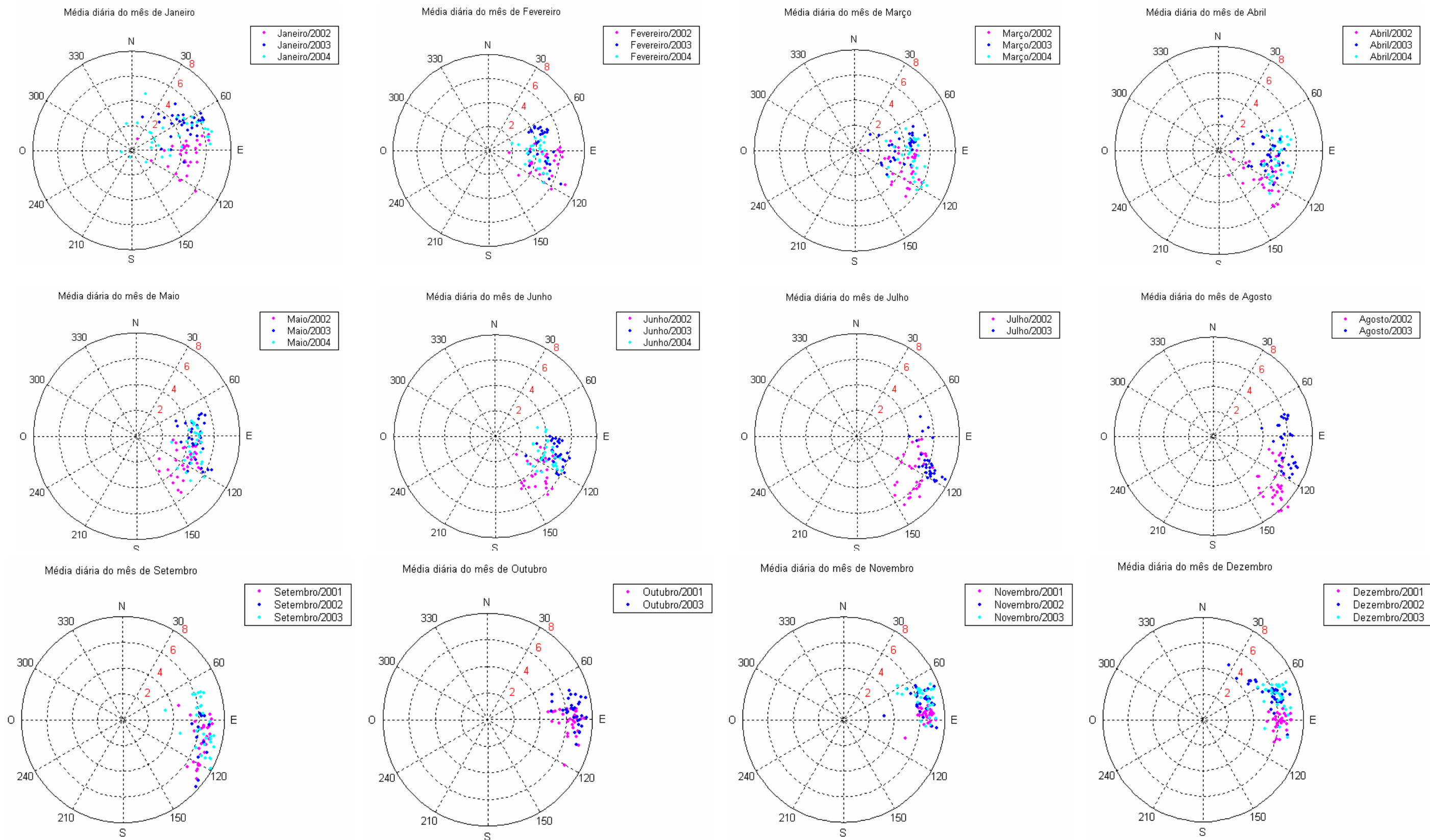
tem direção predominantemente leste, e refletem o posicionamento da ZCIT sobre a região do Nordeste Brasileiro.

#### **D) Considerações Finais em Meteorologia**

De um modo geral, a região na qual se situa o Campo de Siri é caracterizada por temperaturas elevadas durante todo o ano, apresentando amplitudes térmicas máximas em torno de 6°C, alta taxa de evaporação e grande variabilidade espacial e temporal das chuvas, mesmo dentro do período chuvoso principal, entre os meses de fevereiro a maio.

Através das análises dos parâmetros meteorológicos disponíveis nas localidades adjacentes ou próximas à área oceânica de interesse verifica-se principalmente que:

- A temperatura média anual varia entre 25,2°C e 27,2°C, embora existam localidades onde a temperatura mínima absoluta alcança valores próximos de 16,0°C, e a temperatura máxima absoluta atinge valores próximos de 38,0°C em alguns dias do ano;
- A umidade relativa média anual do ar atinge valores acima de 70%;
- A pressão apresenta comportamento bastante previsível, acompanhando o deslocamento meridional da ZCIT. Os maiores valores registram-se entre julho e setembro, e os menores nos meses da estação chuvosa principal.
- Os ventos descrevem variabilidade sazonal dominada por mecanismos de circulação atmosférica de grande escala da região equatorial do globo, onde os alísios desempenham papel determinante na qualidade de chuvas na região. Nas áreas próximas à costa, as brisas também são bastante influentes.
- De acordo com a classificação climática proposta por Thornthwaite (1948), a região que engloba as localidades citadas neste estudo apresenta um clima semi-árido, com alta variabilidade espacial e temporal interanual das chuvas.



**Figura II.5.1.1-17:** Diagramas de dispersão de freqüência de vento mensais gerados a partir das séries da estação aerológica da Petrobrás localizada na Praia do Minhoto.

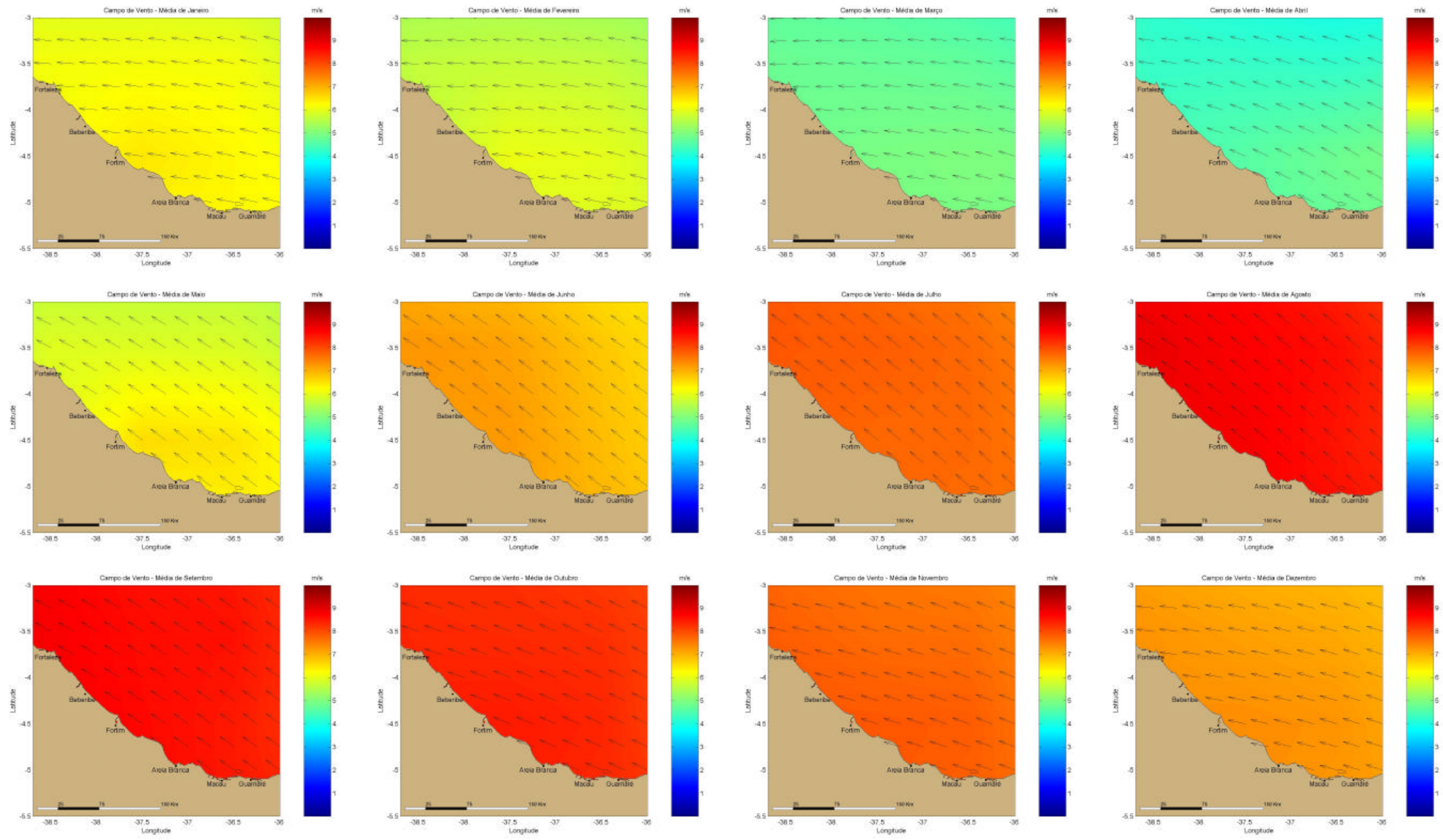


Figura II.5.1.1-18: Campos de Vento mensais gerados a partir de dados fornecidos pelo escaterômetro dos satélites ERS-1 e ERS-2 (seção 2-2). Fonte: <http://www.ifremer.fr/cersat/en/index.htm>.

## **II.5.1- MEIO FÍSICO**

### **II.5.1.1 - Meteorologia**

#### **A) Introdução**

O clima da porção norte da Região Nordeste do Brasil é regido pela dinâmica atmosférica característica da Zona Equatorial da Terra, a qual é fortemente modulada e modificada pelos padrões termodinâmicos sobre as Bacias dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais. Do ponto de vista climático, a região Nordeste do Brasil é considerada semi-árida por apresentar substanciais variações temporal e espacial da precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas ao longo do ano (Azevedo *et. al.*, 1998).

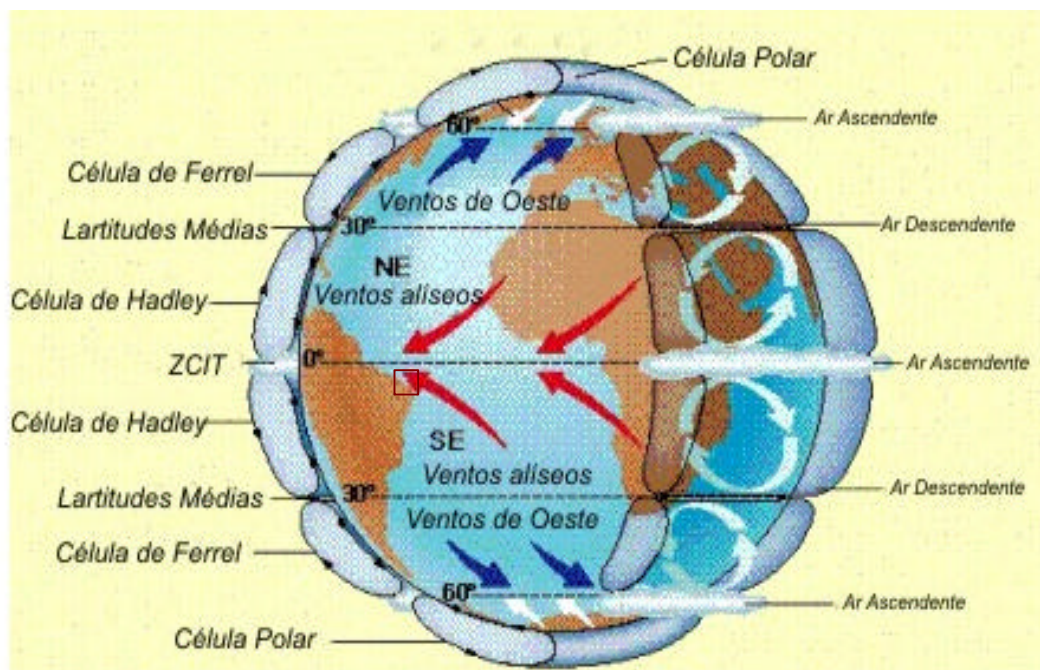
Os aspectos da dinâmica atmosférica global e regional serão abordados teoricamente neste texto como forma de permitir o entendimento de seus efeitos sobre os elementos climáticos e meteorológicos e sobre os demais sistemas ambientais na área de influência das atividades no Campo de Siri. A caracterização meteorológica será implementada através da análise de dados primários, oriundos da implementação de programas de monitoramento ambiental na região, e de climatologias regionais disponíveis em literatura e de informações obtidas por sensores remotos, visando retratar o comportamento padrão dos parâmetros considerados, condições médias e extremas e intercorrelações.

#### **B) Aspectos gerais**

O clima de qualquer região do planeta é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. Esta resulta, em última instância, do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição de oceanos e continentes, e do relevo sobre os continentes. Padrões de circulação gerados na atmosfera redistribuem calor, umidade e quantidade de movimento por todo o globo, agindo no sentido de atenuar as variações regionais de elementos climáticos como temperatura e precipitação, os quais têm enorme influência nas atividades humanas (INPE, 1986).

