

## **II.5.1 - Meio Físico**

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

#### *Introdução*

Neste item é apresentada uma caracterização das condições meteorológicas na região da Bacia de Campos, RJ, área de localização do Bloco exploratório BC-20. Neste empreendimento será realizada a instalação de Unidades Estacionárias de Produção (UEP) e de infraestrutura submarina associada visando produção e escoamento de petróleo e gás natural no bloco, que inclui os campos de Maromba e Papa-Terra.

A caracterização meteorológica contempla as principais características regionais da Bacia de Campos, bem como um detalhamento das condições da sub-região sul da Bacia de Campos, onde se encontra inserida a área de estudo.

Para tanto, foram utilizadas informações constantes em estudos elaborados para o processo de licenciamento ambiental de outras atividades da Petrobras em áreas próximas a BC-20, a saber: (i) Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o Sistema de Produção e Escoamento de Óleo e Gás Natural no Módulo 3 (UEP P-56) do Campo de Marlim Sul, Bacia de Campos (Processo IBAMA nº 02022.002956/08) elaborado pela empresa *Ecologus Engenharia Consultiva*; (ii) Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para a atividade de Produção para Pesquisa do Reservatório Membro Siri, na Concessão de Badejo, Bacia de Campos (Processo IBAMA nº 02022.004303/05), elaborado pela empresa *Analytical Solutions*; e (iii) Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o Sistema Piloto de Produção para Teste de Longa Duração no Reservatório Quissamã, Concessão BM-C-36, Bloco Exploratório Aruanã, Bacia de Campos

#### *Clima Geral*

##### *a) A circulação Regional da Atmosfera*

Na região tropical do Atlântico Sul não há furacões e tufões. Na latitude do Rio de Janeiro, há uma forte interação meridional entre o clima tropical e o

subtropical. O clima é periodicamente afetado pelas oscilações dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, que ocorrem no Oceano Pacífico. Em anos de *La Niña*, o clima é mais seco e frio; ao passo que, nos anos de *El Niño*, há mais chuvas (enchentes extraordinárias) e temperaturas bem mais elevadas do que o normal.

Neste item, será feita uma descrição geral dos aspectos da circulação geral sobre a Região Sudeste, que determinam seu clima e sua meteorologia. Observa-se nesta região uma grande variação sazonal das características da circulação geral.

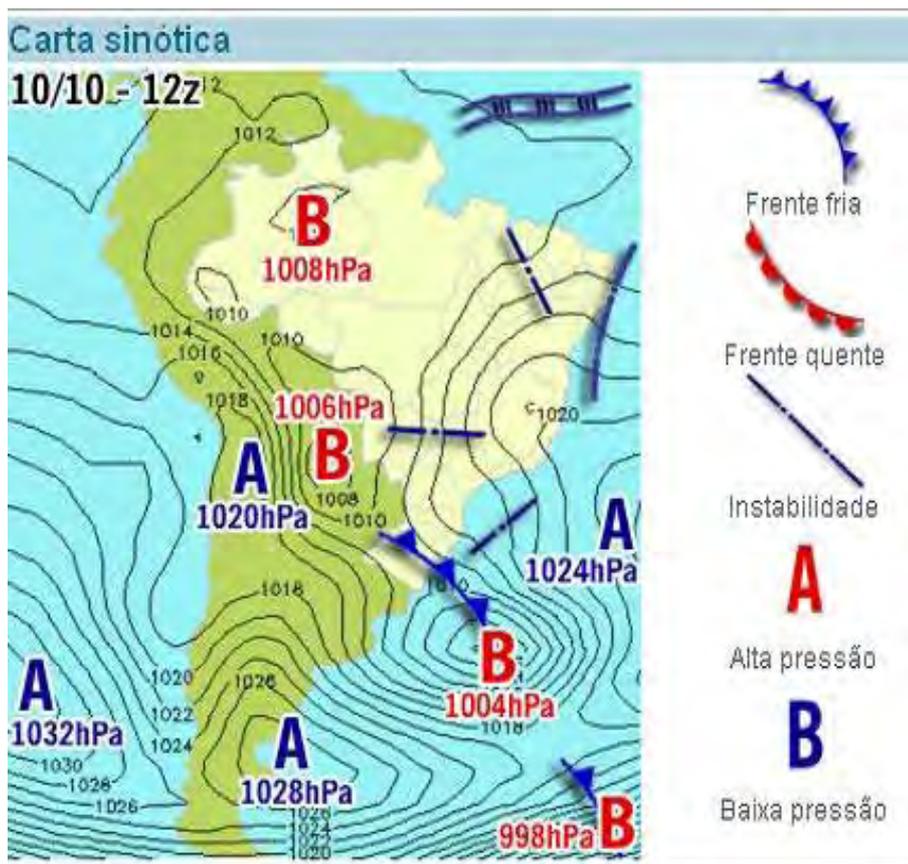
O cinturão das altas pressões na latitude dos 30° aparece no Oceano Pacífico representado pela área do anticiclone do Oceano Pacífico e pela área do anticiclone do Atlântico Sul, no Oceano Atlântico. Sobre o continente, em qualquer época do ano, as pressões são relativamente mais baixas, sendo mínimas no verão e máximas no inverno. O anticiclone do Atlântico Sul é mais intenso no inverno e o anticiclone do Pacífico é mais forte no verão. Esses centros de alta se afastam do continente na estação das chuvas, no verão. O anticiclone do Atlântico Sul oscila durante o ano, mudando a posição de seu centro de 27° S e 15° W, no inverno, para 33° S e 5° W, no verão. A velocidade dessas migrações do centro do anticiclone determina as variações das temperaturas e das precipitações na Região Sudeste do Brasil (SATYAMURTY *et. al.*, *op.cit.*).

A circulação na baixa troposfera, ao nível de 850 hPa ou de cerca de 1.500 m, apresenta um campo de vento circular que acompanha aproximadamente as isóbaras do campo de pressão ao nível do mar. Os vetores-vento são mais fortes no mês de janeiro (verão). Sobre o Rio de Janeiro, predominam os ventos do quadrante norte (ELIS & DE BARROS, 1986). No mês de julho (inverno), quando o anticiclone do Atlântico Sul fica mais intenso, os ventos reduzem sua velocidade ao mínimo. Os ventos alísios do quadrante este, provenientes da área anticiclônica do Atlântico Sul, em geral atingem os Andes, no Peru e na Colômbia, onde são bloqueados e defletidos para sul, tornando-se ventos de norte e noroeste, (SATYAMURTY *et al.*, 1986). Muitas das chuvas sobre a Serra do Mar e a Zona da Mata, no sudeste do Brasil, dependem da velocidade e do ângulo de penetração dos alísios sobre a costa, em cada estação do ano (DA SILVA, 1997).

A zona continental, entre os dois anticiclones na América do Sul, isto é, entre as latitudes de 15°S e 40°S, é reconhecida como área frontogenética pelos meteorologistas, visto que nesta faixa é comum a formação de sistemas frontais, isto é, gradientes horizontais de temperatura e umidade relativamente intensos separando duas massas de ar distintas. Pesquisas mais recentes indicam que existe uma corrente de jato de baixo nível, abaixo de 850 hPa, vinda de norte, e que transporta vapor de água e calor da Amazônia para a região do Paraguai e do norte da Argentina (SILVA, 2005).

Um exemplo típico para representar as condições de tempo não perturbado na Bacia de Campos pôde ser encontrada no dia 10/10/2007, sendo apresentado por meio da carta sinótica e a imagem de satélite meteorológico (Figuras II.5.1.1-1e II.5.1.1-4) às 12 horas GMT (9 horas de Brasília). A carta sinótica analisa o campo de pressão, evidenciando o Anticiclone do Atlântico Sul e o Anticiclone do Pacífico, que aparecem em suas respectivas posições na carta.

Na latitude de 40°S e longitude de 45°W vê-se um ciclone de pequena intensidade que gerou uma frente fria que se desloca sobre o estado do Rio Grande do Sul. A perturbação da frente fria produziu um cavado de pressões mais baixas que divide o cinturão das altas pressões da zona dos 30°S. O cavado da frente se conecta com a área de baixas pressões do Chaco paraguio-boliviano. A perturbação do deslocamento da frente fria provocou a formação de duas linhas de instabilidade, uma sobre o estado do Mato Grosso e outra sobre o oceano, ao longo da costa entre os estados do Rio Grande do Sul e de São Paulo.



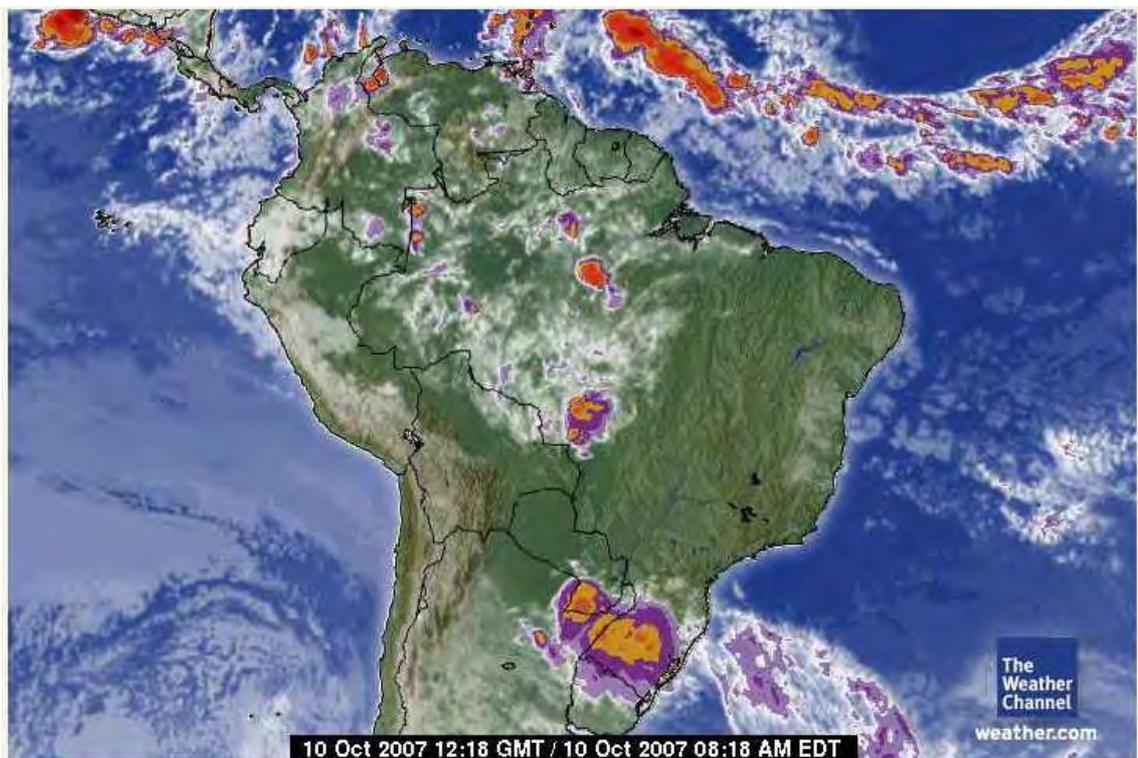
<http://www.climatempo.com.br/brasil.php>

**Figura II.5.1.1-1** - Situação sinótica referente ao dia 10/10/2007. O Anticiclone do Atlântico Sul aparece ao lado esquerdo do mapa. Na área da Bacia de Campos não há condições de tempo perturbado.

A Figura II.5.1.1-2 mostra uma imagem termal do teto de nuvens sobre a América do Sul obtida através de um radiômetro infravermelho orbital, referente ao dia 10/10/2007, e claramente evidencia a formação de nuvens de tempestades na posição da linha de instabilidade, no estado de Mato Grosso. Sobre o oceano, a linha de instabilidade ainda não havia desenvolvido nuvens muito altas (frias) em toda sua extensão, por isso seu efeito é pouco distinto. Como nuvens baixas em geral são mais quentes, quase não são visíveis nos dados obtidos pelo sensor infravermelho em questão. É o caso da linha de instabilidade do nordeste do Brasil, onde as nuvens de chuva são quentes e baixas.

Na carta sinótica (Figura II.5.1.1-1), acima da linha do Equador, na latitude das Guianas, está assinalada a posição da Zona de Convergência Intertropical

(ZCIT). Na imagem de satélite (Figura II.5.1.1-2), a ZCIT aparece como grande faixa de nuvens de tempestades. Essa zona desloca-se para sul no início da primavera do hemisfério sul, podendo seu centro descer até 3°N no verão. No inverno do hemisfério sul, recua para norte, permanecendo entre 5° e 10°N. Nos anos em que a ZCIT se aproxima mais da linha do Equador (MARTIN *et al.*, 1998), seu efeito sobre as precipitações no Nordeste e Norte do Brasil é pronunciado, comumente resultando em grandes enchentes no Sertão do Nordeste.