A dinâmica da atmosfera é governada por diferenças de densidade das massas de ar, as quais são causadas pelo aquecimento desigual do planeta. Se a Terra fosse um corpo celeste estacionário, por exemplo, existiria um único tipo de circuito atmosférico de grande escala, onde os fluxos de ar deslocar-se-iam entre altas e baixas latitudes, transportando calor da Zona Equatorial, onde o aquecimento é maior devido à maior incidência da radiação solar, para as Zonas Temperadas e Polares, menos expostas.

Como consequência do movimento de rotação do planeta, e do fato de a atmosfera estar livre sobre a superfície, observa-se uma aparente deflexão dos fluxos de ar em todos os níveis atmosféricos. Essa deflexão, conhecida como efeito de Coriolis, age no sentido de desviar qualquer movimento sobre a superfície do planeta para a direita, no Hemisfério Norte, e para a esquerda no Hemisfério Sul, sendo responsável, portanto, pelo desenvolvimento do padrão de circulação atmosférica de larga escala como ilustrado na Figura II.5.1.1-1.



**Figura II.5.1.1-1:** Padrão global de circulação atmosférica gerado pelo efeito da rotação da Terra, demonstrando o funcionamento das principais células de circulação. Região do Campo de Siri indicada pelo polígono vermelho. Fonte: Geoserv (1999).

Dentre as células de circulação existentes, a de Hadley se faz influente no clima da Região Nordeste do Brasil, onde se localiza o Campo de Siri. Nessa área, como pode ser visto na Figura II.5.1.1-1, o ar aquecido na Região Equatorial eleva-se ao nível do topo da troposfera, localizado a cerca de 14 km de altitude, e passa a deslocar-se horizontalmente em direção às altas latitudes, em ambos hemisférios. A deflexão provocada pela Força de Coriolis atinge o máximo à cerca de 30° de latitude, quando o fluxo de ar na atmosfera superior torna-se predominantemente zonal, no sentido de oeste para leste, gerando uma convergência de ar sobre a região e um empilhamento das massas de ar.

Como consequência desse empilhamento, centros de alta pressão atmosférica são formados sobre a Zona Subtropical, resultando em um movimento descendente dos fluxos atmosféricos. Uma vez na superfície, essas massas de ar mais frias e densas deslocam-se para os centros de baixa pressão, em direção aos Círculos Polares e à Zona Equatorial, fechando as células de Hadley em ambos hemisférios. Desviados para oeste pelo efeito de Coriolis, os fluxos superficiais em direção ao Equador, conhecidos de ventos alísios de sudeste no Hemisfério Sul, e de alísios de nordeste no Hemisfério Norte, convergem na chamada Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT), situada próxima à faixa equatorial, de grande importância para a climatologia da região em estudo, como será exposto adiante.

Segundo Uvo (1996), quatro mecanismos principais governam o regime de chuvas na Região Nordeste do Brasil: o Padrão Dipolo do Atlântico, a Zona de Convergência Intertropical sobre o Oceano Atlântico; Eventos El Niño-Oscilação Sul na Bacia do Oceano Pacífico e Vórtices Ciclônicos de Ar Superior. Além destes, vale destacar influência de fenômenos de menor escala, tais como: as Linhas de Instabilidade, as Brisas Marítima e Terrestre e os Complexos Convectivos de Mesoescala.

## **B.1) Padrão Dipolo do Atlântico**

O modo de variabilidade oceano-atmosfera de grande escala dominante sobre a bacia do Atlântico Tropical, conhecido como Padrão Dipolo do Atlântico (Hastenrath & Heller, 1977; Uvo *et al.*, 1994), caracteriza-se pela manifestação simultânea de anomalias de temperatura da superfície do mar, configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as bacias norte e sul do Oceano Atlântico Tropical. Esse padrão térmico inverso gera, conseqüentemente, um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico sobre o Atlântico Equatorial (Wagner, 1996) que, por sua vez, exerce influência no deslocamento norte-sul da ZCIT (Hastenrath & Greischar, 1993).

Quando as águas superficiais do Atlântico Norte estão mais frias que as do Atlântico Sul, a pressão atmosférica é relativamente maior sobre a bacia norte desse oceano, provocando a intensificação dos ventos alísios de nordeste e o enfraquecimento da componente meridional dos alísios de sudeste. Como conseqüência, dá-se o deslocamento da ZCIT em direção às latitudes sul. Esse padrão, chamado de Dipolo Negativo do Atlântico, é favorável às chuvas para o setor norte do Nordeste do Brasil, como visto por Souza (1997) e Souza *et al.*, (1998, 1999). No chamado Dipolo Positivo do Atlântico, ocorre exatamente o contrário. Conforme os resultados de Xavier & Xavier (1999), a maior pressão atmosférica sobre o Atlântico Sul, decorrente da menor temperatura relativa à superfície, impede que a ZCIT desça abaixo da linha do Equador pela intensificação dos alísios de sudeste, influenciando negativamente no volume de chuvas no NEB.

Como efeito da interação dos fenômenos meteorológicos das Bacias do Atlântico e do Pacífico, observa-se que o fenômeno El Niño é um dos responsáveis pela redução das chuvas no NEB, principalmente quando ocorre simultaneamente com o Dipolo Positivo do Atlântico. Por outro lado, em uma situação de Dipolo Negativo, juntamente com águas do Pacífico cujas temperaturas estão normais ou abaixo da média, observa-se chuva abundante na região (Alves *et al.*, 1997).

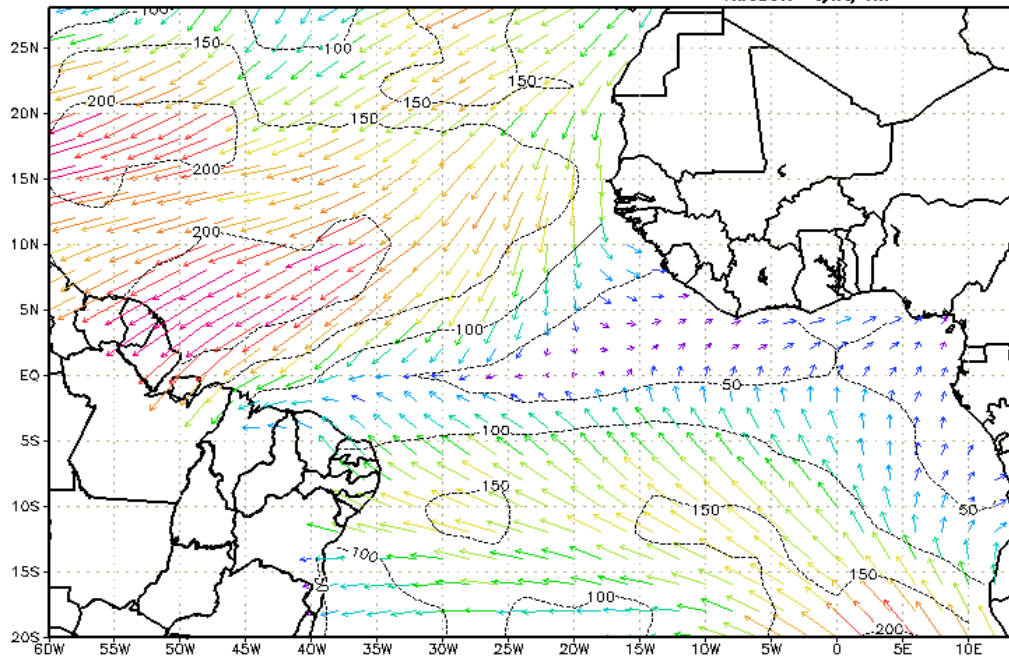


De forma geral, em anos nos quais se verificam anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nas bacias dos Oceanos Atlântico e Pacífico, a célula de Hadley, que atua no sentido meridional, e a célula de Walker, que atua no sentido zonal, são perturbadas, causando fortes anomalias na circulação atmosférica sobre os trópicos (Uvo, 1996). Visto que essas células são deslocadas de suas posições dimatológicas, o posicionamento da ZCIT também é alterado e, conseqüentemente, a intensidade e duração do período chuvoso dessa região também são afetadas.

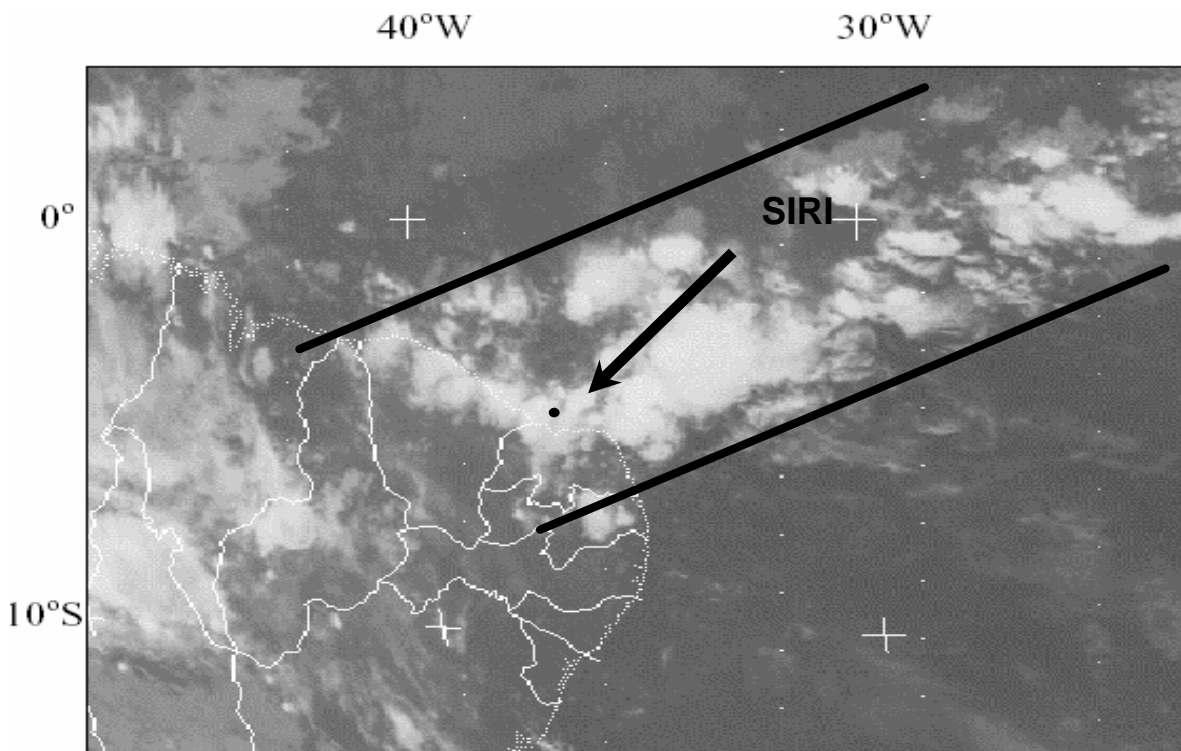
### ***B.2) Zona de Convergência Intertropical***

A Zona de Convergência Intertropical, ou simplesmente ZCIT, é o sistema meteorológico mais importante na ocorrência de chuvas na porção norte do Nordeste do Brasil (Hastenrath, 1990), estando a estação chuvosa desta região associada à presença desta feição.

Caracterizada como uma banda de nuvens cumuliformes circundando a faixa equatorial do globo terrestre (Figuras II.5.1.1-2, e II.5.1.1-3), a ZCIT é formada pela ascensão de massas de ar quente e úmido, típico da região intertropical, resultante da confluência em baixos níveis dos ventos alísios de nordeste provenientes do hemisfério norte, com os alísios de sudeste do hemisfério sul, que se resfriam e perdem sua umidade através da precipitação ao longo de seu deslocamento para níveis superiores da atmosfera. Trata-se, portanto, de uma região de baixa pressão atmosférica, máximas temperaturas da superfície do mar e cobertura de nuvens, intensa atividade convectiva e forte precipitação, embora tais características não se apresentem, necessariamente, sobre a mesma latitude ao mesmo tempo.



**Figura II.5.1.1-2:** Eixo de confluência dos ventos alísios de sudeste com os de nordeste – ZCIT. Fonte: Apostila do Curso de Meteorologia da FUNCEME, 1997.



**Figura II.5.1.1-3:** Imagem do satélite METEOSAT 5, setorizada, no canal infravermelho, ilustrativa da ZCIT (entre as faixas pretas) influenciando o setor norte do NEB em 15/03/94 às 18:00 TMG. Fonte: EUMETSAT (2005).

Outra característica importante da ZCIT diz respeito à sua migração sazonal entre os dois hemisférios. Posicionada aproximadamente em 14°N entre agosto e outubro, a zona de convergência desloca-se meridionalmente para a posição mais ao sul, entre 2° e 4°S, onde permanece de fevereiro a abril. Esse deslocamento está relacionado à existência de um gradiente meridional de pressão atmosférica sobre o Oceano Atlântico Tropical, resultante da diferença de temperatura da superfície do mar entre as bacias norte e sul deste oceano, conforme observado em estudos como de Uvo (1989).