**Figura II.5.1.1-2** - Situação do tempo sobre a América do Sul no dia 10/10/2007 observada por imagem de satélite. Para melhor reconhecer os fenômenos de tempo geradores da nebulosidade visível é preciso analisar o campo de pressão ao nível da superfície pela carta sinótica (Figura II.5.1.1-1).

Nesse dia 10 de outubro de 2007, a Bacia de Campos não tinha tempo perturbado, em linguagem popular se diria que o tempo estava —**bm**—. —**Tempo bom**” é um termo evitado pelos meteorologistas porque pode gerar interpretações erradas, uma vez que bom tempo para uma atividade pode ser ruim para outra. Por exemplo, um dia muito chuvoso para os agricultores pode ser muito bom para

o plantio e péssimo para a colheita de grãos. Para os barcos pesqueiros, o tempo perturbado com fortes ventos não é favorável à sua atividade, mas pode ser muito bom para os desportistas.

#### *b) Condições de Tempo Perturbado*

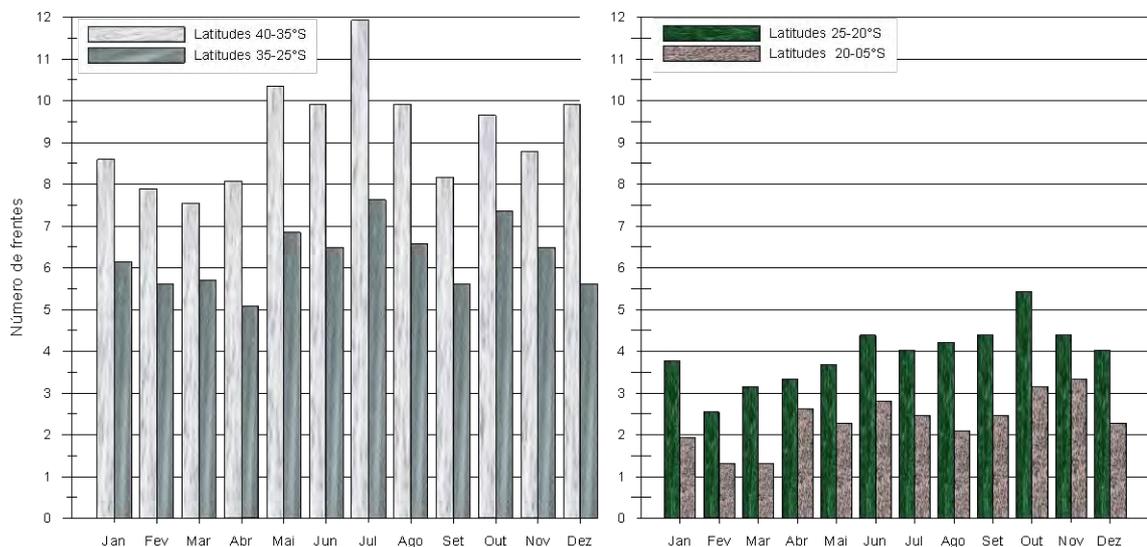
O “estado do tempo” ou simplesmente “tempo” é o estado da atmosfera, principalmente em relação aos efeitos sobre a vida e as atividades humanas. O tempo distingue-se do clima no aspecto das curtas durações das variações da atmosfera (de minutos a meses). Popularmente, o tempo é visto em termos de temperatura, umidade, precipitação, nebulosidade, luminosidade, visibilidade e ventos.

Os meteorologistas entendem como tempo o conjunto das observações dos fenômenos atmosféricos individuais com as quais têm que trabalhar para descrever a atividade atmosférica no momento da observação. Para cada atividade humana, o tempo é visto de modo diferente. Em meteorologia aeronáutica existe quase uma centena de fenômenos chamados tempo que muito interessam aos pilotos, porque afetam a segurança, tais como: tornados, trombas-d’água, borrascas, tempestades, trovoadas, chuvas, pancadas de chuva, neve, granizo, etc. Para as observações sinóticas de tempo e observações marinhas do tempo, há uma tabela com mais de 100 condições de tempo presente. Para a observação do tempo passado existe uma tabela com 10 condições.

O tempo na Região Sudeste é alterado por vários tipos de perturbações transientes, tanto de origem tropical como extratropical. A magnitude dessas perturbações é distribuída igualmente por todas as escalas - da mesoescala até a microescala - das perturbações convectivas organizadas e/ou desorganizadas. Alguns dos sistemas meteorológicos violentos, como os tornados e ciclones, encontrados nos trópicos e subtropicais, não ocorrem na Região Sudeste do Brasil e no oceano próximo, (DE SCHWARZKOPF, 1982; FUJITA, 1973).

Os eventos mais comuns de tempo transiente na Região Sudeste são as passagens das frentes frias. Os ciclones de latitude média cruzam os Andes e a Argentina, acima da latitude de 35° S e, em seguida, tomam rumo este-sudeste,

enquanto que a frente fria se move para nordeste, a associada ao deslocamento do centro da baixa pressão.



**Figura II.5.1.1-3 - Distribuição das freqüências médias das passagens de frentes frias por faixas latitudinais. Dados de 10 anos de observações sinóticas do período 1975-1984.**

(Fonte: Oliveira 1986).

Enquanto a frente fria varre o lado leste da América do Sul, intensa atividade convectiva se desenvolve ao longo da encosta oriental dos Andes, desde a Argentina até o leste do Peru. Foi realizado um estudo estatístico da freqüência mensal das passagens de sistemas frontais pela Região Sudeste, com base em uma série de imagens infravermelhas de nuvens detectadas por satélites meteorológicos, no período de 1975 a 1984 (OLIVEIRA, 1986). O rastreamento diário dos satélites foi feito pelo INPE. Nas latitudes abaixo de 20° S, em média, há somente duas passagens de frentes por mês. Entre 20° S e 25° S, cerca de quatro sistemas frontais atingem a região. Mais ao sul, a freqüência das frentes aumenta (Figuras II.5.1.1-3). Uma grande parte das chuvas precipitadas no Rio de Janeiro se deve aos sistemas frontais.

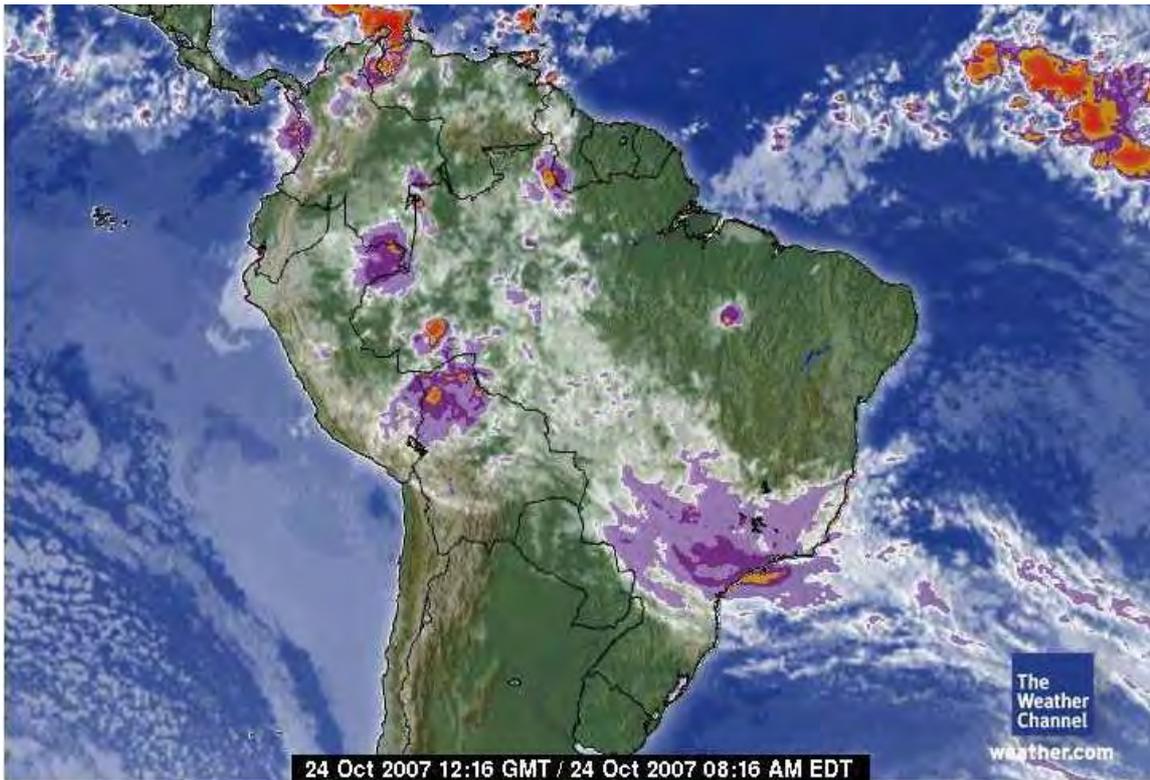
Nos meses de inverno, as massas de ar com altas pressões e baixas temperaturas, que acompanham as frentes frias, avançam pelo interior do continente na direção norte-nordeste, desviando-se para o mar na latitude de 20° S, quando perdem as próprias características e se fundem com a alta do

Atlântico (FITE, 1964). Essas massas frias causam fortes geadas nos estados do sul do Brasil e, muitas vezes, as baixas temperaturas atingem os estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo, Sul de Minas Gerais e áreas serranas do Estado do Rio de Janeiro.

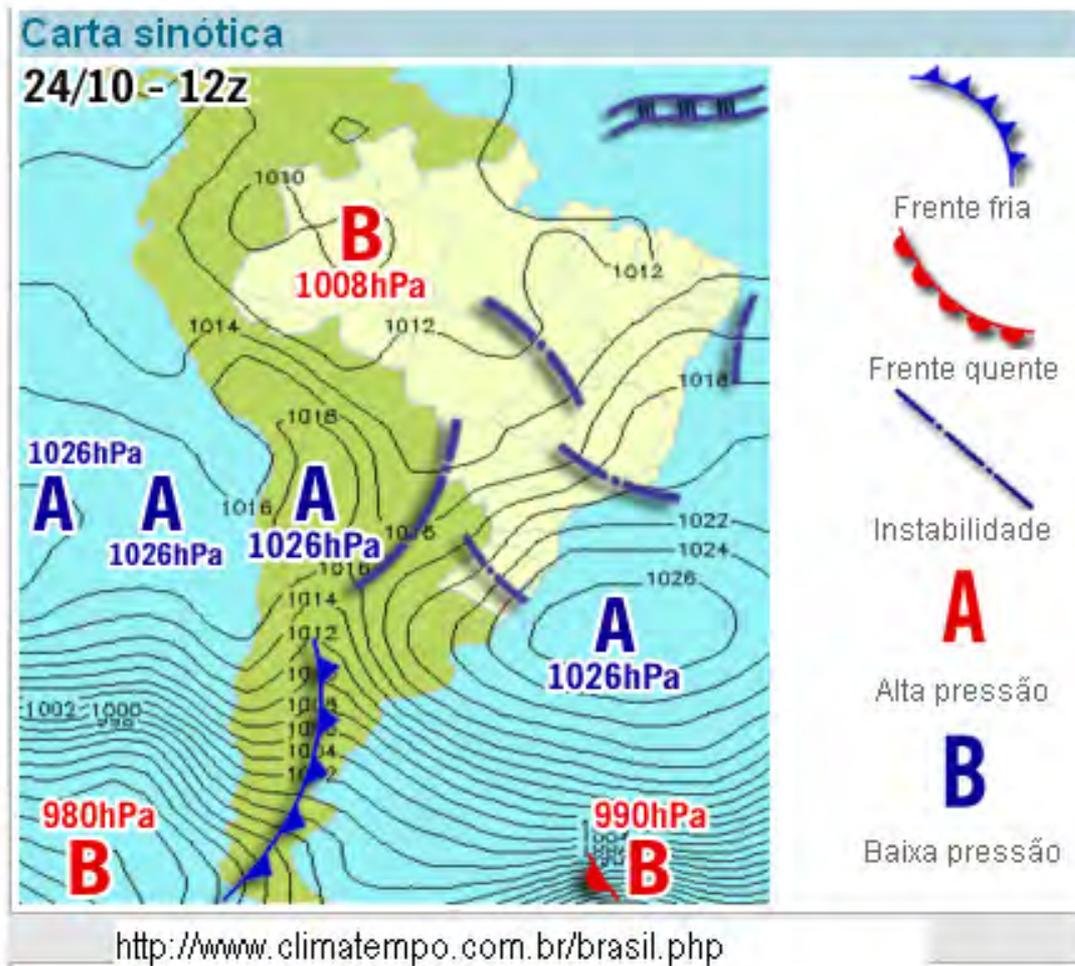
A intensidade e a frequência das geadas aumentam em função do aumento da altitude local e da latitude, particularmente ao sul de 20° S. As passagens das frentes são mais frequentes no inverno e início da primavera. Há casos de frentes frias que penetram pela Bacia Amazônica e podem inclusive cruzar a linha do equador. Na região amazônica esse fenômeno é conhecido pelo nome de friagem (NIMMER, 1977). Algumas dessas frentes frias, que avançam profundamente para norte, formam-se na costa do Brasil, na latitude aproximada de 25° S.