### ***B.3) Eventos El Niño-Oscilação Sul na Bacia do Oceano Pacífico***

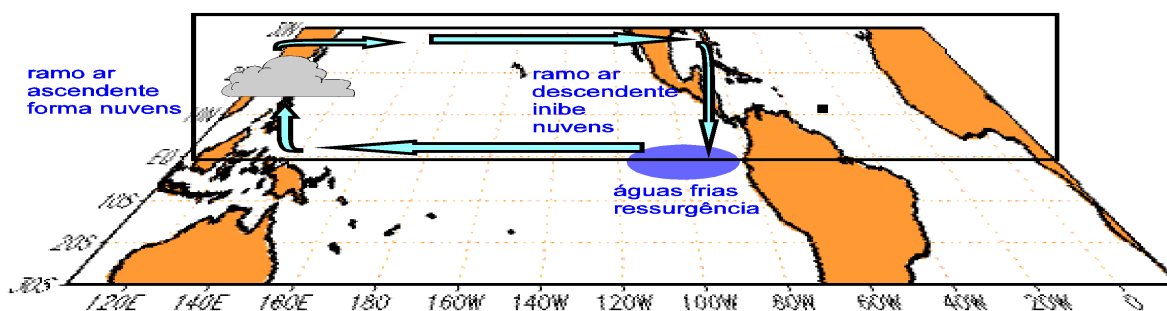
O termo El Niño define uma anomalia do sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Tropical com amplos efeitos sobre o clima global. Em anos de El Niño, caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais da bacia centro-leste do Pacífico, toda a convecção na faixa equatorial se desloca para o leste, alterando, assim, o posicionamento da Célula de Walker.

Sob condições normais, como ilustrado pela Figura II.5.1.1-4, observa-se o ramo ascendente da Célula de Walker (favorável à formação de densas nuvens convectivas) sobre o Pacífico oeste-equatorial, onde se tem águas quentes e pressões atmosféricas relativamente baixas. Por outro lado, sobre a região do Pacífico Leste, próximo à costa Ocidental da América do Sul, onde se verifica a presença de águas frias e pressões altas, manifesta-se o ramo subsidente desta célula, o qual é inibidor da formação de nuvens. Em episódios de El Niño (Figura II.5.1.1-5), o ramo ascendente da Célula de Walker desloca-se para o Pacífico Leste devido ao aquecimento de suas águas superficiais, provocando subsidência sobre a bacia centro-oeste e também sobre o Atlântico Equatorial, incluindo a Amazônia Oriental e norte da região Nordeste.

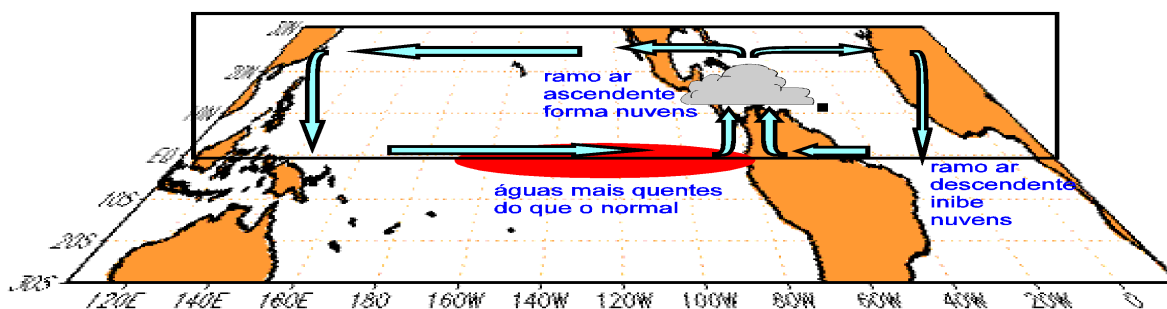
Dependendo da intensidade dessa célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação e deslocamento da Zona de Convergência Intertropical para sobre o NEB, o qual é mecanismo indutor de precipitação na região (FUNCEME, 1997).

Embora a ocorrência do El Niño seja uma das principais responsáveis pela deficiência de chuvas no Nordeste Brasileiro, no qual o Campo de Siri está

totalmente inserido, o padrão de temperatura da superfície do mar sobre as bacias norte e sul do Oceano Atlântico tem papel determinante e constante na qualidade da estação chuvosa do NEB, como discutido em seguida.



**Figura II.5.1.1-4:** Esquemática da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (Célula de Walker) sobre a Bacia do Pacífico Tropical, em condições normais. Fonte: Monitor Climático/Boletim de Monitoramento Climático – Edição Especial, 1997.



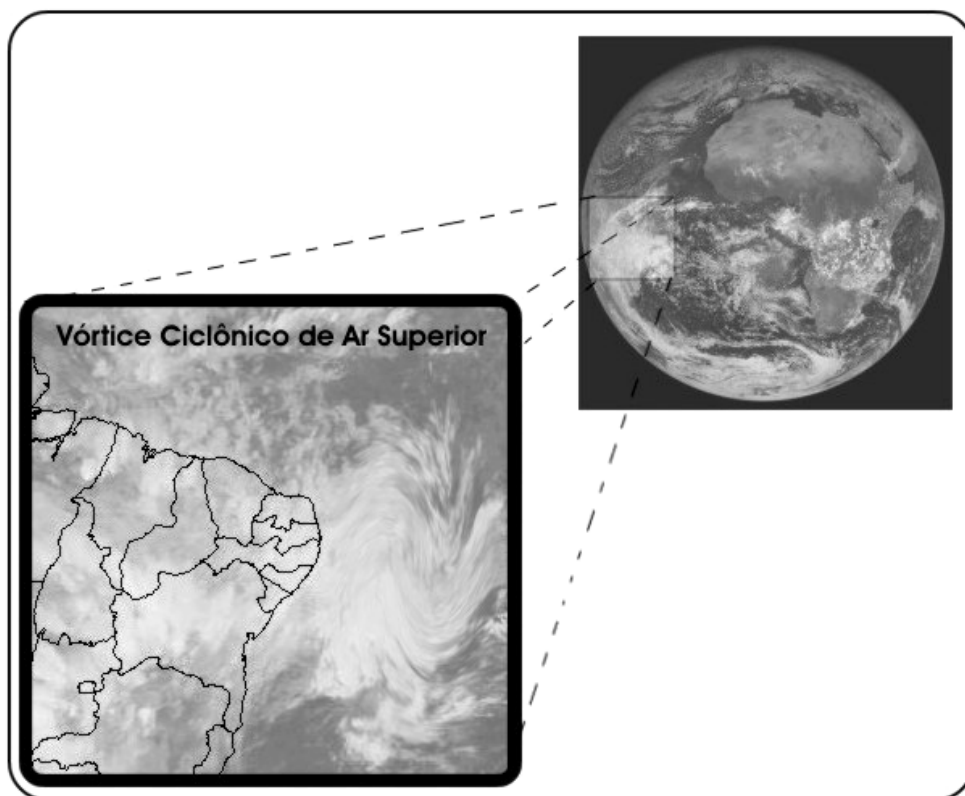
**Figura II.5.1.1-5:** Esquemática Célula de Walker modificada em associação ao episódio El Niño sobre o Oceano Pacífico. Fonte: Monitor Climático/Boletim de Monitoramento Climático – Edição Especial, 1997.

#### **B.4) Vórtices Ciclônicos de Ar Superior**

Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) são conjuntos de nuvens que, observados pelas imagens de satélite, tem a forma aproximada de um círculo girando no Hemisfério Sul no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e, no centro, há movimentos descendentes de ar, os quais aumentam a pressão atmosférica local, inibindo a formação de nuvens e, conseqüentemente, a precipitação (Figura II.5.1.1-6).

Os VCAS que penetram na Região Nordeste do Brasil formam-se sobre Oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março, e têm trajetória normalmente de leste para oeste, conforme demonstrado por Gan & Kousky (1982). O tempo médio de vida desses sistemas varia, em média, entre 7 a 10 dias. A maioria dos vórtices ciclônicos de ar superior estão confinados acima de 5000m de altura, pois cerca de 60% não atingem o nível de 700 hPa e em torno de 10% atingem a superfície (Frank, 1966 *appud* Climanálise – CPTEC, 1996). Os ventos são fracos nos níveis baixos e médios, aumentando sua velocidade com a altura e atingindo velocidade máxima em torno de 200 hPa.

Os vórtices ciclônicos são caracterizados por um movimento descendente de ar frio e seco no seu centro e um movimento ascendente de ar quente e úmido na sua periferia, possuindo, portanto, uma circulação direta.



**Figura II.5.1.1-6:** Imagem Meteosat do dia 15/12/2000 (no canal visível) identificando o Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS).

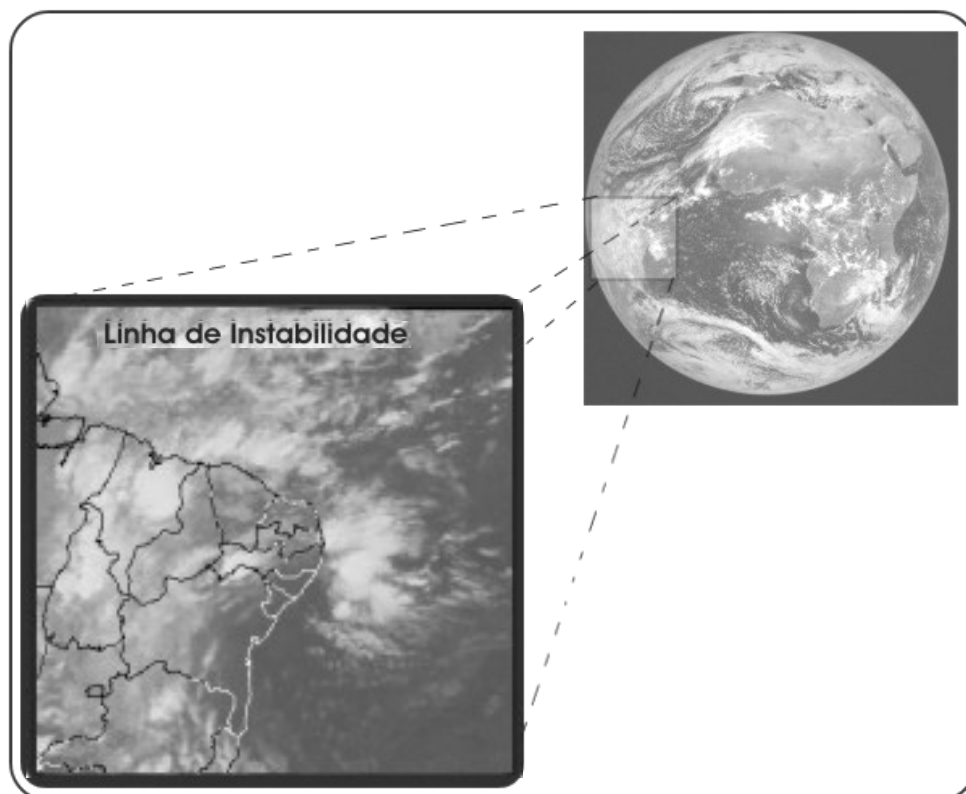
Fonte: EUMESAT (2005).

### **B.5) Linhas de Instabilidade**

Também chamadas de Linhas de Atividade Convectiva, as Linhas de Instabilidade (LI) são caracterizadas pelo desenvolvimento de bandas de nuvens cumulonimbus, organizadas em forma de linha ao longo do litoral e proximidades (Figura II.5.1.1-7). Nesta região, são formadas pela convergência do ar em baixos níveis, geralmente associadas à influência da brisa marítima, e incrementadas pela proximidade da ZCIT.

As Linhas de Instabilidade, presentes no nordeste, desenvolvem-se durante o verão e o outono, mais precisamente nos meses de fevereiro a maio, quase sempre ao sul da Linha do Equador, no período da tarde e início da noite (Cavalcanti, 1982), provocando chuvas intensas na faixa litorânea norte do Nordeste (Aridas, 1994). Podemos citar como as Linhas de Instabilidade podem afetar tanto a área de influência direta como a área de influência indireta, com o

caso de março de 1986, quando, no Ceará, o total de precipitação mensal foi superior a 500 mm, aproximadamente o dobro da média, o que provocou inundações em muitas localidades (Climanálise – CPTEC, 1996).

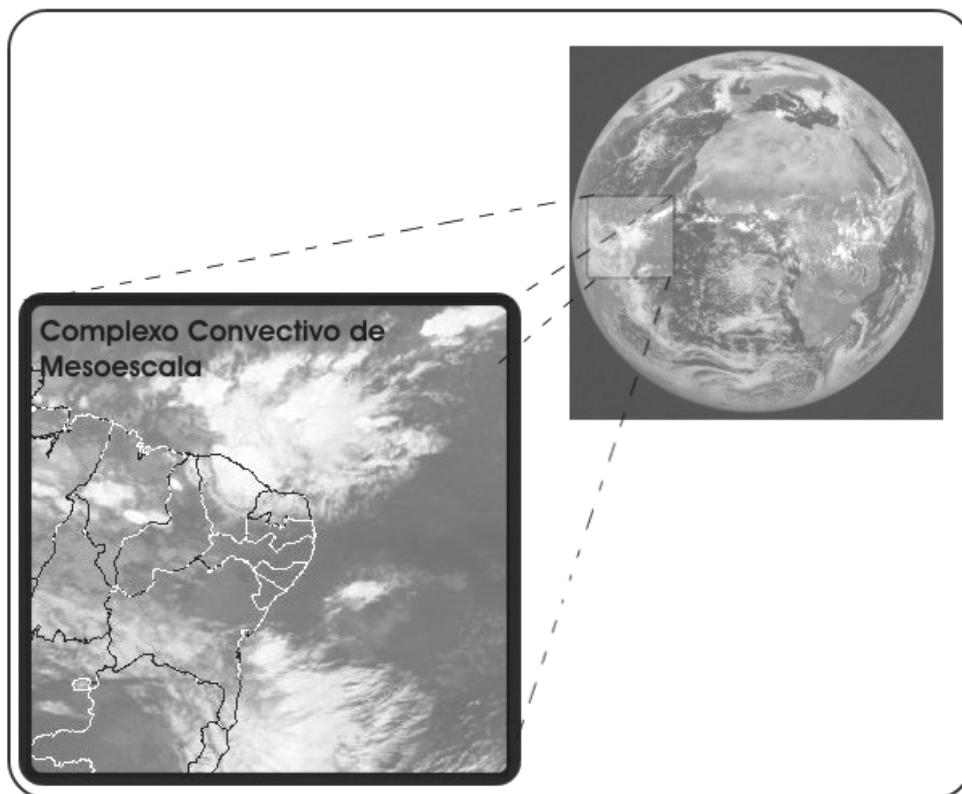


**Figura II.5.1.1-7:** Imagem Meteosat do dia 05/03/1996 (no canal visível) identificando a feição Linha de Instabilidade (LI). Fonte: EUMESAT (2005).