### c) *A Zona de Convergência do Atlântico Sul (SACZ)*

Na estação das chuvas, forte atividade convectiva predomina sobre o Rio de Janeiro e toda a Região Sudeste do Brasil. A maior parte das chuvas nessa região é de origem convectiva. Existe uma larga faixa do território da América do Sul onde há intensa atividade convectiva no verão, que começa no oeste da Amazônia e se prolonga para a direção sudeste, indo terminar no meio do Atlântico Sul. Essa zona é conhecida pela sigla SACZ (em inglês *South Atlantic Conversion Zone*) ou zona de convergência do Atlântico Sul. As características climáticas da SACZ são mais evidentes no verão e praticamente desaparecem no inverno (Figuras II.5.1.1-4 e II.5.1.1-5).



**Figura II.5.1.1-4** - No dia 10 de outubro de 2007 a primeira SACZ da temporada 2007/2008 aparece em plena atividade sobre a região Sudeste do Brasil.



**Figura II.5.1.1-5 -** Análise sinótica do campo de pressão sobre a América do Sul. O Anticiclone do Atlântico Sul aparece com pressões de 1026 hPa, em equilíbrio com as pressões do Anticiclone do Pacífico. Diversas linhas de instabilidade aparecem sobre o Brasil. Na Região Sudeste há uma linha de instabilidade ao longo da SACZ.

A atividade da SACZ no verão, algumas vezes, cria uma situação meteorológica marcante na Região Sudeste do Brasil; principalmente no Rio de Janeiro. As frentes frias de verão se deslocam rapidamente da Argentina até a Região Sudeste, fazendo uma trajetória de sudoeste para nordeste. Ao alcançar o Rio de Janeiro, essas frentes ficam estacionárias por períodos de cinco a 10 dias, produzindo precipitações médias de 300 mm no Estado do Rio de Janeiro, no norte e leste de São Paulo, no sul e oeste de Minas Gerais, no Mato Grosso do Sul e no sul e leste do Mato Grosso.

A análise sinótica do campo de pressão ao nível da superfície das 12 GMT de 24/10/2007 (Figura II.5.1.1-5) ilustra a situação de formação da primeira SACZ da temporada 2007/2008 na Região Sudeste. A imagem de satélite do horário das 12:16 GMT mostra grandes concentrações de nuvens frias sobre os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. A SACZ é um fenômeno essencialmente convectivo, formado por aglomerados de células convectivas ao longo de uma área bem definida, geralmente, orientada de noroeste para sudeste, estendendo-se desde a região amazônica até o Oceano Atlântico ao largo da costa sudeste brasileira. O processo de formação da SACZ é lento, iniciando-se com o transporte de umidade da Amazônia pelos ventos de NW nos níveis entre 850 hPa e 500 hPa. Dura cerca de uma semana para um evento de SACZ atingir sua atividade máxima, como o exemplo apresentado na Figura II.5.1.1-4, referente ao dia 24 de outubro de 2007.

A carta sinótica apresentada na Figura II.5.1.1-5 evidencia que o campo de pressão na Região Sudeste não apresenta perturbações significativas, parece estar normal, com exceção de uma ligeira depressão da linha de instabilidade. Entretanto, o centro do Anticiclone do Atlântico Sul aparece deslocado de sua posição normal para sul e mais próximo da costa do Brasil, na posição aproximada de 35°S e 45°W. A circulação anticiclônica sobre a superfície do mar produz forte advecção de umidade para a região da costa sudeste. O efeito da confluência de dois fluxos de umidade, isto é, do quadrante este-nordeste pelas camadas mais baixas e do quadrante norte-noroeste nos níveis médios da atmosfera é o mecanismo que mantém a SACZ ativa (MADDEN & JULIAN, 1972).

### *Clima Regional*

O Bloco BC-20 está localizado dentro do quadrado oceânico limitado pelas latitudes aproximadas de 23°20' S & 23°55' S e longitudes de 40°48' W & 41°22' W. O local da costa mais próximo é Arraial do Cabo, a cerca de 100 km.

O clima dos oceanos é tradicionalmente estudado por áreas enumeradas segundo o método proposto por Marsden, no início do século XVIII. Por este sistema, as observações meteorológicas são distribuídas em quadrados de 10 graus de latitude por 10 de longitude (QMD) sobre um mapa de projeção de

Mercator. Os quadrados enumerados de Marsden cobrem todo o globo terrestre desde 80 graus norte até 70 graus sul. Cada um dos QMD é subdividido em 100 subquadrados de  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  (SQMD). Para maior aproximação da posição, os subquadrados são enumerados sistematicamente com valores de 00 a 99.

O diagnóstico climático da área do Bloco BC-20 foi baseado na coleção de dados conhecida como ICOADS (*International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set*). Foram utilizados os sumários mensais do período de 1/01/1960 a 31/05/2007, portanto, o período coberto é de 47 anos e cinco meses. Esses dados foram coletados por navios mercantes de passagem pela área, por navios de frota pesqueira, bóias, e navios de marinha de guerra.

A WMO (Organização Meteorológica Mundial) e a IOC (*Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*) criaram a comissão técnica JCOMM (*Joint WMO/IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology*) com a missão de planejar e coordenar a aquisição, o intercâmbio e o gerenciamento das observações, envolvendo:

- ★ Mais de 6.000 navios que voluntariamente reportam as condições meteorológicas e oceanográficas da superfície do mar;
- ★ Mais de 120 navios que voluntariamente reportam os perfis de salinidade e temperatura;
- ★ Mais de 1.400 bóias de deriva que transmitem as condições meteorológicas e oceanográficas da superfície do mar via satélites;
- ★ Centenas de bóias ancoradas que transmitem as condições meteorológicas e oceanográficas da superfície do mar via satélite;
- ★ Navios que voluntariamente fazem radiossondagens atmosféricas no mar;
- ★ Uma rede de 290 marégrafos que medem e transmitem o nível do mar;
- ★ Parceiros globais como as agências de sensoriamento remoto por satélite e o Programa Argo.

Somente os dados que passaram por rigorosa análise de qualidade foram incluídos nos sumários e nas estatísticas. Para melhor compreender o complexo processo de controle qualidade dos dados ICOADS, recomenda-se a leitura do artigo *“Quality Control in Recent COADS Updates”* de Scott D. Woodruff do

NOAA/OAR *Climate Diagnostics Center*<sup>1</sup> e da publicação técnica da WMO (Organização Meteorológica Mundial) em conjunto com a IOC (*Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*) –*Advances in the Applications of Marine Climatology — The Dynamic Part of the WMO Guide to the Applications of Marine Meteorology*”.<sup>2</sup>

O projeto da base de dados ICOADS conta com a contribuição de várias instituições científicas americanas. É o resultado de um projeto cooperativo entre a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) — em especial de seu *Office of Oceanic and Atmospheric Research (OAR)/Climate Diagnostics Center (CDC)*, do seu *National Environmental Satellite, Data and Information Service (NESDIS)/National Climatic Data Center (NCDC)*, e do *Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences* (CIRES, operado conjuntamente com a Universidade do Colorado) — e do *National Science Foundation's National Center for Atmospheric Research* (NCAR). A parte da NOAA no ICOADS atualmente é apoiada pelos programas *NOAA Climate and Global Change (C&GC)* e pelo *NOAA Environmental Services Data and Information Management (ESDIM)*.

Mais informações sobre o banco de dados ICOADS podem ser obtidas em uma visita ao sítio: <http://icoads.noaa.gov/>.

Dados de vento, temperatura do ar e precipitação, das reanálises do NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research*) correspondem a uma série de 30 anos, referente ao período de 1978 a 2007, para a região da Bacia de Campos.

Para a análise de frequência de passagem de sistemas frontais foram utilizados dados da Climanálise, do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e do Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE).

Dados de vento, temperatura do ar, umidade relativa e pressão atmosférica obtidos durante o Monitoramento Ambiental da Unidade Estacionária de Produção PCE-1 (PETROBRAS/Habtec, 2010), também serão utilizados na caracterização meteorológica deste estudo. A estação PCE-1 localiza-se no Campo de Enchova

<sup>1</sup> Woodruff, S.D., 2001: —“OADS updates including newly digitized data and the blend with the UK Meteorological Office Marine Data Bank”, in *Processing and Use of Historical Marine Meteorological Data*, Tokyo, Japan, 28-29 November 2000, Japan Meteorological Agency and the Ship & Ocean Foundation, 49-53.

<sup>2</sup> WMO/TD-No. 1081, 2003 and JCOMM Technical Report N°. 13.

(22°42'23" S e 40°41'40" W), Bacia de Campos, próximo ao Bloco BC-20. Os dados totalizam uma série temporal de aproximadamente 5 anos, referente ao período de dezembro de 2004 a outubro de 2009.

O diagnóstico climático da área costeira foi baseado nos dados meteorológicos medidos pela estação Arraial do Cabo (Álcalis), situada nas coordenadas: 22° 53' S e 42° 2' W e altitude de 2 m acima do nível médio do mar (NMM) (INMET, 1992).

O Quadro II.5.1.1-1 mostra a fonte, as coordenadas das estações de coleta e os parâmetros oceanográficos analisados no relatório. No Mapa II.5.1.1-1, aparecem georreferenciadas as estações de coleta dos principais dados oceanográficos com suas respectivas fontes.

**Quadro II.5.1.1-1 - Localização das fontes de dados e respectivos parâmetros medidos**  
(adaptado de Petrobras/Ecologus, 2009).

Fontes	Coordenadas		Parâmetros
	Latitude	Longitude	
INMET (Arraial do Cabo)	22° 53' S	42° 20' W	TA, P, E, UR, PA, I, N e V
NCEP/ NCAR	23° 48,6' S	39° 22,5' W	V, TA, P e AE
CPTEC/ INPE	22° 52' S	42° 01' W	SF
ICOADS (área)*	-	-	UR, PA, N, TSM, V
NCEP/ NCAR (área)	21° 54,3' S – 25° 42,8' S	37° 30' W – 41° 15' W	V
PCE-1	22° 42' S	40° 41' W	TA, PA, UR, V
Legenda:			
TA = Temperatura do Ar P = Precipitação E = Evaporação UR = Umidade Relativa PA = Pressão Atmosférica		N = Nebulosidade I = Insolação V = Ventos AE = Análise de Extremos SF = Passagem de Sistemas Frontais	

\* A área exata não é conhecida devido ao grande número de dados, obtidos a partir de fontes de coleta móveis.

**Mapa II.5.1.1-1 - Localização das estações de coleta georreferenciadas. (A3)**

---

**Mapa II.5.1.1-1 - Localização das estações de coleta georreferenciadas. (A3)**

### a) A classificação Climática da Área

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região do Bloco BC-20 é tropical úmido, sem estação fria e com temperatura média do mês menos quente acima de 18°C. As temperaturas médias mensais variam entre 21° e 26°C, as temperaturas máximas podem atingir valores de até 36,5°C e as mínimas de 12°C, nos meses de janeiro e julho, respectivamente. O total anual das chuvas oscila ao redor de 770 mm, destacando o mês de dezembro como o mais chuvoso. O trimestre junho/agosto caracteriza-se por ser o período mais seco e de temperaturas mais baixas, tendo um volume pluviométrico acumulado em torno de 120 mm. Os ventos predominantes ao longo do ano são do quadrante nordeste, com velocidades médias de 2,6 m/s.

- *Temperaturas do ar*

O Quadro II.5.1.1-2 resume as estatísticas mensais dos dados de temperatura do ar em Arraial do Cabo no período de janeiro de 1970 a dezembro de 1987. As temperaturas médias foram mais elevadas no trimestre janeiro/março, tendo sido registrada a temperatura média mais alta de 25,4 °C em fevereiro e março. O mês de agosto foi o mais frio com 21,2 °C. A temperatura média anual foi de 23,2 °C.