### **B.6) Complexos Convectivos de Mesoescala**

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são aglomerados de nuvens, como visto na Figura II.5.1.1-8, que se formam devido a condições locais favoráveis, tais como temperatura, relevo e pressão, e provocam chuvas fortes de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento. Os CCMs na região subtropical ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e de verão do Hemisfério Sul, formando-se no período noturno, com um ciclo de

vida entre 10 a 20 horas (Souza *et al.*, 1998). As chuvas associadas a esse fenômeno meteorológico ocorrem, normalmente, de forma isolada.



**Figura II.5.1.1-8:** Imagem Meteosat do dia 24/04/1997, 12:00 GMT, no canal visível, identificando o aglomerado de nuvens característico do Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM). Fonte: EUMESAT(2005).

### **B.7) Brisas Marítima e Terrestre**

As brisas consistem em fenômenos de escala de tempo diária, originados pelo efeito do aquecimento diferenciado entre oceano e continente. A maior capacidade da água em reter calor traduz-se em uma menor variação diária de temperatura em relação à massa continental adjacente, provocando gradientes de pressão atmosférica variáveis sobre a região costeira. De uma forma geral, as brisas marítimas ocorrem durante o dia quando a incidência da radiação solar proporciona um rápido aquecimento do solo e gera baixa pressão atmosférica



sobre o continente, ao passo que as brisas terrestres, por sua vez, sopram em direção ao mar durante a noite, quando a maior temperatura relativa do oceano desloca a alta pressão para o continente. Este sistema de ventos é bastante importante nas áreas tropicais do globo uma vez que a umidade transportada pelas brisas marinhas tem grande influência na pluviosidade de regiões costeiras.

### **C) Caracterização Meteorológica**

É apresentada a seguir, para a área de influência das atividades no Campo de Siri, uma descrição detalhada dos seguintes parâmetros meteorológicos: precipitação, evaporação, temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica e regime de ventos.

Foram utilizadas nesta caracterização informações contidas na base estatística do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1992), construídas a partir de séries históricas coletadas por estações meteorológicas próprias entre os anos de 1961 e 1990, em respeito às seguintes localidades: Jaguaruana, no Estado do Ceará; Mossoró, Macau e Ceará Mirim, no Estado do Rio Grande do Norte. Também é utilizada a análise de uma série contínua de registros horários de intensidade e direção do vento, temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica, perfazendo um período de aproximadamente 34 meses, oriunda de estação aerológica pertencente à Petrobrás na localidade de Praia de Minhoto, Rio Grande do Norte, em região litorânea adjacente ao Campo de Siri (PETROBRAS, 2005).

As posições das localidades citadas estão listadas a seguir, na Tabela II.5.1.1-1, e representadas no mapa da Figura II.5.1.1-19, ao final desta seção.

Adicionalmente, as análises relativas ao regime de ventos na área em estudo são complementadas por climatologias mensais de vento elaboradas com base em informações extraídas de bases de dados globais e de observações feitas por sensores remotos instalados em satélites de pesquisa.

**Tabela II.5.1.1-1: Informações de posição das localidades da base do INMET da e estação aerológica utilizadas neste estudo .**

LOCALIDADE	LATITUDE	LONGITUDE
Jaguaruana – CE	04,47° S	37,36° W
Ceará Mirim – RN	05,39° S	35,25° W
Macau – RN	05,07° S	36,38° W
Mossoró – RN	05,11° S	37,20° W
Estação Praia do Minhoto – RN	05,09° S	36,38° W

### C.1) Precipitação

A precipitação pluviométrica é a variável meteorológica que estabelece as condições climáticas na Região Nordeste do Brasil (NEB), definindo-a em duas estações: chuvosa e seca (Projeto Áridas, 1994), e permitindo determinar também regiões climáticas homogêneas. A maior parte do total pluviométrico anual observado sobre a região concentra-se em quatro meses do ano, de fevereiro a maio, os quais compreendem a estação chuvosa principal no setor setentrional dessa região (Souza *et. al*, 1999).

As médias pluviométricas mensais mais significativas para as localidades de Jaguaruana e Mossoró, entre os anos de 1961 a 1990 (Tabela II.5.1.1-2), ocorrem entre os meses de fevereiro e maio, confirmando este período como a estação chuvosa principal da região, recebendo médias anuais de 906.1 mm e 765.8 mm, respectivamente. De acordo com a série de dados, Ceará Mirim-RN experimenta um período chuvoso mais extenso, de fevereiro a julho, e recebe uma média anual de chuva de 1261.1 mm.

**Tabela II.5.1.1-2:** *Dados de precipitação mensal e anual médios (em mm) para as localidades da base do INMET.*

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	29,6	123,4	231,2	181,3	115,2	55,1	45,7	54,8	47,8	3,3	1,2	17,5	<b>906,1</b>
Ceará Mirim-RN	53,9	109,4	187,8	204,5	172,2	173,3	160	80,5	48,8	18,7	17,5	34,5	<b>1261,1</b>
Macau-RN	31,7	66,9	136,7	169,4	100,7	36,5	29,2	7,9	5,1	1	3,4	11,2	<b>599,7</b>
Mossoró-RN	59,2	106	151	195,1	112,5	51,6	42,9	10	6,5	2,3	3	25,7	<b>765,8</b>

Fonte: “Normais Climatológicas – Série 1961/1990” (INMET, 1992)

Teixeira (1990), utilizando dados horários da estação meteorológica da FUNCEME (3.73° S, 38.53° W) do período compreendido entre os anos de 1974 a 1987, concluiu que a maior parte das chuvas, em todos os meses do ano, ocorre durante a madrugada e no período da manhã, evidenciando que o fenômeno das brisas exerce influência na precipitação. A brisa terrestre, que apresenta sua maior intensidade no período da madrugada e início da manhã, parece, portanto, ter servido de mecanismo de contribuição em muitas das precipitações ocorridas no período estudado.

### **C.2) Evaporação Total**

O parâmetro evaporação apresenta comportamento inverso ao da precipitação, como pode ser observado nos gráficos apresentados na Figura II.5.1.1-9, uma vez que os fatores que o regem consistem nos mesmos sistemas meteorológicos controladores da chuva na região. É possível observar pelas taxas médias mensais de evaporação para a série temporal de 1961 a 1990 (Tabela II.5.1.1-3), que os valores observados são menores durante o período compreendido entre os meses de fevereiro a maio, ou seja, durante a estação chuvosa principal da região. De um modo geral, a evaporação aumenta significativamente entre os meses de junho e agosto, atingindo um pico máximo entre setembro e novembro, e decrescendo nos meses seguintes. Tal incremento de evaporação está relacionado à intensificação dos ventos alísios de sudeste provocados pelo deslocamento do Sistema de Alta Pressão do Atlântico Tropical.

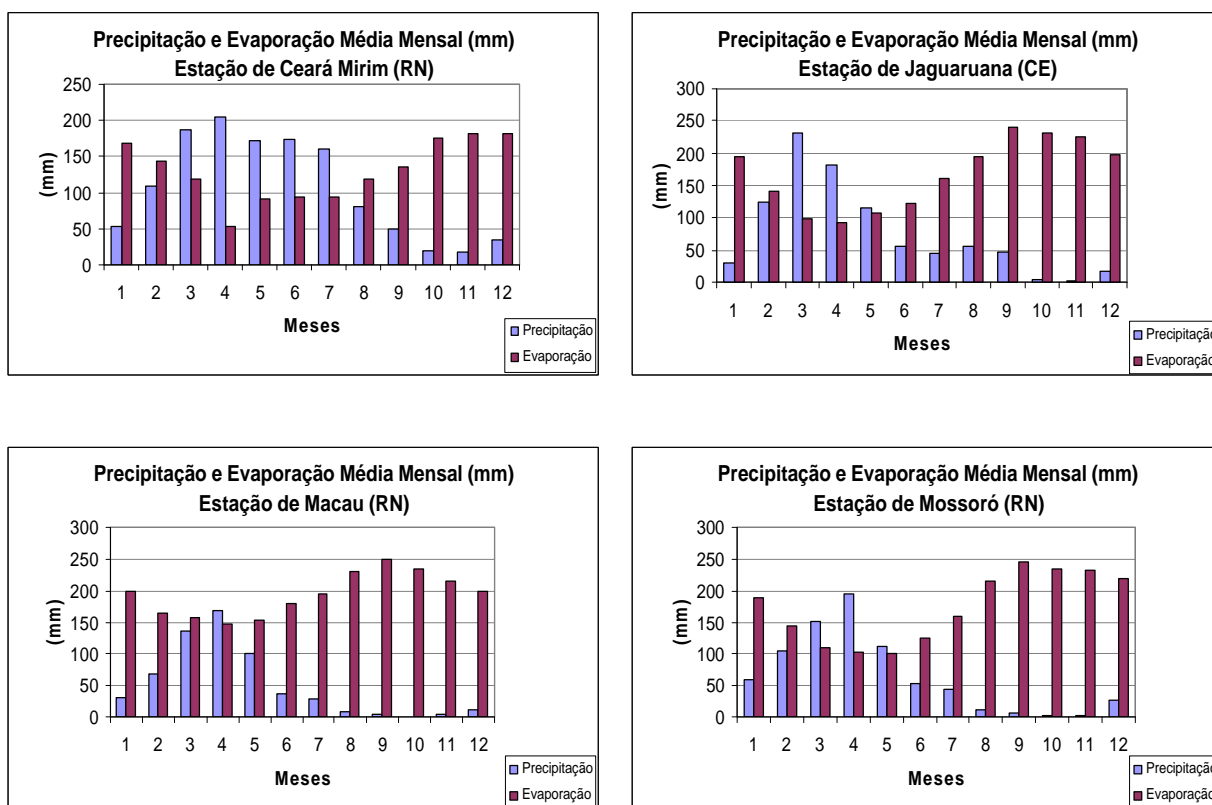
Macau é a localidade com o menor total pluviométrico (599,7mm), e apresenta a maior taxa de evaporação média anual (2322,6 mm). Com exceção do mês de abril, as taxas mensais de evaporação superam as taxas de precipitação (Figura II.5.1.1-9) nessa estação. Para as localidades de Jaguaruana e Mossoró, as respectivas taxas de evaporação média mensal e sua variação ao longo do ano são bastante semelhantes entre si, e estão de acordo com o padrão descrito no parágrafo anterior. Em Jaguaruana, os menores valores para evaporação correspondem aos meses de maior pluviosidade local, verificados em março e abril.

Com base no índice hídrico de -39,04, calculado para os dados da localidade de Macau a partir do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) – que leva em conta o excedente e a deficiência anual hídrica e a evapotranspiração potencial – a classificação climática proposta por Thornthwaite (1948) descreve o clima da região como semi-árido (faixa de valores entre -20 e -40).

**Tabela II.5.1.1-3:** Dados de Evaporação Média Mensal (em mm) para as localidades da base do INMET.

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	195,6	142,5	98,0	91,7	107,0	121,5	161,2	195,1	240,2	230,4	224,9	196,5	<b>2004,6</b>
Ceará Mirim-RN	168,1	142,8	119,0	54,0	90,8	93,1	93,6	118,6	134,9	176,3	181,3	181,0	<b>1553,5</b>
Macau-RN	199,9	163,3	157,3	146,3	153,8	180,4	195,0	229,5	249,1	234,4	214,1	199,5	<b>2322,6</b>
Mossoró-RN	188,3	145,3	110,0	103,6	101,7	125,0	159,3	214,7	244,3	235,0	231,5	218,9	<b>2077,6</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)



**Figura II.5.1.1-9:** Gráficos comparativos dos valores médios mensais de Evaporação (colunas em vermelho) e Precipitação (colunas em azul) para as localidades da base do INMET (dados de 1961 e 1990).

### C.3) Temperaturas Média, Máxima e Mínima

Os parâmetros temperatura média mensal do ar e médias mensais dos máximos e mínimos diários, apresentados nas Tabelas II.5.1.1-4, II.5.1.1-5 e II.5.1.1-6, respectivamente, descrevem comportamento similar em toda a região descrita pelas localidades deste estudo. De um modo geral, são evidentes baixas amplitudes térmicas anuais e menores temperaturas médias entre o fim da estação chuvosa (junho e julho) e o fim do ano, quando os valores voltam a crescer. Os gráficos correspondentes a essas variações estão apresentados na Figuras II.5.1.1-10. Já as Tabelas II.5.1.1-7 e II.5.1.1-8 revelam os valores mínimos e máximos observados de temperatura nestas localidades.

**Tabela II.5.1.1-4: Dados de Temperatura Média Mensal (em °C) para as localidades da base do INMET.**

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	27,9	24,0	26,9	26,9	25,2	26,1	26,0	26,4	27,3	27,5	28,1	26,0	<b>26,5</b>
Ceará Mirim-RN	26,4	26,5	26,3	26,1	25,4	25,2	24,0	24,2	23,4	24,7	25,9	26,3	<b>25,4</b>
Macau-RN	27,5	28,6	27,4	28,2	27,0	26,4	25,0	26,2	26,6	26,9	25,7	26,7	<b>26,8</b>
Mossoró-RN	26,8	25,0	27,3	27,3	27,0	26,7	26,5	27,1	27,7	28,1	28,3	28,7	<b>27,2</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)

**Tabela II.5.1.1-5: Valores médios mensais para Temperatura Máxima Diária (em °C) para as localidades da base do INMET.**

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	33,8	32,9	29,4	31,8	32,0	31,5	32,0	33,2	34,0	34,1	34,0	33,7	<b>32,7</b>
Ceará Mirim-RN	31,4	31,3	31,0	30,6	29,7	28,8	28,3	29,1	29,5	30,4	31,0	31,3	<b>30,2</b>
Macau-RN	31,2	31,3	31,3	31,4	29,0	31,2	30,9	31,8	30,9	31,1	31,1	31,5	<b>31,1</b>
Mossoró-RN	34,1	33,3	32,6	32,3	32,3	32,3	32,5	33,8	34,4	34,6	34,6	34,4	<b>33,4</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)

**Tabela II.5.1.1-6: Dados de valores médios mensais para Temperatura Mínima Diária (em °C) para as localidades da base do INMET.**

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	23,7	23,5	23,5	23,4	22,9	21,8	21,2	21,1	21,8	22,6	23,8	23,5	<b>22,7</b>
Ceará Mirim-RN	22,1	24,4	22,6	22,6	22,0	21,4	20,7	20,5	20,6	21,1	21,5	22,0	<b>21,8</b>
Macau-RN	22,8	24,1	23,6	23,1	22,8	20,3	20,4	21,0	20,3	21,9	22,1	22,9	<b>22,1</b>
Mossoró-RN	23,7	23,5	23,3	23,2	22,8	21,9	21,6	21,3	21,9	22,8	23,2	23,6	<b>22,7</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)

Ceará-Mirim e Macau, embora possuam níveis distintos de pluviosidade, apresentam curvas de temperatura média de acordo com o comportamento deste parâmetro descrito para a região, com respectivas amplitudes térmicas de 3,1°C e 3,6°C. A maior temperatura média é observada em fevereiro para ambas as localidades, 26,4°C para Ceará Mirim e 28,6°C para Macau, e as mínimas situam-se em julho para Macau, 25°C, e setembro para Ceará Mirim, 23,4°C. Em Macau, enquanto a curva de temperatura mínima segue a tendência mostrada pela linha de temperatura média e apresenta grande variação ao longo do ano, em torno de 3,8°C, a temperatura máxima varia menos, ficando em torno de 31°C e com amplitude de 2,8°C. As menores médias de temperatura mínima ocorrem em junho e setembro para Macau, 20,3°C, e em agosto para Ceará Mirim, 20,5°C. Nessa localidade, a maior média de temperatura máxima ocorre no mês janeiro, 31,4°C, enquanto que em Macau o valor máximo é registrado em agosto (31,8°C). As temperaturas mínimas absolutas ocorreram em julho para ambas as estações: no ano de 1974 para Ceará-Mirim (16,3°C) e em 1964 em Macau (17,3°C). As máximas absolutas para essas localidades ocorreram em março/1988 para Ceará-Mirim (34,1°C) e fevereiro/1985 para Macau (36,8°C).

Mossoró e Jaguaruana apresentam comportamentos semelhantes quanto ao parâmetro temperatura durante o ano. Embora o período de declínio da temperatura média em ambas localidades seja entre maio e julho (coincidindo com o fim da estação chuvosa na região), com suave aumento a partir de agosto, os valores médios mínimos são observados no mês de fevereiro, sendo de 25°C para Mossoró e de 24°C para Jaguaruana. A amplitude de variação da temperatura média durante o ano para estas estações é de 3,7°C e 4,1°C, respectivamente. Os valores médios mensais de temperatura mínima são bastante semelhantes nas duas localidades, e as médias anuais são idênticas, de 22,7°C. Ambas registram os menores valores de temperatura mínima em agosto, sendo de 21,1°C em Jaguaruana e 21,3°C em Mossoró. Os valores médios de temperatura máxima mostram tendências semelhantes de aumento a partir de setembro, apesar de Jaguaruana apresentar redução abrupta no mês de março. As duas localidades registram as maiores médias mensais de temperatura máxima entre os meses de setembro e novembro: em torno de 34,0°C para Jaguaruana e 34,5° para Mossoró, com as respectivas amplitudes de variação de

4,4°C e 2,3°C. As duas localidades registraram a temperatura máxima absoluta no mês de fevereiro: no ano de 1984, em Jaguaruana (37,5°C), e em 1982, para Mossoró (38,3°C). Já a temperatura mínima absoluta ocorreu em junho de 1982, em Jaguaruana (16,9°C), e em abril de 1976, em Mossoró (16,2°C).

**Tabela II.5.1.1-7:** Dados de Temperatura Mínima Absoluta Mensal (em °C) e respectiva data da ocorrência para as localidades da base do INMET. Em azul é destacado o valor mínimo da série histórica (1961-1990).

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Jaguaruana-CE	19,9	20,8	21,2	19,2	19,0	16,9	17,5	17,1	17,9	18,2	17,3	20,1
	14/83	01/86	23/71	11/70	26/70	14/82	17/72	16/75	21/71	18/88	16/78	05/88
Ceará Mirim-RN	18,5	18,5	19,0	20,0	19,2	18,8	16,3	17,6	17,0	17,7	18,6	19,3
	03/68	19/74	09/80	01/79	25/70	16/76	04/74	01/86	04/75	13/76	01/75	09/70
Macau-RN	20,3	20,2	19,8	20,2	18,2	18,4	17,3	17,6	20,0	17,4	18,2	18,4
	25/64	12/65	31/68	13/62	26/81	13/68	13/64	01/86	20/84	23/86	29/64	04/63
Mossoró-RN	20,5	18,8	18,7	16,2	18,0	18,4	18,0	16,9	17,1	17,6	18,9	20,6
	04/77	13/76	31/76	24/76	04/76	19/76	22/77	13/71	14/86	23/74	13/74	21/90

Fonte: “Normais Climatológicas – Série 1961/1990” (INMET, 1992)

**Tabela II.5.1.1-8:** Dados de Temperatura Máxima Absoluta Mensal (em °C) e respectiva data da ocorrência para as localidades da base do INMET. Em vermelho é destacado o valor máximo da série histórica (1961-1990).

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Jaguaruana-CE	37,3	37,5	36,9	36,3	36,0	36,2	37,1	36,6	37,2	36,9	36,9	36,3
	15/88	28/84	01/83	22/83	18/83	04/80	08/70	16/79	29/87	29/70	03/81	20/82
Ceará Mirim-RN	33,6	33,7	34,1	33,6	32,2	31,8	31,4	31,0	32,4	32,7	32,8	33,2
	17/80	03/87	20/88	06/79	08/82	20/81	06/87	11/83	26/81	26/81	30/79	24/79
Macau-RN	35,8	36,8	36,1	35,7	35,2	34,8	35,4	35,0	35,4	36,2	35,6	34,7
	29/78	27/85	21/83	14/83	09/80	24/90	27/83	28/73	12/85	05/89	20/90	07/66
Mossoró-RN	37,3	38,3	37,6	37,1	36,8	37,4	36,4	37,2	37,8	37,8	37,8	37,8
	25/82	07/82	21/83	30/83	17/83	04/80	15/80	10/83	27/89	27/87	03/81	03/79

Fonte: “Normais Climatológicas – Série 1961/1990” (INMET, 1992)



Uma vez agrupados em três sub-séries anuais para melhor comparação dos resultados, os dados da estação aerológica da Praia do Minhoto revelam máximas temperaturas médias no mês de dezembro para as séries 1 e 3, e no mês de fevereiro para a série 2, descrevendo amplitudes de variação de 2,86°C, 1,49°C e 1,65°C, respectivamente (Tabela II.5.1.1-9). O comportamento descrito pelas curvas de temperatura média nesta estação, como observado pela Figura II.5.1.1-11, revela pouca variação entre as séries anuais, mantendo estas temperaturas médias próximas entre si e dentro do domínio descrito pelas base histórica do INMET (entre 25,4° e 27,2°C).

**Tabela II.5.1.1-9:** *Dados de Temperatura Média Mensal (em °C) em para as três séries de dados da estação da Praia do Minhoto .*

Série 1	Set/01	Out/01	Nov/01	Dez/01	Jan/02	Fev/02	Mar/02	Abr/02	Mai/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	MÉDIA
	26,17	26,27	26,45	27,36	26,56	27,11	26,85	27,01	26,69	25,79	24,50	26,15	26,4
Série 2	Set/02	Out/02	Nov/02	Dez/02	Jan/03	Fev/03	Mar/03	Abr/03	Mai/03	Jun/03	Jul/03	Ago/03	MÉDIA
	25,87	26,47	26,38	26,98	26,76	27,36	26,57	26,87	26,92	26,67	26,56	26,31	26,6
Série 3	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Fev/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	MÉDIA
	26,75	26,74	26,81	27,04	26,48	26,73	26,88	26,96	26,37	25,39	n.d.	n.d.	26,6

n.d.: Não disponível.

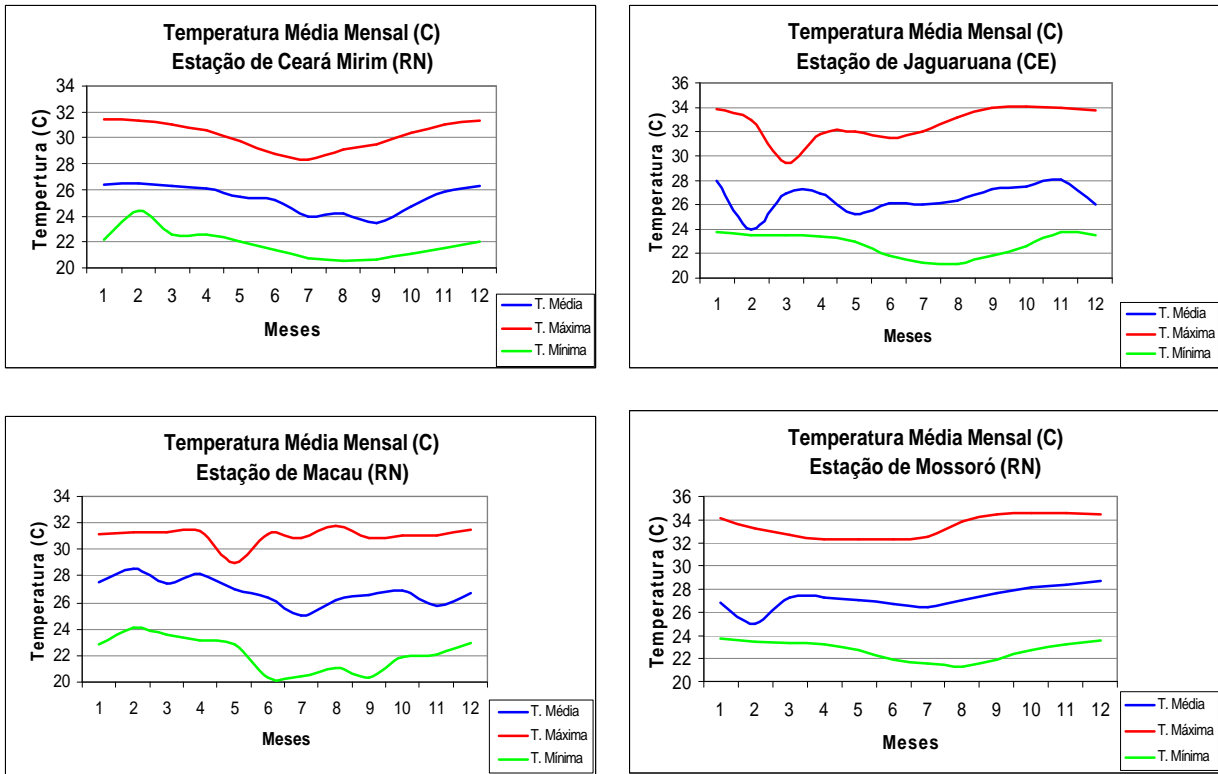


Figura II.5.1.1-10: Curvas de valores mensais de Temperatura Média, Temperatura Máxima e Mínima para as localidades da base do INMET (dados de 1961 e 1990).