**Quadro II.5.1.1-2 - Médias de temperatura (°C) para a cidade de Arraial do Cabo no período de 1979-1990. São apresentadas médias mensais das máximas diárias de temperatura (°C) (M. máx.), médias mensais dos mínimos diários (M. min.), valores extremos registrados ao longo do mês (Máx. e Min. abs), e médias mensais de todos os valores registrados (M. mensal).**

	M. máx	M. min	Máx. abs	Mín. abs.	M. mensal
Jan	28,7	22,3	36,5	18,6	25,1
Fev	29,1	22,7	34,0	19,0	25,4
Mar	28,8	22,7	34,0	19,0	25,4
Abr	27,4	21,5	33,6	17,2	24,2

(continua)

Quadro II.5.1.1-2 - (conclusão)

	M. máx	M. mín	Máx. abs	Mín. abs.	M. mensal
Mai	26,1	20,0	32,5	14,1	22,8
Jun	24,9	18,8	31,6	12,3	21,6
	M. máx	M. mín	Máx. abs	Mín. abs.	M. mensal
Jul	24,7	18,6	33,8	12,0	21,3
Ago	24,3	18,7	30,8	12,6	21,2
Set	24,3	19,0	30,5	14,8	21,3
Out	25,2	19,7	32,7	15,9	22,2
Nov	26,5	20,7	36,2	16,1	23,3
Dez	27,9	21,8	35,5	17,6	24,5
Ano	26,5	20,5	36,5	12,0	23,2

Fonte: INMET 1992.

A Figura II.5.1.1-6 exibe as médias mensais e anuais das temperaturas em Arraial do Cabo. Pode-se constatar também as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas registradas todos os dias.

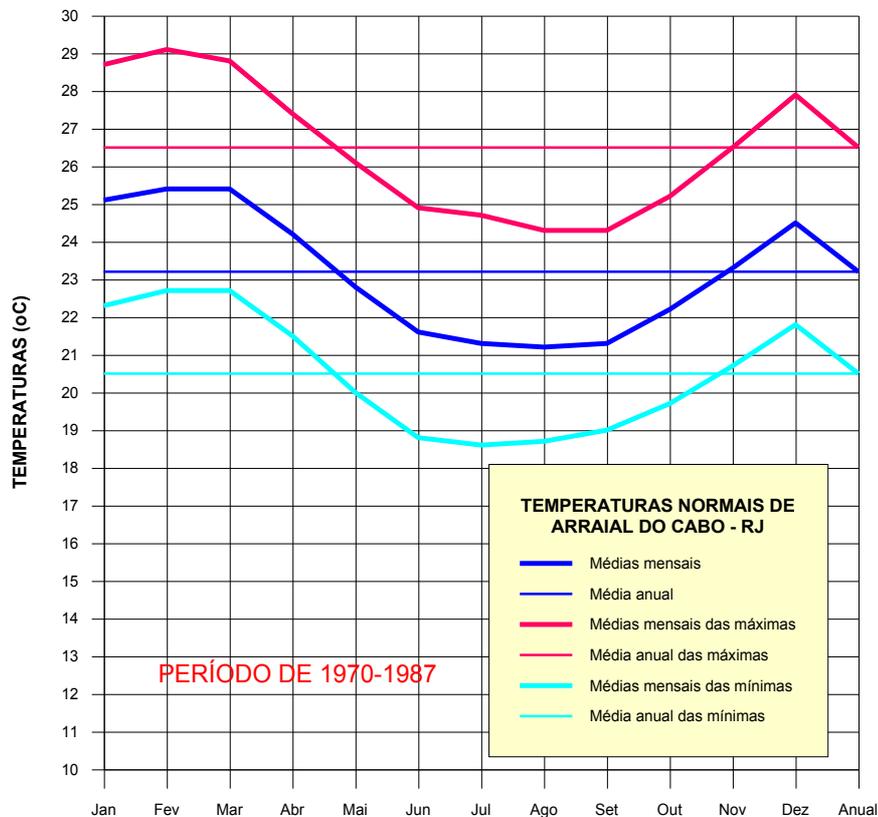
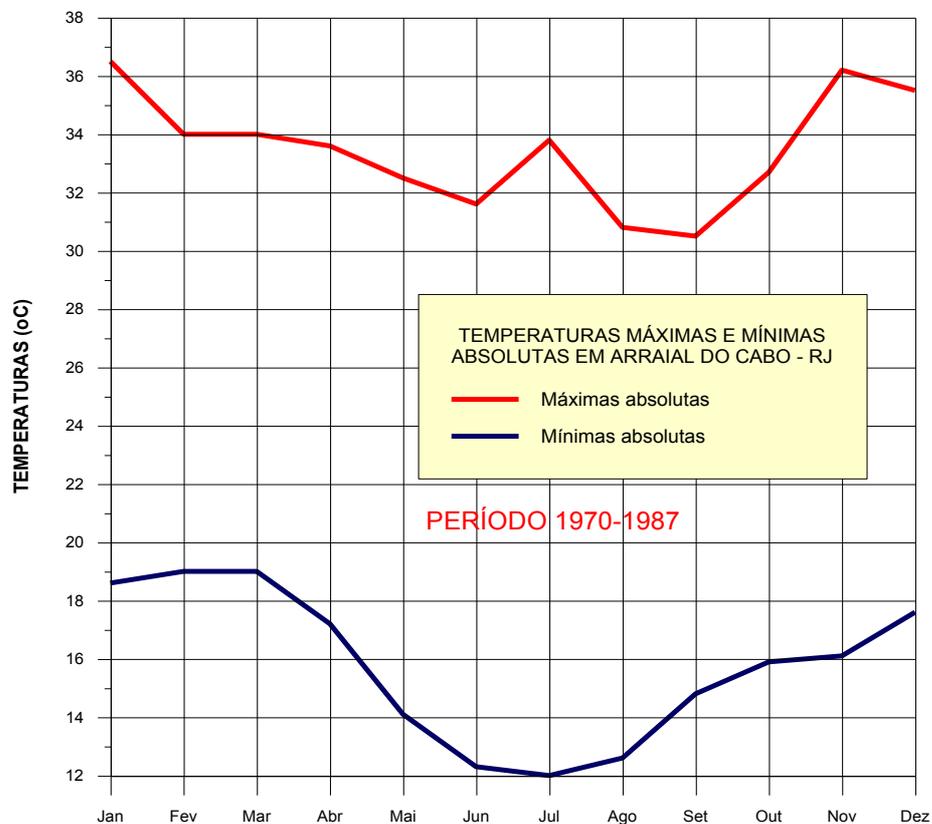


Figura II.5.1.1-6 - Temperaturas médias em Arraial do Cabo.

(Fonte: INMET 1992).

As médias das temperaturas máximas variaram de 29,1 °C (fevereiro) a 24,3 °C (agosto e setembro). A média anual das máximas foi 26,5 °C. Nesse mesmo período, as médias mensais das temperaturas mínimas variaram de 22,7 °C, em fevereiro/março, a 18,6 °C em julho. A média anual das temperaturas mínimas foi de 20,5 °C.

A Figura II.5.1.1-7 apresenta as temperaturas extremas (máximas e mínimas absolutas) registradas em cada mês no período de 1970-1987. A máxima absoluta registrada em Arraial do Cabo foi de 36,5 °C e mínima absoluta de 12,0 °C.

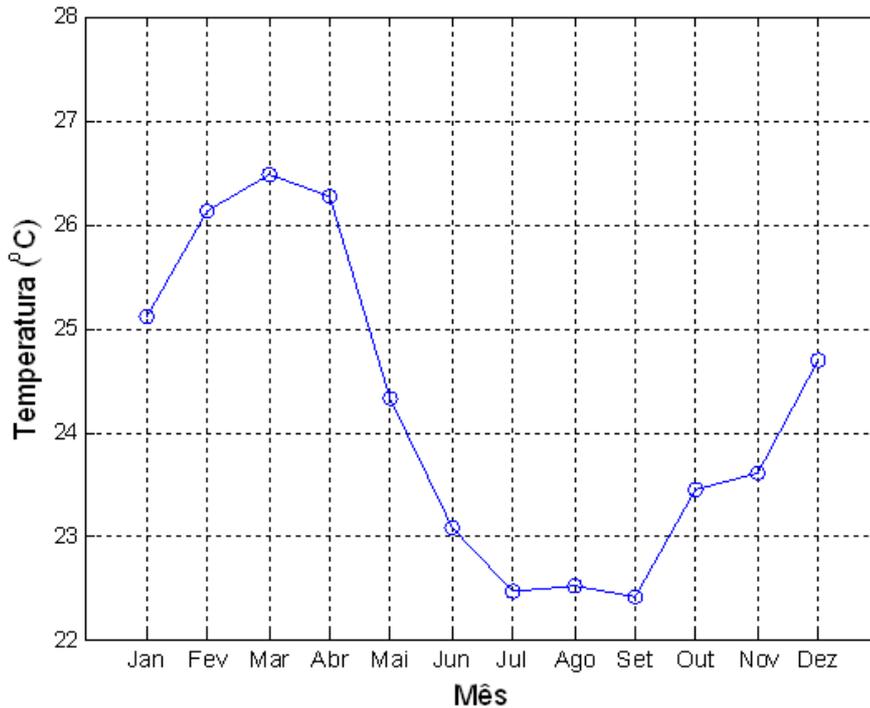


**Figura II.5.1.1-7 - Temperaturas máximas e mínimas absolutas em Arraial do Cabo.**  
(Fonte: INMET 1992).

Dados obtidos na plataforma PCE-1, no período de dezembro de 2004 a outubro de 2009, mostram que na região oceânica da Bacia de Campos a temperatura média varia em torno de 26,5°C e 22,5°C (Figura II.5.1.1-8), sendo as temperaturas mais

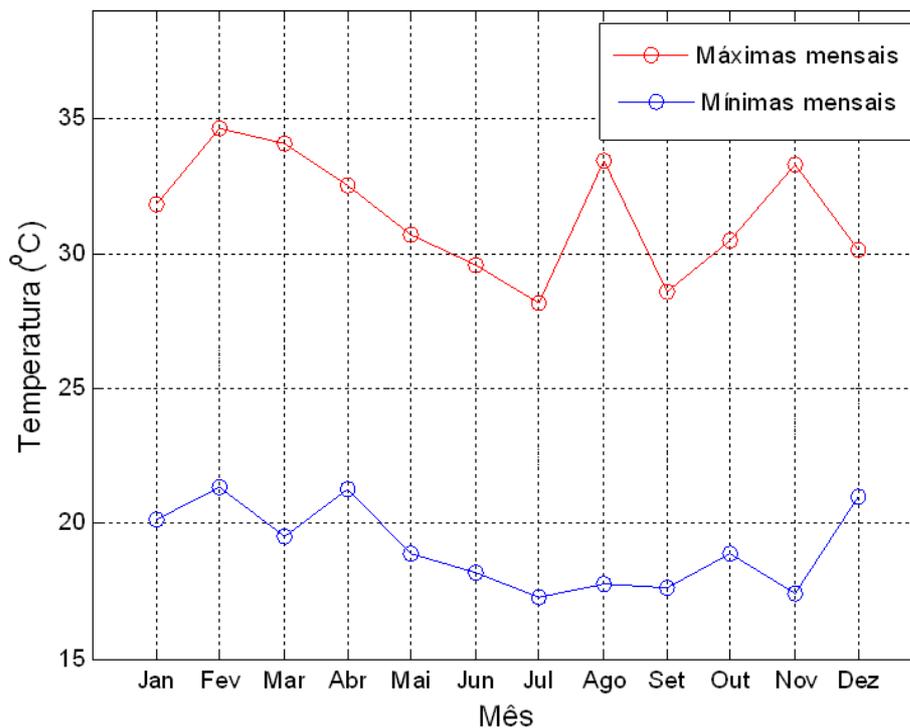
elevadas registradas no período do verão e as mais baixas no período do inverno. As temperaturas mínimas mensais variaram de aproximadamente 17,5 a 22 °C e as máximas mensais de 28 °C a 35 °C.

Nas Figuras II.5.1.1-8 e II.5.1.1-9 é possível observar a flutuação da temperatura do ar superficial na Bacia de Campos ao longo do ano.



**Figura II.5.1.1-8 -** Temperaturas médias (°C) mensais do ar na região sul da Bacia de Campos, obtidas na plataforma PCE-1 no período de dezembro de 2004 a outubro de 2009.

Fonte: PETROBRAS/Habtec (2010).

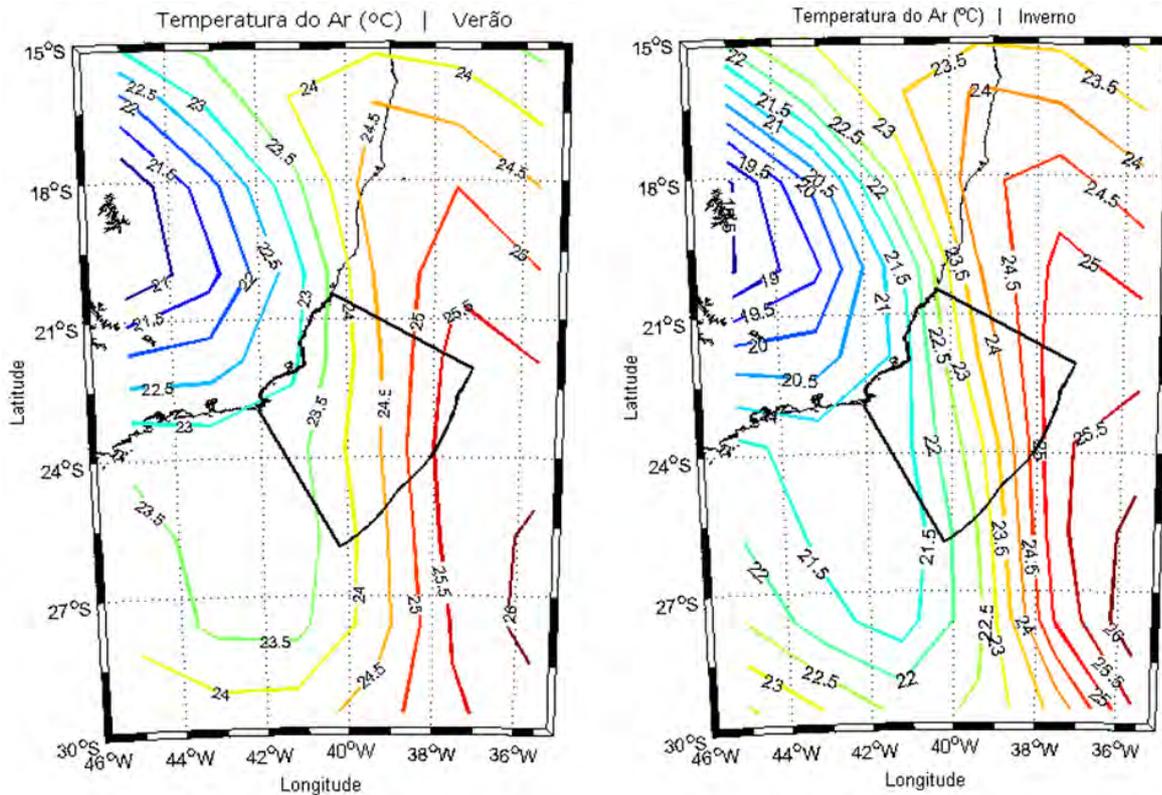


**Figura II.5.1.1-9 -** Temperaturas máxima e mínima (°C) do ar na região sul da Bacia de Campos, obtidas na plataforma PCE-1 no período de dezembro de 2004 a outubro de 2009.

Fonte: PETROBRAS/Habtec (2010).

Para avaliação das variações espaciais e sazonais da temperatura do ar, na Figura II.5.1.1-10 são apresentadas médias sazonais dos dados de temperatura do ar a 2 metros, obtidos a partir das reanálises do NCEP.

Na região da Bacia de Campos, tanto para o período de verão quanto para o período de inverno há um aumento da temperatura em direção ao oceano. No período de inverno, este gradiente fica mais acentuado, com temperaturas mais baixas avançando em direção ao norte e ao oceano.



**Figura II.5.1.1-10 -** Variação espacial de temperatura média para o período de verão e inverno – 30 anos (1978 - 2007). Dados referentes à temperatura do ar a 2 m, obtidos das Reanálises do NCEP (PETROBRAS/Ecologus, 2009).

- **Umidade Relativa**

O Quadro II.5.1.1-3 sintetiza as estatísticas mensais dos dados de umidade relativa (UR) do ar em Arraial do Cabo e na área do Bloco BC-20. A umidade relativa média anual foi de 81 % em Arraial do Cabo e de 83 % no Bloco BC-20. Durante o ano, a UR ficou acima de 80 % em Arraial do Cabo. Na área do BC-20 variou entre 79 % (maio) e 86 % (dezembro).

**Quadro II.5.1.1-3 -** Médias mensais da umidade relativa (%) em Arraial do Cabo no período de 1979 – 1990 e na área do Bloco BC-20.

ESTAÇÃO DE ARRAIAL DO CABO				ÁREA DA BLOCO BC-20			
Jan	82	Jul	80	Jan	85	Jul	79
Fev	82	Ago	81	Fev	86	Ago	82

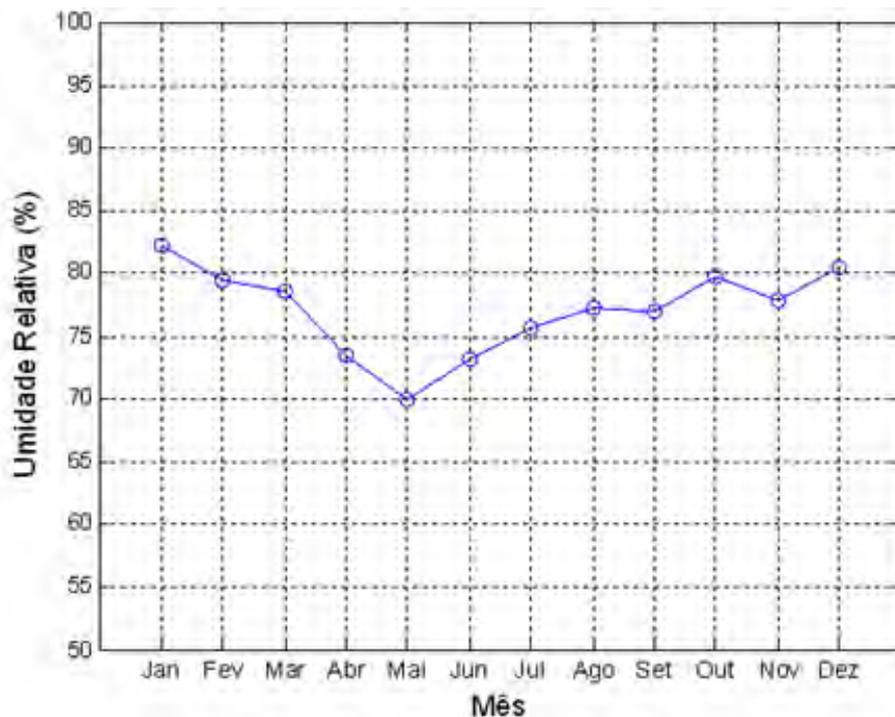
(continua)

Quadro II.5.1.1-3 - (conclusão)

ESTAÇÃO DE ARRAIAL DO CABO				ÁREA DA BLOCO BC-20			
Mar	82	Set	81	Mar	84	Set	83
Estação de Arraial do Cabo				Área da Bloco BC-20			
Abr	80	Out	82	Abr	80	Out	84
Mai	81	Nov	82	Mai	80	Nov	83
Jun	81	Dez	82	Jun	81	Dez	84
Média anual			81	Média anual			83

Fontes: INMET 1992 e dados ICOADS

Dados registrados pela Petrobras na plataforma PCE-1, mostram que a umidade relativa média do ar na região oceânica da Bacia de Campos varia em torno de 70% e 82% (Figura II.5.1.1-11), percentuais próximos aos registrados nas estações do INMET. Valores mais baixos são registrados nos meses de abril a julho, e os mais elevados de dezembro a janeiro.



**Figura II.5.1.1-11 - Médias mensais de umidade relativa do ar (mm) na região sul da Bacia de Campos, obtidas na plataforma PCE-1 no período de dezembro de 2004 a outubro de 2009.**

Fonte: PETROBRAS/Habtec (2010).

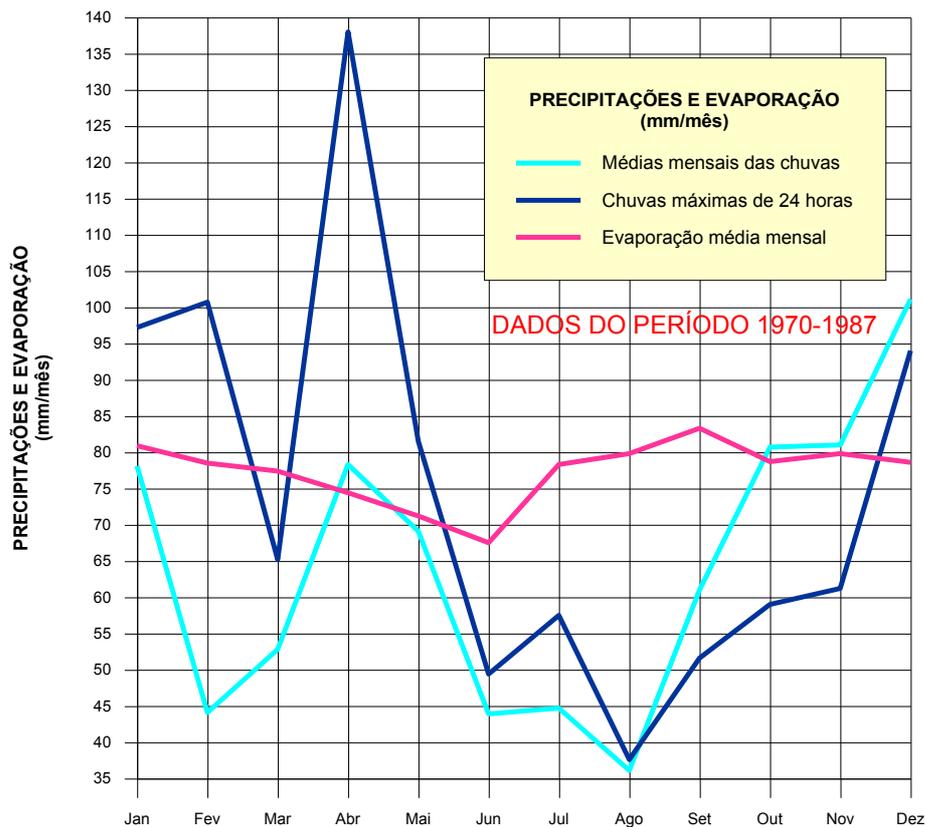
- *Precipitações e Evaporação*

O Quadro II.5.1.1-4 e a Figura II.5.1.1-12 mostram as médias mensais das chuvas e as taxas de evaporação. Conforme pode ser visto, não existe uma estação do ano propriamente seca, embora a região seja de pouca precipitação. O período do ano mais seco foi o trimestre junho/agosto, não houve nenhum mês com menos de 36,1 mm de chuvas (Figura II.5.1.1-12). O mês mais chuvoso foi dezembro com 101,1 mm. A estação das chuvas vai de outubro a abril. Entretanto, o mês de fevereiro pode apresentar pluviosidade particularmente baixa, inferior à 45 mm. A média anual das chuvas foi de 770,9 mm. No período, houve 133 dias chuvosos, em média.

**Quadro II.5.1.1-4 - Médias mensais das precipitações, da evaporação e das chuvas máximas de 24 horas em Arraial do Cabo, no período de 1979 - 1990. Valores em mm.**

	CHUVAS (mm)	CHUVAS MÁXIMAS DE 24 HORAS (mm)	TAXA DE EVAPORAÇÃO (mm)	DÉFICIT DE UMIDADE (mm)
Jan	78,1	97,2	80,9	-2,8
Fev	44,1	100,7	78,5	-34,4
Mar	52,8	65,2	77,4	-24,6
Abr	78,3	138	74,4	3,9
Mai	69,1	81,5	71,2	-2,1
Jun	43,9	49,4	67,5	-23,6
Jul	44,7	57,5	78,3	-33,6
Ago	36,1	37,6	79,8	-43,7
Set	61	51,6	83,3	-22,3
Out	80,7	59	78,7	2
Nov	81	61,2	79,8	1,2
Dez	101,1	94	78,6	22,5
Anual	770,9	138	928,4	-157,5

Fontes: INMET 1992



**Figura II.5.1.1-12 - Precipitações e taxas mensais de evaporação em Arraial do Cabo.**  
(Fonte: INMET 1992).

A precipitação máxima no período de 24 horas foi de 138,0 mm, no mês de abril, maior do que toda a precipitação do trimestre mais seco. Chuvas máximas de 24 horas superiores a 50 mm podem acontecer em qualquer estação do ano, conforme pode ser observado no Quadro II.5.1.1-4.