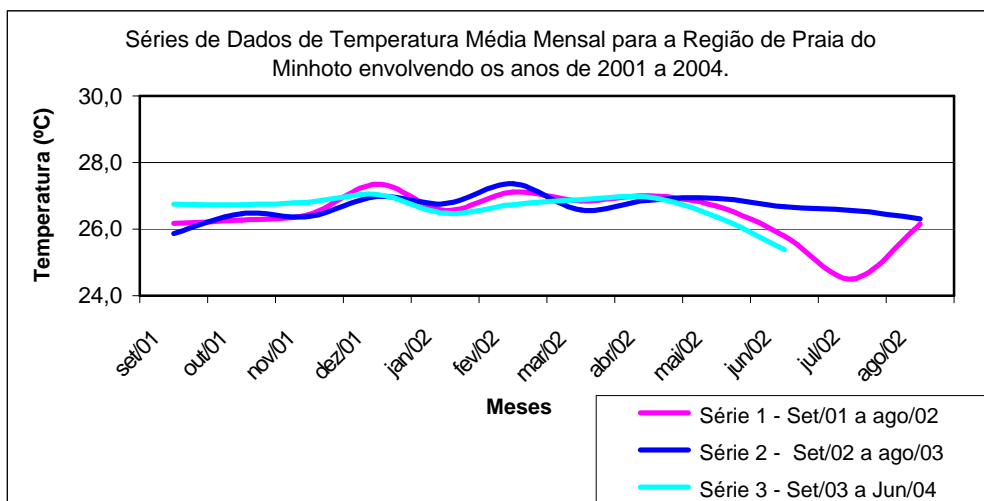


Figura II.5.1.1-11: Gráfico de Temperatura Média Mensal para as três séries da estação terrestre da Praia do Minhoto.

#### **C.4) Umidade Relativa**

A Tabela II.5.1.1-10 apresenta os valores de umidade relativa média mensal do ar para as localidades da base do INMET, enquanto que a Tabela II.5.1.1-11 apresenta os valores deste parâmetro para as três séries de dados da estação da Praia do Minhoto. O comportamento deste parâmetro meteorológico ao longo do ano nas localidades descritas obedece a um padrão comum de variação, como pode ser observado nas Figuras II.5.1.1-12 e II.5.1.1-13, o qual está intimamente relacionado com a pluviosidade local. Desta forma, pode-se esperar que a umidade relativa do ar apresente-se maior durante o principal período de chuvas da região, podendo se estender a julho em determinadas localidades.

Ceará-Mirim foi a localidade que apresentou o maior índice mensal de precipitação dentre as estações meteorológicas consideradas, além de registrar também o valor de umidade média mais significativo. Nesta, a umidade ultrapassa os 80% entre março e julho, podendo chegar até agosto. Os valores de umidade situam-se em torno de 75% entre setembro e dezembro, voltando a subir nos primeiros meses do ano. A média anual para essa localidade foi de 79,3%.

Macau e Mossoró, por sua vez, além de apresentarem os menores índices de pluviosidade locais, registram os menores valores de umidade relativa do ar. Embora as curvas de umidade para essas estações estejam de acordo com o padrão geral, as amplitudes de variação são bem menores que as observadas para as localidades de maior pluviosidade. Em Macau, os maiores valores de umidade relativa média mensal do ar, em torno de 75%, ocorrem entre os meses de março a maio, e o menor valor (66,0%) em novembro. A média anual da umidade relativa do ar para a localidade de Mossoró, 68,5%, é a mais baixa das localidades analisadas. Nesta, o mês de setembro experimenta o valor mais baixo de umidade relativa média, 61%, e o mês de março, a maior com 78,0%. Assim como a pluviosidade local, Jaguaruana registra um valor de umidade relativa anual (73,3%) intermediário entre as localidades mais secas (Macau e Mossoró), e a mais chuvosa e úmida (Ceará-Mirim), com o máximo ocorrendo em março e abril (82%), e o mínimo entre agosto e novembro (68%).

Concordando com o modo de variação descrito pelas localidades da base do INMET, os valores de umidade relativa na estação da Praia do Minhoto apresentaram máximos (78%), no mês de janeiro para as séries 1 e 3, e no mês de março para a série 2, indicando maior pluviosidade local durante estes meses. Os mínimos recaem durante a estação seca, em agosto, julho e setembro para as séries 1 (65%), 2 (62%) e 3 (65%), respectivamente, embora esta última não tenha registrado dados em julho e agosto de 2004. As médias das séries ficaram entre 71,3% (série 2) e 73,2% (série 3), não indicando variabilidades interanuais.

**Tabela II.5.1.1-10:** Valores de Umidade Relativa média mensal e anual (em %) para as localidades da base do INMET.

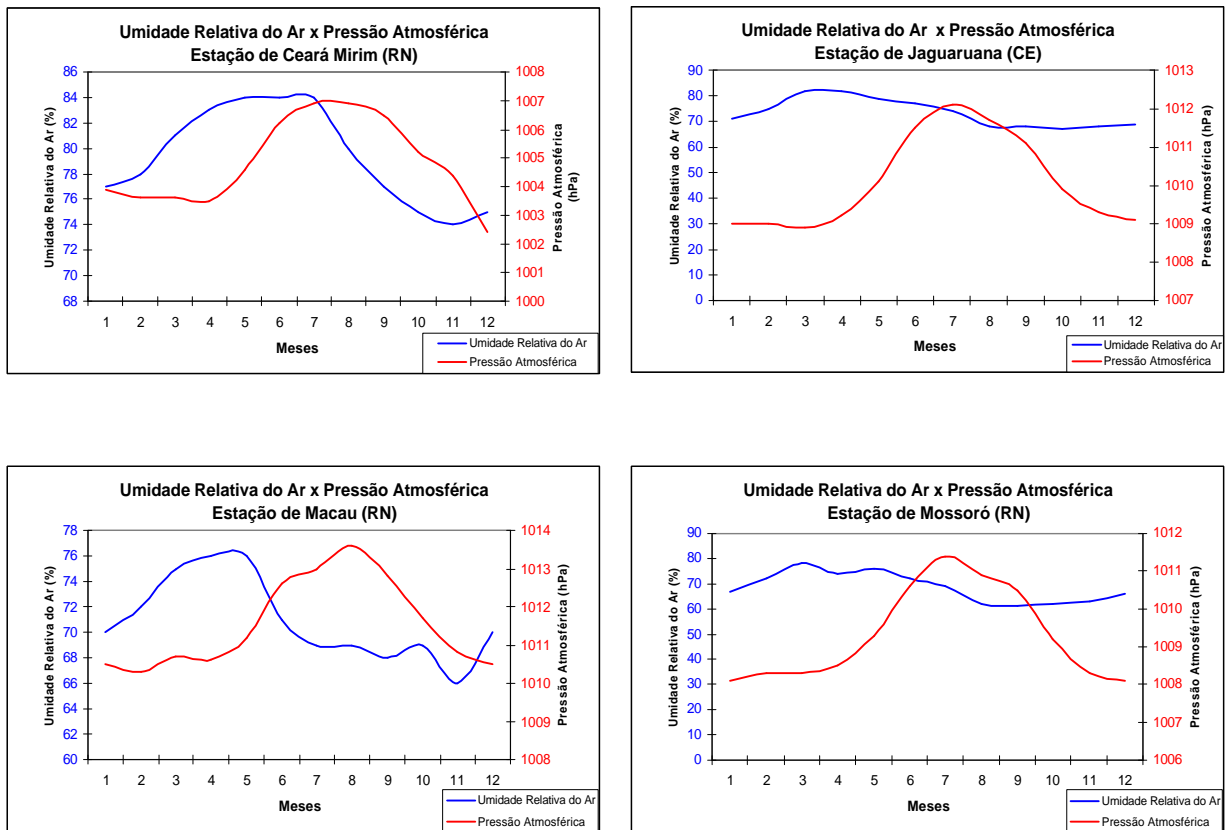
ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana-CE	71,0	75,0	82,0	82,0	79,0	77,0	74,0	68,0	68,0	67,0	68,0	69,0	<b>73,3</b>
Ceará Mirim-RN	77,0	78,0	81,0	83,0	84,0	84,0	84,0	80,0	77,0	75,0	74,0	75,0	<b>79,3</b>
Macau-RN	70,0	72,0	75,0	76,0	76,0	71,0	69,0	69,0	68,0	69,0	66,0	70,0	<b>70,8</b>
Mossoró-RN	67,0	72,0	78,0	74,0	76,0	72,0	69,0	62,0	61,0	62,0	63,0	66,0	<b>68,5</b>

Fonte: “Normais Climatológicas” – Série 1961/1990-DNMET, Brasília, Maio de 1992.

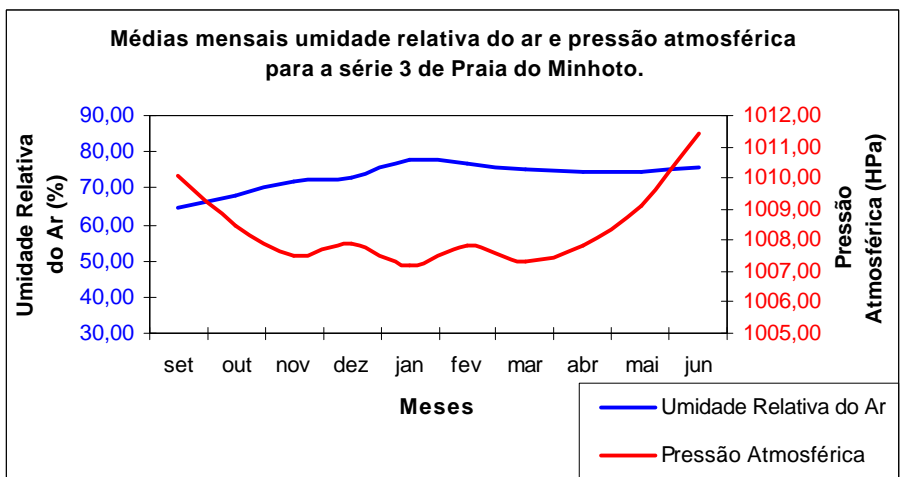
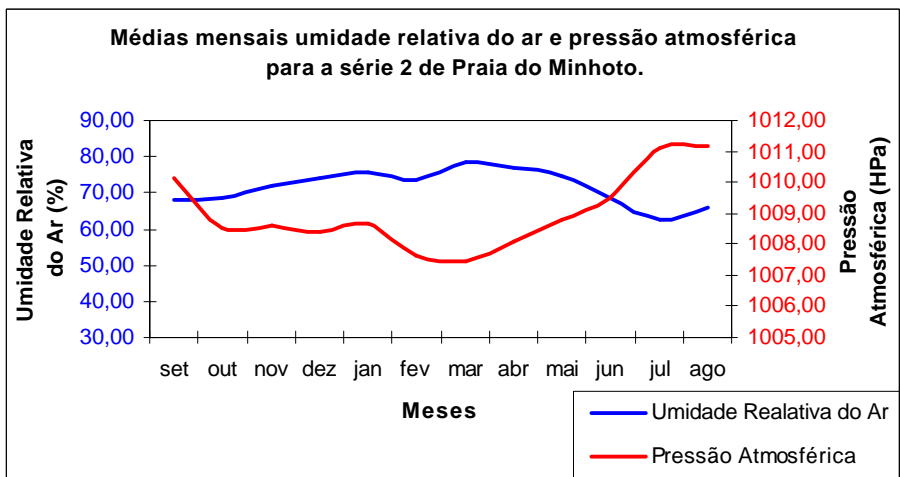
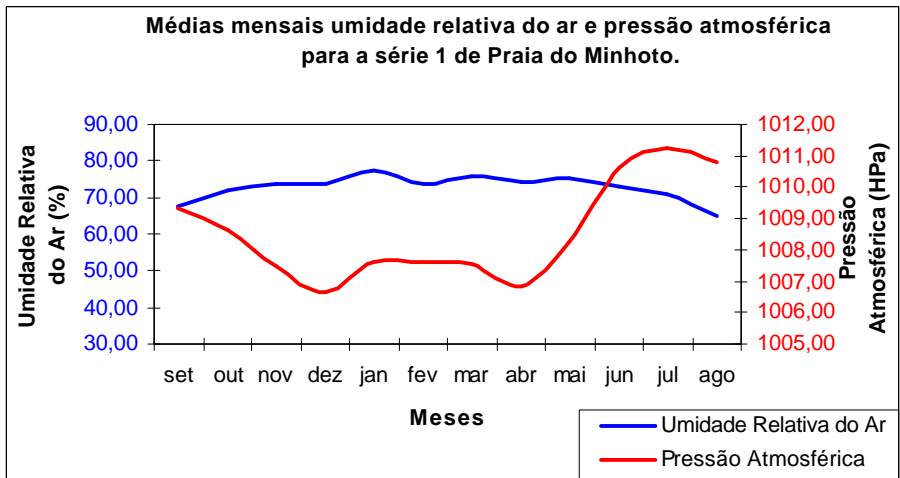
**Tabela II.5.1.1-11:** Dados de Umidade Relativa média mensal para as três séries de dados da estação da Praia do Minhoto (em %).

Série 1	Set/01	Out/01	Nov/01	Dez/01	Jan/02	Fev/02	Mar/02	Abr/02	Mai/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	MÉDIA
	67,0	72,0	74,0	74,0	78,0	74,0	76,0	74,0	75,0	73,0	71,0	65,0	<b>72,7</b>
Série 2	Set/02	Out/02	Nov/02	Dez/02	Jan/03	Fev/03	Mar/03	Abr/03	Mai/03	Jun/03	Jul/03	Ago/03	MÉDIA
	68,0	68,0	72,0	74,0	76,0	73,0	78,0	77,0	74,0	68,0	62,0	66,0	<b>71,3</b>
Série 3	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Fev/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	MÉDIA
	65,0	68,0	72,0	73,0	78,0	77,0	75,0	74,0	75,0	75,0	n.d.	n.d.	<b>73,2</b>

n.d.: Não disponível.



**Figura II.5.1.1-12:** Gráficos conjugados de valores médios mensais Umidade Relativa do Ar (curva e escala em azul) e Pressão Atmosférica (curva e escala em vermelho) para as localidades da base do INMET.



**Figura II.5.1.1-13:** Gráficos conjugados de Umidade Relativa do Ar e Pressão Atmosférica para a primeira, segunda e terceira séries de dados da estação da Praia do Minhoto.