O Quadro II.5.1.1-4 também apresenta a taxa média mensal da evaporação. O total anual da evaporação foi de 928,4 mm. Em relação ao total anual das precipitações, houve um déficit de umidade de 157,5 mm. Apenas no mês de abril e nos meses de outubro, novembro e dezembro houve pequenos excessos de chuva, na ordem de 20 a 30 mm.

- **Pressões**

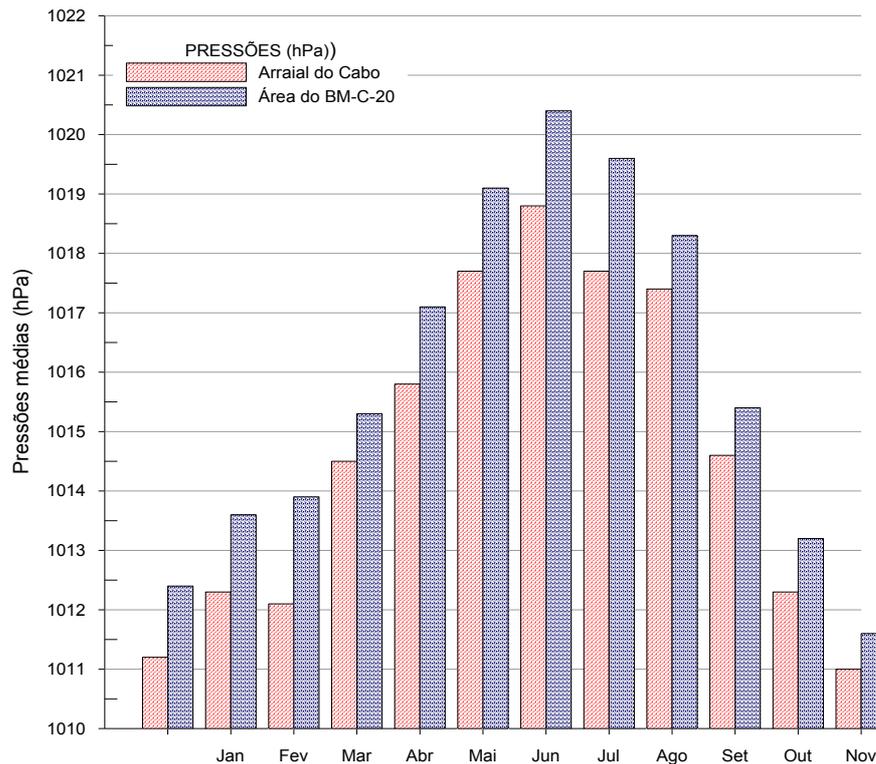
O Quadro II.5.1.1-5 e a Figura II.5.1.1-13 apresentam as pressões atmosféricas mensais em Arraial do Cabo e na área do Bloco BC-20. A pressão

atingiu o mínimo de 1.011,0 hPa, no verão, em dezembro em Arraial do Cabo e 1011,6 hPa na região do Bloco BC-20. A pressão máxima, 1.018,8 hPa em Arraial do Cabo e 1.020,4 hPa na região próxima ao Bloco BC-20, foi atingida no inverno, no mês de julho, época em que o anticiclone do Atlântico Sul se aproxima do continente.

**Quadro II.5.1.1-5 - Médias mensais das pressões (hPa) em Arraial do Cabo no período de 1970 – 1987 e na área do bloco BC-20. Período dos dados de 1960 a 2007.**

MESES	PRESSÕES (hPa) MÉDIAS EM ARRAIAL DO CABO	PRESSÕES NA ÁREA DA BLOCO BC-20
Janeiro	1011,2	1012,0
Fevereiro	1012,3	1012,3
Março	1012,1	1013,5
Abril	1014,5	1015,4
Maio	1015,8	1016,5
Junho	1017,7	1018,9
Julho	1018,8	1020,5
Agosto	1017,7	1019,6
Setembro	1017,4	1017,9
Outubro	1014,6	1014,8
Novembro	1012,3	1013,1
Dezembro	1011,0	1012,0
Média	1014,6	1015,5

Fontes: INMET 1992 e dados ICOADS

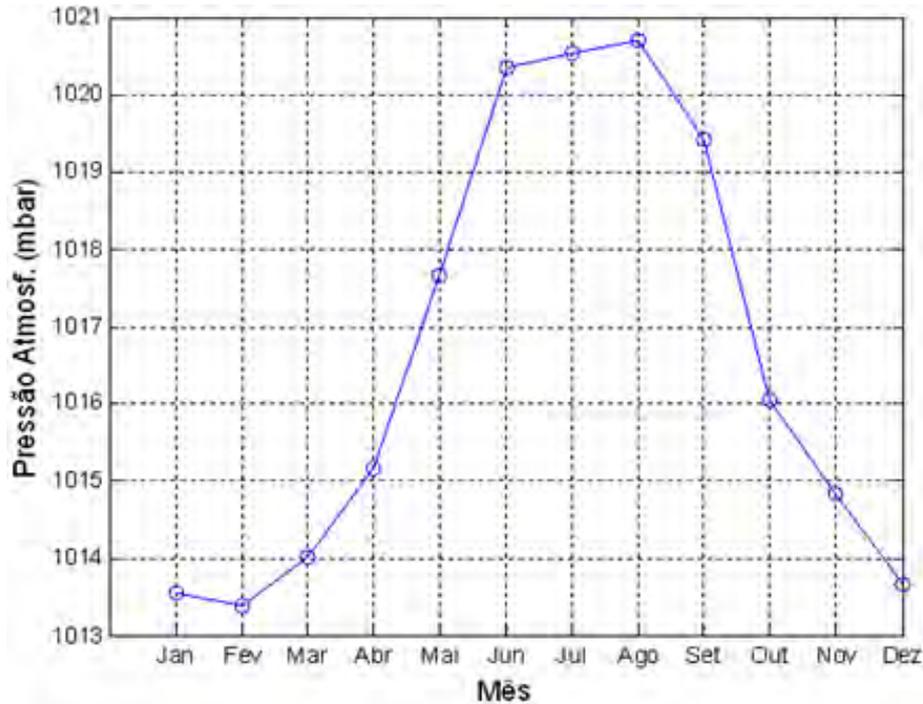


**Figura II.5.1.1-13 - Pressões médias em Arraial do Cabo e na área do Bloco BC-20.**

(Fontes: INMET 1992 e dados ICOADS).

A pressão é máxima no mês de julho quando o anticiclone do Atlântico Sul está mais próximo do continente. As pressões são mais baixas quando as temperaturas estão mais elevadas sobre o continente. Nos meses de verão, de novembro a março, o forte aquecimento do Planalto Central do Brasil destrói a parte ocidental do sistema anticiclônico do Atlântico Sul e, em seu lugar, se expande uma baixa pressão que chega ao litoral.

Ao analisar os valores de pressão atmosférica registrados na plataforma PCE-1, nota-se que estes apresentam padrão de distribuição similar ao anteriormente mencionado para os dados do INMET e do ICOADS, com maiores valores médios registrados no período de junho a setembro (>1017hPa) e menores valores no período de dezembro a fevereiro (<1013hPa). Entretanto, os valores medidos em PCE-1 apresentaram-se de um modo geral mais elevados, variando de 1013 a 1022 hPa, aproximadamente (Figura II.5.1.1-14).

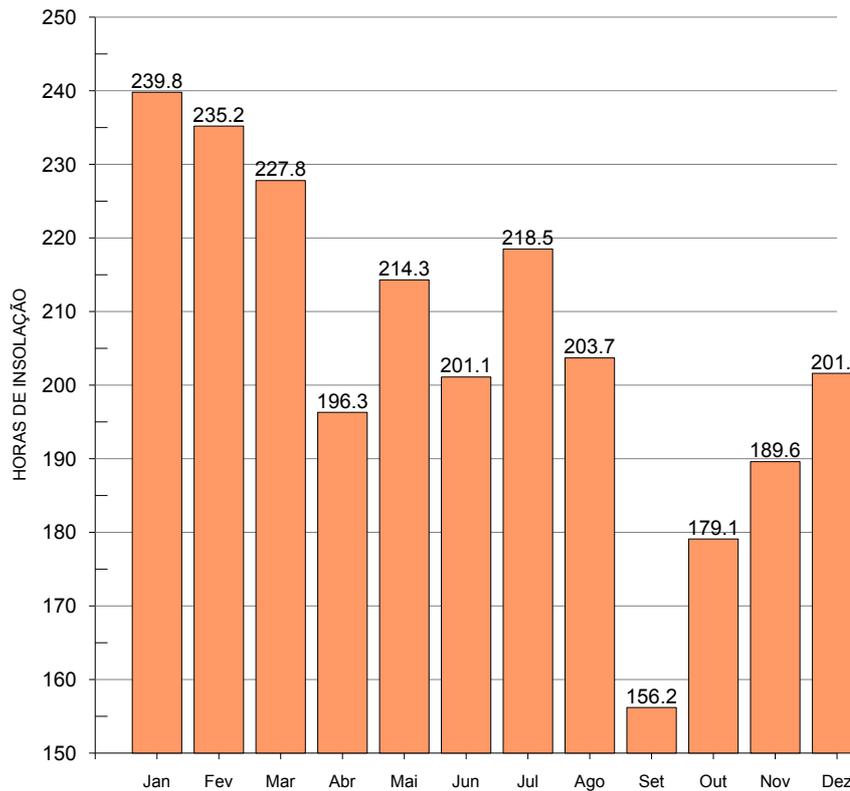


**Figura II.5.1.1-14 - Médias mensais de pressão atmosférica (mbar) na região sul da Bacia de Campos, obtidas na plataforma PCE-1 no período de dezembro de 2004 a outubro de 2009.**

Fonte: PETROBRAS/Habtec (2010)

- *Insolação e Nebulosidade*

A Figura II.5.1.1-15 mostra o número médio mensal das horas de insolação em Arraial do Cabo no período de 1970 a 1987. O fluxo da radiação solar é máximo ao meio-dia da hora local. Depende da altura do Sol, portanto, é uma função da latitude, da data e da hora. Além dos fatores astronômicos, as condições meteorológicas, juntamente com a cobertura de nuvens, a poeira e a poluição, interferem na incidência solar sobre um local. A região teve, em média, 2.463,2 horas de insolação por ano. No mês de janeiro, ocorreu a maior duração de brilho do sol, época em que o número médio de horas atingiu o valor de 239,8 horas. O mês de menor insolação foi setembro, quando normalmente se inicia a estação das chuvas.



**Figura II.5.1.1-15 - Horas de insolação em Arraial do Cabo.**  
(Fonte: INMET 1992).

A observação da nebulosidade é feita somente três ou quatro vezes ao dia por um observador treinado, ao passo que a insolação é registrada de modo contínuo por um heliógrafo. Devido a essa diferença de métodos de observação, nem sempre há forte correlação entre esses parâmetros. A nebulosidade média anual foi de 46 % em Arraial do Cabo e de 54% na área do Bloco BC-20 (Quadro II.5.1.1-6). No período chuvoso, aumentou até 64 %. Nos meses menos chuvosos, a nebulosidade caiu em média até de 40 %.

**Quadro II.5.1.1-6 - Médias mensais da nebulosidade (em percentual do céu coberto) em Arraial do Cabo no período de 1979 –1990 e na Área da Bloco BC-20.**

ARRAIAL DO CABO				ÁREA DO BLOCO BC-20			
Jan	50	Jul	40	Jan	52	Jul	45
Fev	30	Ago	40	Fev	52	Ago	45

(continua)

Quadro II.5.1.1-6 - (conclusão)

ARRAIAL DO CABO				ÁREA DO BLOCO BC-20			
Mar	40	Set	50	Mar	50	Set	61
Abr	40	Out	60	Abr	51	Out	62
Mai	40	Nov	60	Mai	51	Nov	62
Jun	40	Dez	46	Jun	48	Dez	64
Média anual			46	Média anual			54

Fontes: INMET 1992 e dados ICOADS

- *Temperaturas do Ar e da Superfície do Mar (TSM)*

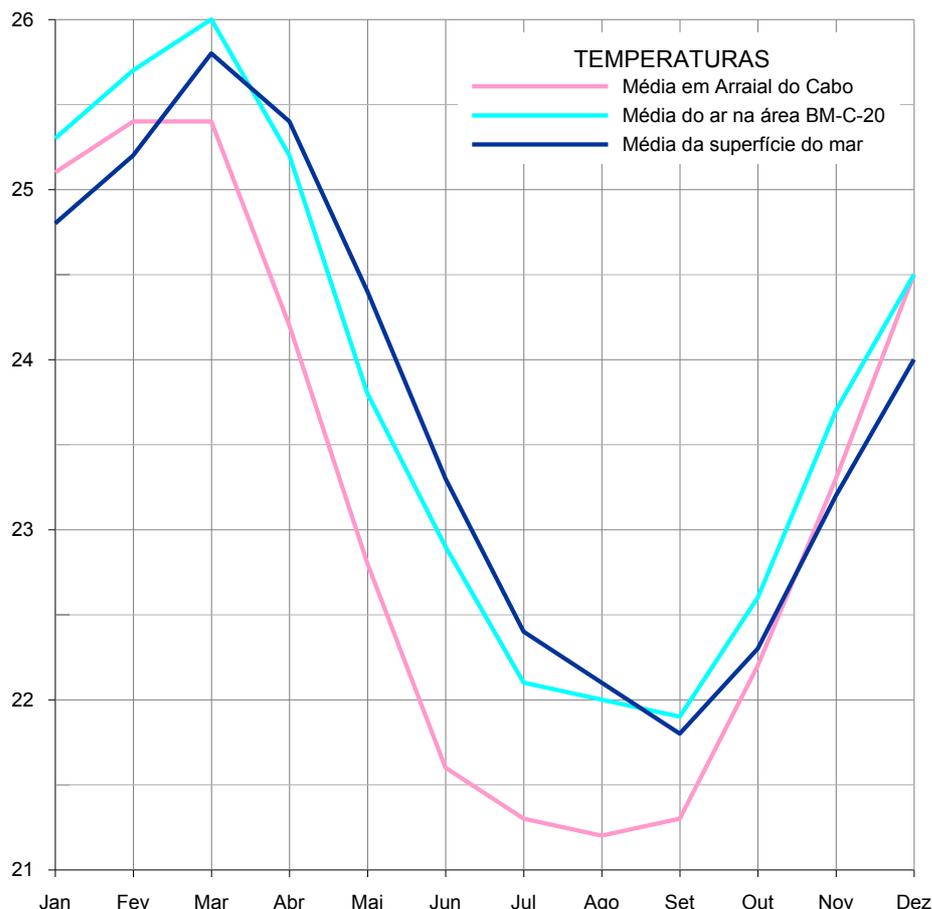
O Quadro II.5.1.1-7 e a Figura II.5.1.1-16 apresentam as temperaturas da área do Bloco BC-20. Sobre o mar, a temperatura do ar ficou mais baixa que a temperatura da água nos meses de mais frios de abril até agosto.

A diferença entre as temperaturas do ar e da TSM são inferiores a 1,0°C durante todo o ano. A maior diferença negativa foi de 0,6°C em maio (Figura II.5.1.1-16). Durante o verão, as temperaturas médias ficam 0,5°C acima da temperatura da superfície do mar na área do Bloco BC-20. A temperatura média anual do ar na área do Bloco BC-20 foi de 23,8°C e a TSM foi ligeiramente menor com 23,7°C. Em Arraial do Cabo, a temperatura média anual foi de 22,3°C.

**Quadro II.5.1.1-7 - Médias mensais das temperaturas (°C) do ar e da superfície do mar na área do Bloco BC-20.**

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Ar	25,3	25,7	26,0	25,2	23,8	22,9	22,1	22,0	21,9	22,6	23,7	24,5	23,8
Mar	24,8	25,2	25,8	25,4	24,4	23,3	22,4	22,1	21,8	22,3	23,2	24,0	23,7

Fontes: dados ICOADS



**Figura II.5.1.1-16 - Temperaturas do ar e da superfície do mar no quadrado do Bloco BC-20 e em Arraial do Cabo.**  
(Fontes: INMET 1992 e dados COADS).

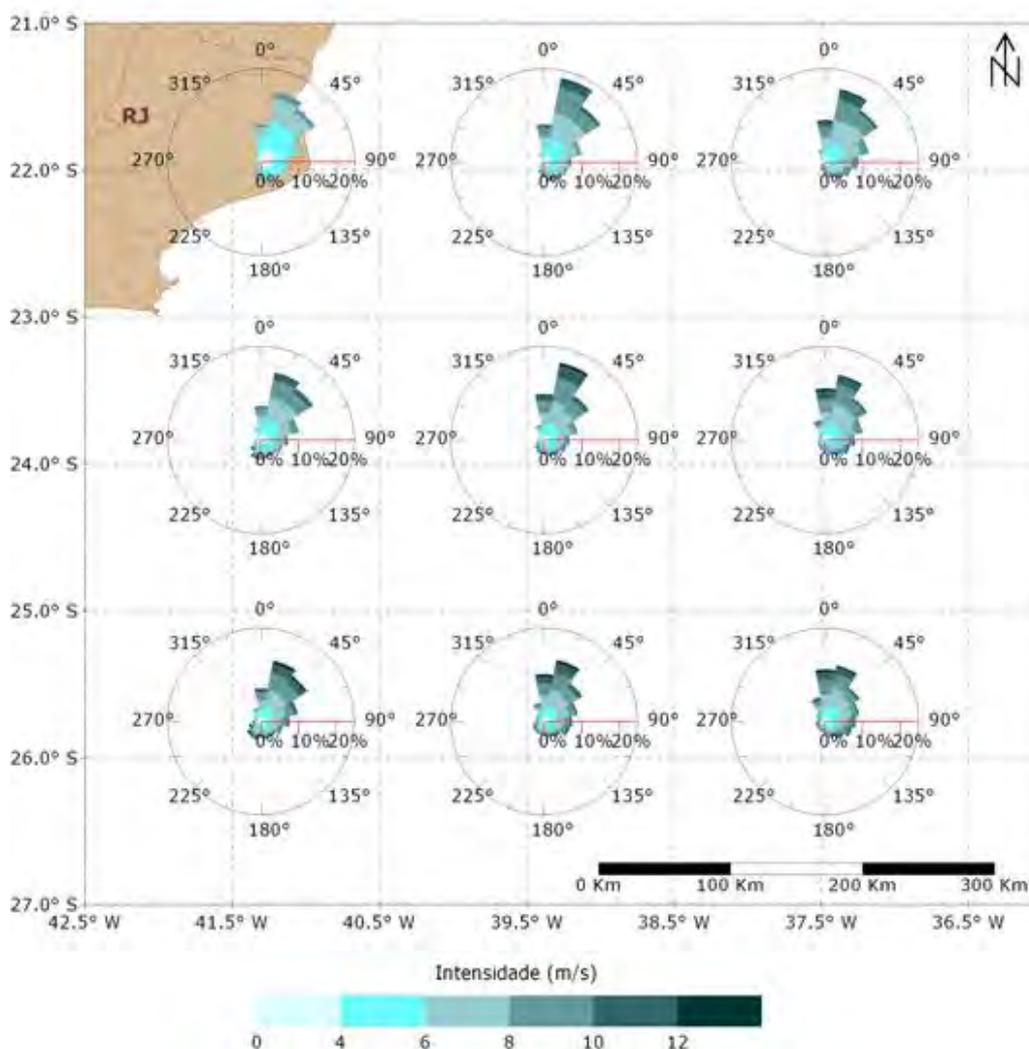
- **Ventos**

A análise dos dados de vento obtidos a partir das reanálises do NCEP, considerando a média ao longo de 30 anos, demonstra que na região da Bacia de Campos, em média, não há variação espacial significativa nos campos de ventos (Figura II.5.1.1-17). A situação típica na região é marcada por ventos com direção predominante de Norte a Leste. Esse regime, entretanto é perturbado por eventos transientes associados a sistemas frontais, onde predominam os ventos de direção Sul, variando de Sudeste a Sudoeste, nessa ordem.

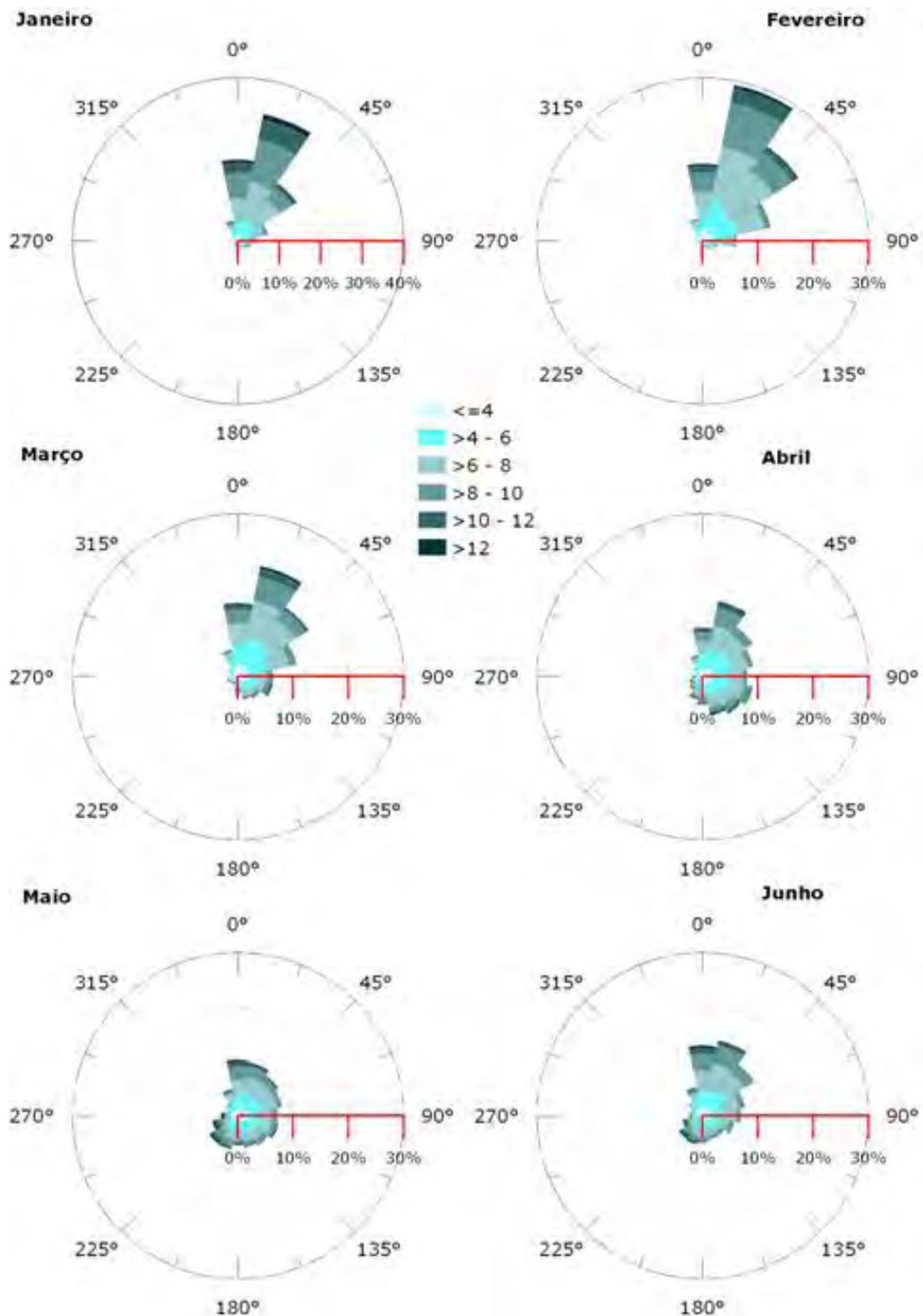
Na Figura II.5.1.1-18 são apresentadas as rosas dos ventos mensais elaboradas com os dados do NCEP para os meses de janeiro a junho e na Figura II.5.1.1-19 para os meses de julho a dezembro.

Pode-se observar uma alta frequência de ocorrência de ventos que variam de Norte a Nordeste no período que vai de agosto a março. No período compreendido entre os meses de abril a julho a predominância ainda é dos ventos do quadrante Norte, no entanto os ventos de quadrante sul (SE e SW) se fazem mais presentes.