### **C.5) Pressão Atmosférica**

Pela análise dos valores médios mensais de pressão atmosférica apresentados nas Tabelas II.5.1.1-12 e II.5.1.1-13, constata-se que esse parâmetro acompanha a migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ao longo do ano, apresentando, de uma forma geral, menores valores durante a estação chuvosa da Região Nordeste do Brasil. Esse comportamento justifica-se pelo fato desta feição meteorológica ser caracterizada por intensa componente ascendente de ar, alta nebulosidade e baixas pressões atmosféricas, sendo sua presença sobre o Nordeste do Brasil associada à precipitação na região.

Um detalhe a se observar nos dados é a ocorrência do maior valor médio de pressão no mês de julho, para as localidades de Jaguaruana, Ceará Mirim e Mossoró.

Apenas em Macau o maior valor médio ocorreu em agosto. Contribui para este padrão o fato de a ZCIT iniciar seu deslocamento em direção às latitudes mais altas do hemisfério norte a partir de maio, como discutido no início desta seção, gerando subsidência sobre a Região Nordeste e elevando a pressão atmosférica local. Pode-se observar através dos gráficos da Figura II.5.1.1-12, apresentada anteriormente, que os valores médios mensais de pressão nas localidades da região começam a aumentar a partir do fim do período de chuvas, em maio, atingindo o pico em julho, e começando a decrescer a partir de agosto. Em termos comparativos, constata-se que Ceará-Mirim registra valores médios mensais de pressão atmosférica bem menores do que as demais estações em estudo.

Os dados de pressão atmosférica da Praia de Minhoto observam o mesmo comportamento: como apresentado pela figura II.5.1.1-13, alternam máximos e mínimos mensais entre as estações seca e chuvosa, respectivamente, e relação indireta com a curva de umidade relativa. Entre as séries, não há variações significativas, com as médias anuais bastante próximas (1008,5 a 1009,0 hPa).

**Tabela II.5.1.1-12:** Valores de pressão atmosférica média mensal e anual (em hPa) da série de dados coletados entre 1961 e 1990 pelas as estações em estudo

ESTAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Jaguaruana	1009,0	1009,0	1008,9	1009,2	1010,1	1011,5	1012,1	1011,7	1011,1	1009,9	1009,3	1009,1	<b>1010,1</b>
Ceará Mirim	1003,9	1003,6	1003,6	1003,5	1004,6	1006,2	1006,9	1006,9	1006,5	1005,2	1004,4	1002,4	<b>1004,8</b>
Macau	1010,5	1010,3	1010,7	1010,6	1011,2	1012,6	1013,0	1013,6	1012,8	1011,7	1010,8	1010,5	<b>1011,5</b>
Mossoró	1008,1	1008,3	1008,3	1008,5	1009,3	1010,6	1011,4	1010,9	1010,5	1009,2	1008,3	1008,1	<b>1009,3</b>

Fonte: "Normais Climatológicas – Série 1961/1990" (INMET, 1992)

**Tabela II.5.1.1-13:** Dados de Pressão Atmosférica média mensal para as três séries de dados da estação da Praia do Minhoto - 2001 a 2004 (%).

Série 1	Set/01	Out/01	Nov/01	Dez/01	Jan/02	Fev/02	Mar/02	Abr/02	Mai/02	Jun/02	Jul/02	Ago/02	MÉDIA
	1009,3	1008,6	1007,5	1006,6	1007,6	1007,6	1007,5	1006,8	1008,2	1010,6	1011,2	1010,8	<b>1008,5</b>
Série 2	Set/02	Out/02	Nov/02	Dez/02	Jan/03	Fev/03	Mar/03	Abr/03	Mai/03	Jun/03	Jul/03	Ago/03	MÉDIA
	1010,2	1008,5	1008,6	1008,4	1008,7	1007,6	1007,5	1008,1	1008,8	1009,5	1011,1	1011,2	<b>1009,0</b>
Série 3	Set/03	Out/03	Nov/03	Dez/03	Jan/04	Fev/04	Mar/04	Abr/04	Mai/04	Jun/04	Jul/04	Ago/04	MÉDIA
	1010,1	1008,5	1007,5	1007,9	1007,2	1007,8	1007,3	1007,8	1009,1	1011,4	n.d.	n.d.	<b>1008,5</b>

n.d.: Não disponível.

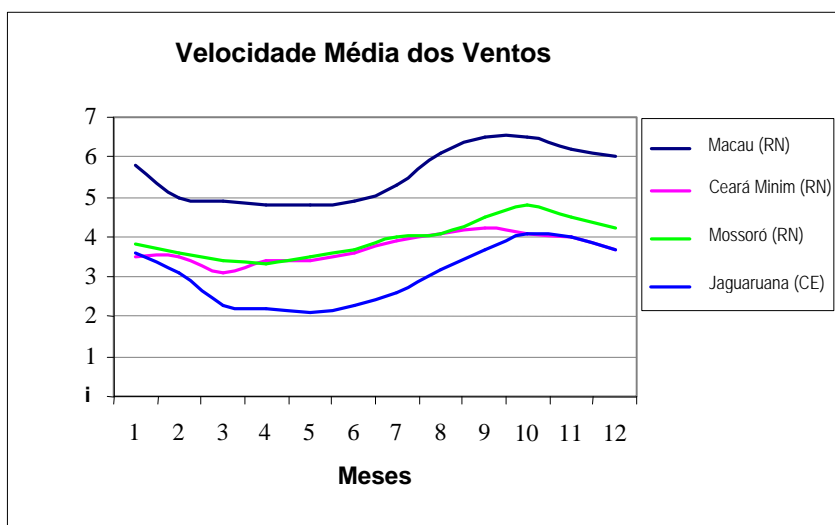
## C.6) Ventos

De acordo com os dados utilizados nesta análise, registros horários de intensidade e direção de ventos provenientes das estações anemométricas da Rede Climatológica do Nordeste, correspondendo a um período que abrange 5 anos de observações, entre 1977 a 1981, e das séries da estação de Praia do Minhoto, entre setembro de 2001 a junho de 2004, verifica-se um comportamento anual marcante para toda a região da área de influência do Campo de Siri.

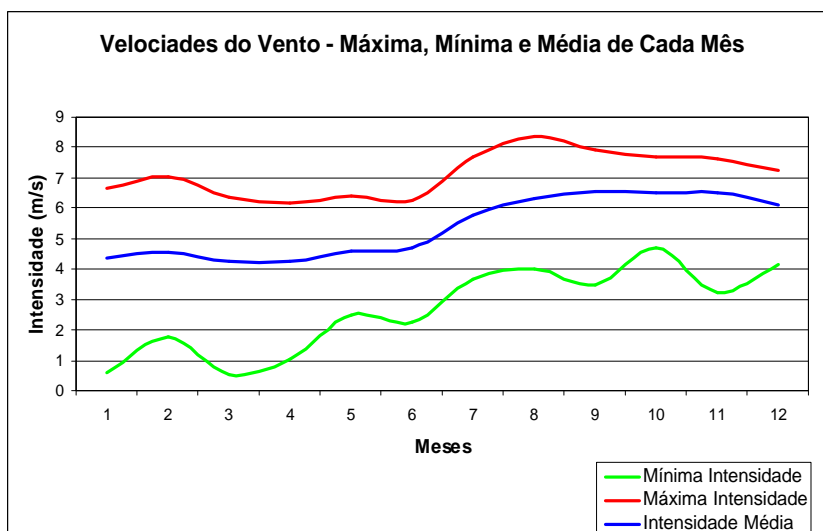


Em termos de intensidade de vento, observa-se pelas Figuras II.5.1.1-14 e II.5.1.1-15 que, de uma forma geral, a velocidade média à superfície começa a diminuir a partir do mês de novembro, após um máximo entre setembro e outubro, chegando a valores mínimos entre março e junho. Uma das explicações climatológicas para este fato é que entre os meses de agosto e outubro o sistema de Alta Pressão do Atlântico Sul se desloca para regiões oceânicas de menor latitude, deixando os ventos alísios de sudeste mais intensos e impelindo a ZCIT para o norte do Equador. Nos meses de fevereiro a maio, no entanto, ocorre o contrário, com o deslocamento da ZCIT sobre a costa norte do nordeste brasileiro com o enfraquecimento dos alísios.

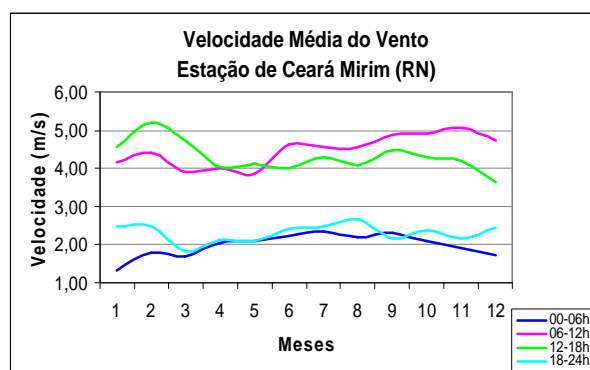
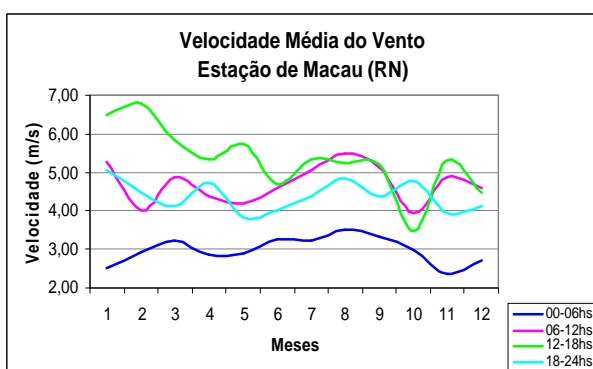
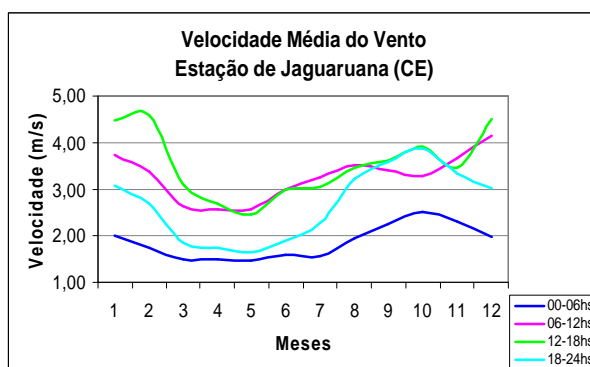
Já o comportamento diário dos ventos está associado diretamente às diferenças de temperatura entre oceano e continente, e ao ciclo de variação diária deste parâmetro nestes ambientes. Enquanto o oceano possui menor variabilidade térmica em relação ao continente, este apresenta aquecimento máximo após as 12h locais, fazendo com que as maiores velocidades médias diárias apresentem-se no período compreendido entre 12h e 18h. Pelos gráficos apresentados na Figura II.5.1.1-16, verifica-se que as maiores velocidades médias do vento para Jaguaruana são observadas nos meses de dezembro a fevereiro, chegando a atingir valores da ordem de 4,5 m/s entre 12h e 18h. As menores velocidades médias são observadas entre 0h e 6h, e atingem valores de aproximadamente 1,5 m/s nos meses de março a julho. Para Macau, as maiores velocidades médias ocorrem no período compreendido entre 12h e 18h. Macau observa uma diminuição significativa dos ventos no mês de outubro nesse período do dia, chegando a aproximadamente 4,0 m/s entre 6h e 12h, e 3,5 m/s entre 12h e 18h. Para a cidade de Ceará Mirim, as maiores velocidades médias ocorrem no período compreendido entre 6h e 18h, variando, aproximadamente, de 4,0 m/s a 5,0 m/s nesse período durante todo o ano. As menores velocidades médias variam entre 1,8 m/s e 2,6 m/s, entre 18h e 06h.



**Figura II.5.1.1.14:** Gráfico comparativo de Velocidade Média Mensal do vento para as localidades em estudo entre os anos de 1977 e 1981.



**Figura II.5.1.1.15:** Gráfico comparativo de Velocidade Média, Velocidade Máxima e Mínima Mensal do vento para a série de dados da estação de Praia do Minhoto.



**Figura II.5.1.1-16:** Gráficos comparativos de Velocidade Média do vento em períodos distintos do dia para as localidades da base do INMET (dados de 1977 a 1981).

Considerando o parâmetro direção de vento, a análise dos registros médios diários da estação de Praia do Minhoto revela a predominância de ventos oriundos do quadrante Leste, entre NE (45°) e SE (135°), com mais de 90% de ocorrência nas três séries de dados (Tabelas II.5.1.1-14, II.5.1.1-15 e II.5.1.1-16), constatando a forte influência dos alísios na região, originados nos Sistemas de Alta Pressão do Atlântico Tropical. Da mesma forma, cerca de ¾ dos registros (75%) recaem na faixa entre 4 e 7 m/s de intensidade. A faixa de vento de maior ocorrência isolada foi a de 90°-135° de direção e 6 e 7 m/s de intensidade (19,5%) para a série 1, 90°-135° e 5 e 6 m/s (15,8%) para a série 2 e 45°-90° e 6 e 7 m/s (20,8%) para a série 3.

**Tabela II.5.1.1-14:** *Frequência relativa (em %) do vento médio diário para a série 1 da estação meteorológica da Praia do Minhoto segundo faixas de direção (em graus verdadeiros) e intensidade (em m/s).*

	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360	TOTAL
<b>0-1</b>	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,27</b>
<b>1-2</b>	0,3	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>1,37</b>
<b>2-3</b>	0,0	0,3	2,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>3,29</b>
<b>3-4</b>	0,0	1,1	8,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,14</b>
<b>4-5</b>	0,0	2,5	19,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>24,93</b>
<b>5-6</b>	0,0	4,1	14,8	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>21,10</b>
<b>6-7</b>	0,0	11,0	19,5	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>32,60</b>
<b>7-8</b>	0,0	1,9	3,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>5,48</b>
<b>8-9</b>	0,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,82</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,27</b>	<b>20,82</b>	<b>69,32</b>	<b>9,59</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela II.5.1.1-15:** *Frequência (em %) do vento médio diário para a série 2 da estação meteorológica da Praia do Minhoto segundo faixas de direção (em graus verdadeiros) e intensidade (em m/s).*

	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360	TOTAL
<b>0-1</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,00</b>
<b>1-2</b>	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,96</b>
<b>2-3</b>	0,6	1,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>4,18</b>
<b>3-4</b>	1,0	5,1	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,93</b>
<b>4-5</b>	0,6	14,8	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>25,40</b>
<b>5-6</b>	0,3	13,5	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>29,58</b>
<b>6-7</b>	0,0	13,2	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>22,83</b>
<b>7-8</b>	0,0	1,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>6,11</b>
<b>8-9</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2,57</b>	<b>50,80</b>	<b>46,62</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>

**Tabela II.5.1.1-16:** *Frequência relativa (em %) do vento médio diário para a série 3 da estação meteorológica da Praia do Minhoto segundo faixas de direção (em graus verdadeiros) e intensidade (em m/s).*

	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360	TOTAL
<b>0-1</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	<b>0,73</b>
<b>1-2</b>	0,0	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>1,09</b>
<b>2-3</b>	0,4	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	<b>4,01</b>
<b>3-4</b>	0,0	3,3	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>8,39</b>
<b>4-5</b>	0,4	10,6	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>27,37</b>
<b>5-6</b>	0,0	9,5	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>18,25</b>
<b>6-7</b>	0,0	20,8	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>29,56</b>
<b>7-8</b>	0,0	7,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>10,58</b>
<b>8-9</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,73</b>	<b>55,11</b>	<b>43,07</b>	<b>0,00</b>	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	<b>0,00</b>	<b>0,36</b>	<b>100,00</b>

O regime de ventos ao longo do ano é ilustrado pelos diagramas de dispersão de frequência do vento da Figura II.5.1.1-17, ao final desta seção, onde são representadas as distribuições do vento médio diário das séries de Praia do Minhoto segundo a convenção de direção “vento de”, ou “com origem em”. As rosas assim elaboradas revelam a predominância dos registros de direção leste e intensidades moderadas entre janeiro e março, a partir do qual passa a leste-sudeste, com maiores intensidades, até o mês de setembro, quando gradativamente volta a soprar de leste, para iniciar um novo ciclo em janeiro.

Tal comportamento, previsível segundo o modo de variabilidade de larga escala da temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Tropical, conforme exposto no Item B-1 deste relatório, é ilustrado em termos espaciais pelas climatologias mensais apresentadas pela Figura II.5.1.1-18. Construídas a partir de dados oriundos do sensor remoto Escaterômetro AMI (*Active Microwave Instrument*) a bordo dos satélites ERS-1 e ERS-2, entre janeiro de 1992 e dezembro de 2000, estas climatologias representam graficamente os vetores de vento médio mensal (convencionando-se, desta vez, “vento para”) sobre a região da área de influência do Campo de Siri, em resolução de  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$  de latitude-longitude. Verifica-se, então, a intensificação dos alísios de sudeste durante os meses da estação seca, entre agosto e novembro, quando a ZCIT desloca-se para o Hemisfério Norte. Entre janeiro e maio estes ventos são menos intensos,

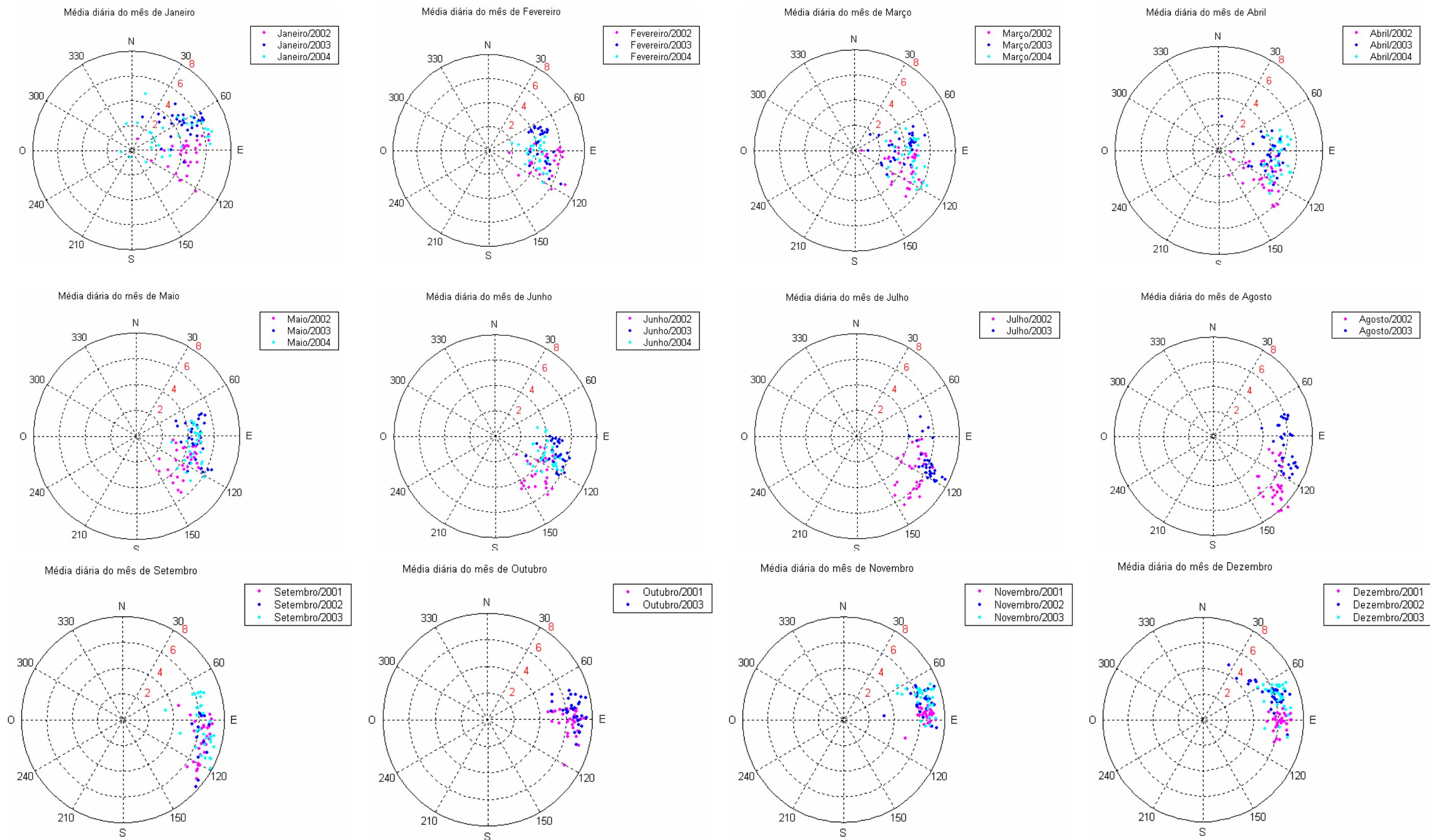
tem direção predominantemente leste, e refletem o posicionamento da ZCIT sobre a região do Nordeste Brasileiro.

#### **D) Considerações Finais em Meteorologia**

De um modo geral, a região na qual se situa o Campo de Siri é caracterizada por temperaturas elevadas durante todo o ano, apresentando amplitudes térmicas máximas em torno de 6°C, alta taxa de evaporação e grande variabilidade espacial e temporal das chuvas, mesmo dentro do período chuvoso principal, entre os meses de fevereiro a maio.

Através das análises dos parâmetros meteorológicos disponíveis nas localidades adjacentes ou próximas à área oceânica de interesse verifica-se principalmente que:

- A temperatura média anual varia entre 25,2°C e 27,2°C, embora existam localidades onde a temperatura mínima absoluta alcança valores próximos de 16,0°C, e a temperatura máxima absoluta atinge valores próximos de 38,0°C em alguns dias do ano;
- A umidade relativa média anual do ar atinge valores acima de 70%;
- A pressão apresenta comportamento bastante previsível, acompanhando o deslocamento meridional da ZCIT. Os maiores valores registram-se entre julho e setembro, e os menores nos meses da estação chuvosa principal.
- Os ventos descrevem variabilidade sazonal dominada por mecanismos de circulação atmosférica de grande escala da região equatorial do globo, onde os alísios desempenham papel determinante na qualidade de chuvas na região. Nas áreas próximas à costa, as brisas também são bastante influentes.
- De acordo com a classificação climática proposta por Thornthwaite (1948), a região que engloba as localidades citadas neste estudo apresenta um clima semi-árido, com alta variabilidade espacial e temporal interanual das chuvas.



**Figura II.5.1.1-17:** Diagramas de dispersão de freqüência de vento mensais gerados a partir das séries da estação aerológica da Petrobrás localizada na Praia do Minhoto.

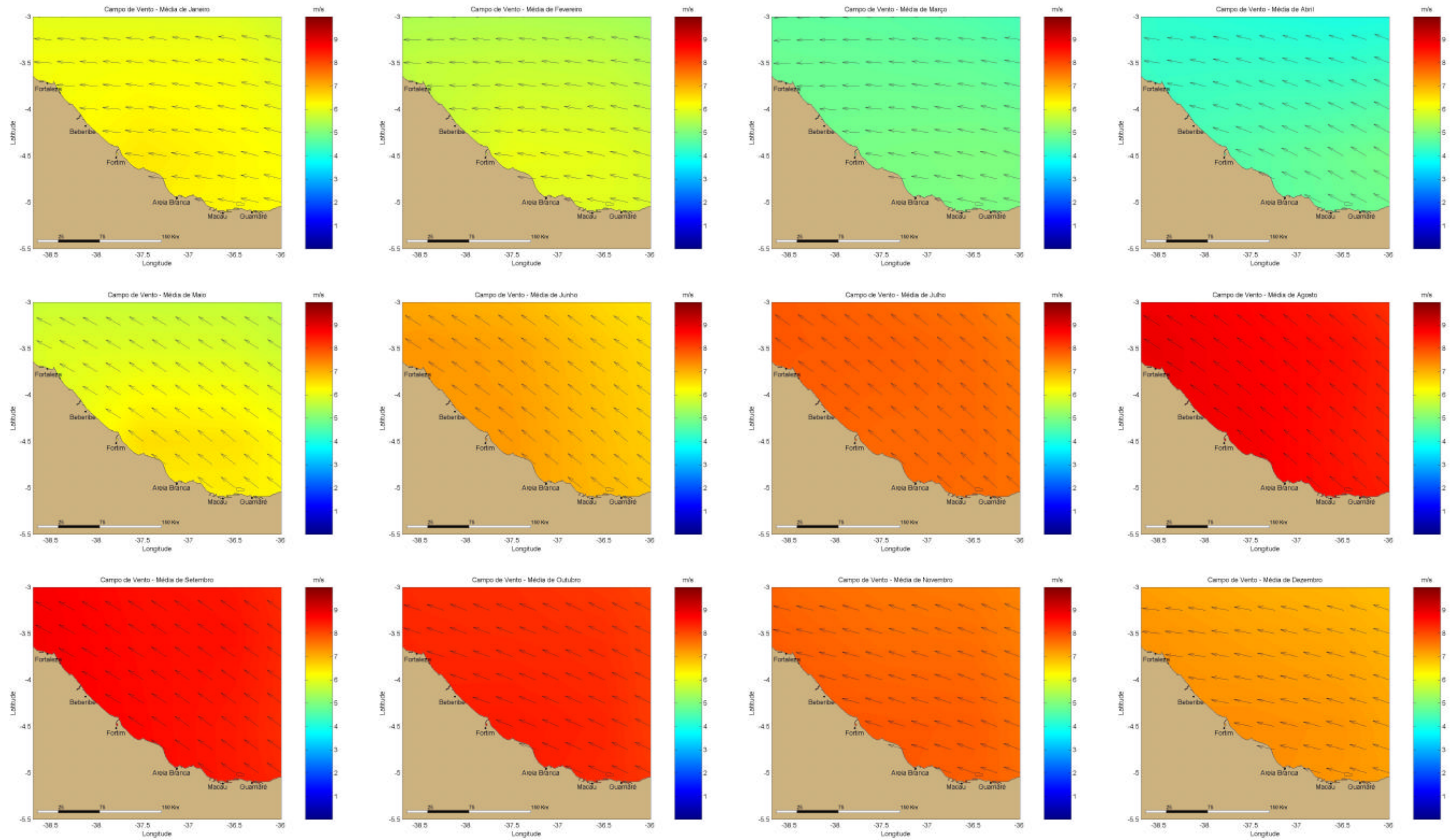


Figura II.5.1.1-18: Campos de Vento mensais gerados a partir de dados fornecidos pelo escaterômetro dos satélites ERS-1 e ERS-2 (seção 2-2). Fonte: <http://www.ifremer.fr/cersat/en/index.htm>.