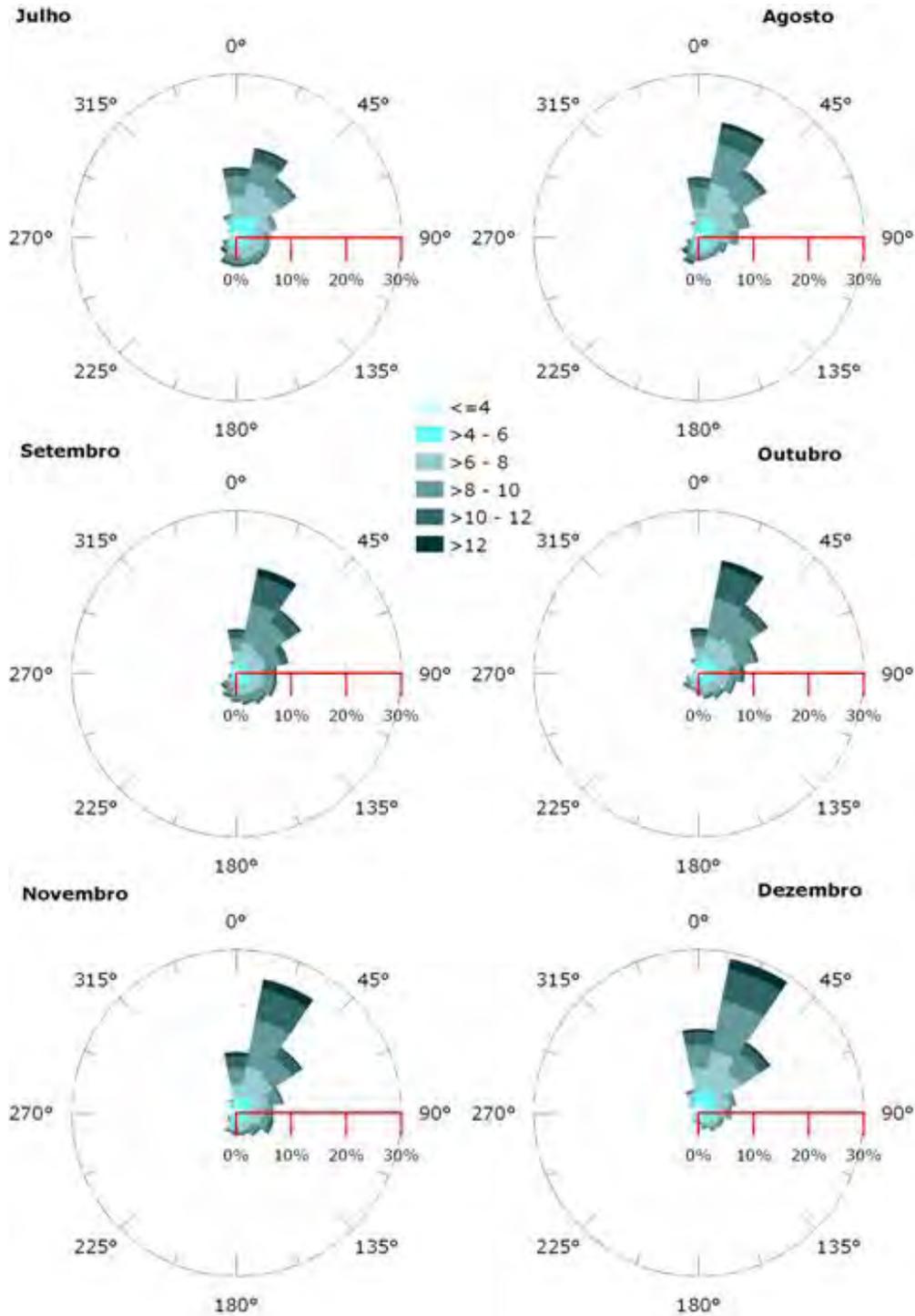
De forma geral, nota-se a predominância dos ventos de norte a nordeste ao longo de todos os meses do ano, sendo a incidência dos ventos de quadrante Sul mais notada durante os meses de inverno.



**Figura II.5.1.1-17 - Histograma direcional dos ventos na região da Bacia de Campos. Dados de 1978 a 2007 obtidos a partir das reanálises do NCEP/NCAR. A direção 0° indica o Norte (PETROBRAS/Ecologus, 2009).**

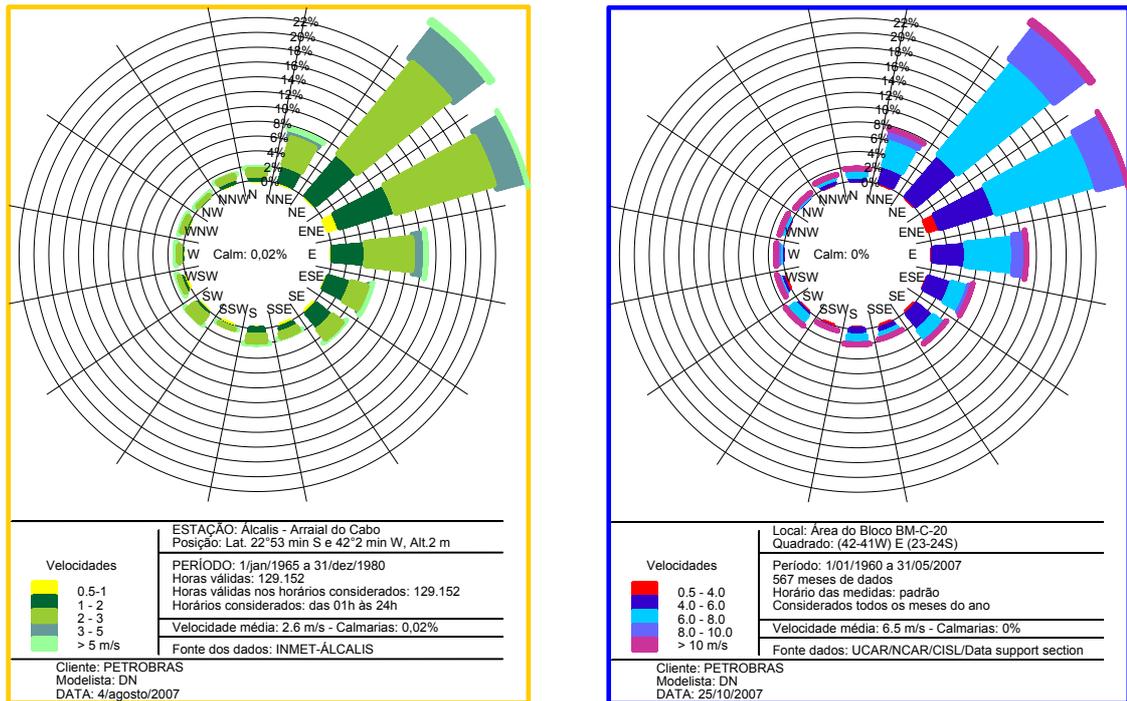


**Figura II.5.1.1-18 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados da reanálise do NCEP/NCAR para os meses de janeiro a junho. A direção 0° indica o Norte. (PETROBRAS/Ecologus, 2009).**



**Figura II.5.1.1-19 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados da reanálise do NCEP/NCAR para os meses de julho a dezembro. A direção 0° indica o Norte. (PETROBRAS/Ecologus, 2009).**

A Figura II.5.1.1-20 mostra a rosa dos ventos na área do campo do Bloco BC-20 e em Arraial do Cabo. Nas duas áreas, os ventos predominantes foram de nordeste e de este-nordeste, em seguida apareceram os ventos de este. A média geral da velocidade foi de 6,5 m/s na área do Bloco e de 2,6 m/s no litoral (Arraial do Cabo).



**Figura II.5.1.1-20 - Rosa dos ventos em Arraial do Cabo e na área do Bloco BC-20.**  
(Fontes: Dados COADS e INMET).

O Quadro II.5.1.1-8 apresenta as freqüências totais (em %) dos 16 setores de direção. Este padrão de vento está em conformidade com a circulação anticiclônica do Atlântico Sul na costa do Brasil acima das latitudes de 10°S. No Quadro II.5.1.1-8 também podem ser observadas as velocidades médias dos ventos em cada setor de direção.

**Quadro II.5.1.1-8 - Distribuição das freqüências (%) dos ventos por classe de velocidade na área do Bloco BC-20.**

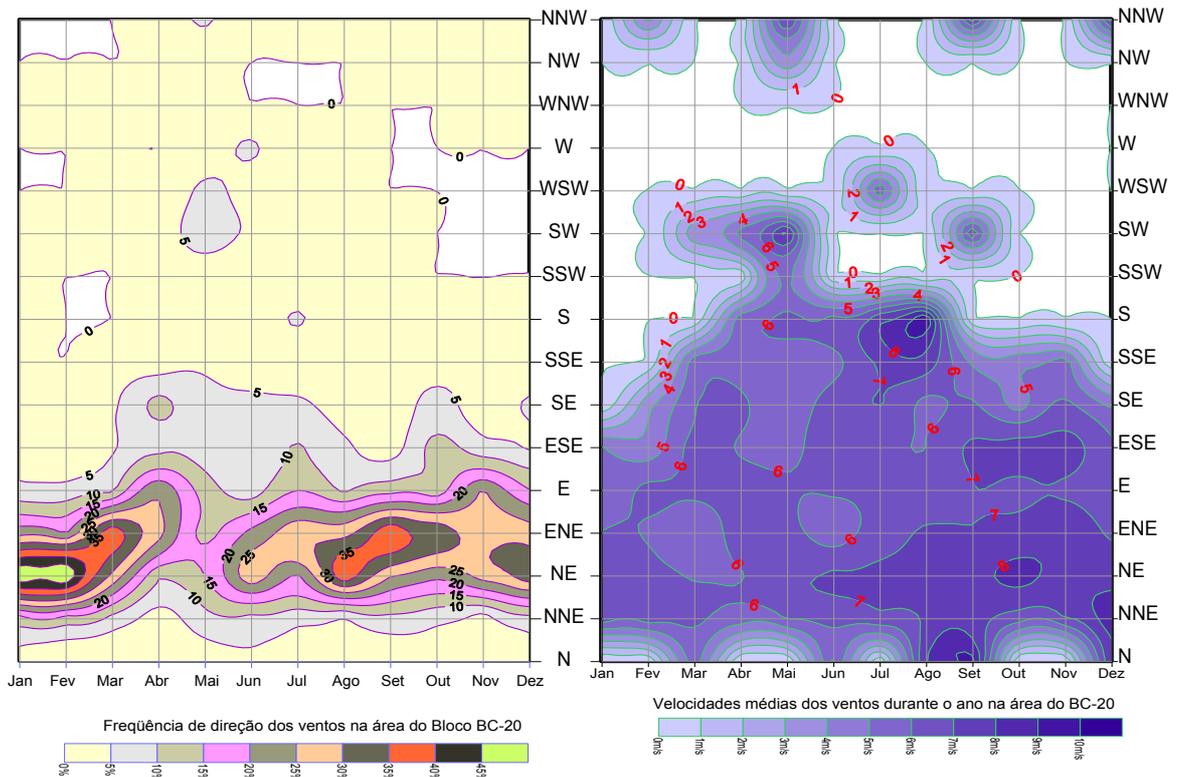
	CLASSES DE VELOCIDADE (m/s)					Soma (%)	V (m/s)
	(0 – 4)	(4 – 6)	(6 – 8)	(8 – 10)	> 10		
N	0,00	0,53	0,88	0,18	0,00	1,59	6,43
NNE	0,18	2,29	3,88	1,06	0,00	7,41	6,49
NE	0,18	7,06	16,05	5,47	0,71	29,45	6,91
ENE	1,59	7,76	13,93	4,23	0,00	27,51	6,46
E	0,18	4,41	6,35	1,76	0,00	12,70	6,48
ESE	0,00	3,18	2,29	0,53	0,00	6,00	6,11
SE	0,35	2,65	1,76	0,18	0,00	4,94	5,69
SSE	0,35	0,71	0,71	0,00	0,00	1,76	5,26
S	0,00	0,88	1,06	0,18	0,00	2,12	6,08
SSW	0,35	0,18	0,00	0,00	0,00	0,53	4,00
SW	0,18	0,35	1,41	0,00	0,00	1,94	6,15
WSW	0,35	0,35	0,18	0,18	0,00	1,06	5,30
W	0,00	0,18	0,35	0,35	0,00	0,88	7,76
WNW	0,00	0,18	0,35	0,18	0,00	0,71	6,85
NW	0,00	0,00	0,18	0,18	0,00	0,35	7,15
NNW	0,00	0,53	0,53	0,00	0,00	1,06	5,98
Somas	3,70	31,22	49,91	14,46	0,71	100,00	6,49

Fontes: dados ICOADS

A Figura II.5.1.1-21 mostra os mapas das freqüências setoriais dos ventos em cada mês e as respectivas velocidades médias. Os dados utilizados na elaboração desses mapas encontram-se nos Quadros II.5.1.1-9 e II.5.1.1-10. Da mesma forma que a rosa dos ventos exhibe ventos de alta freqüência de nordeste e este-nordeste, o mapa das freqüências igualmente indica esses setores como os mais freqüentes, entretanto, o mapa mostra que há uma perturbação desse regime de ventos entre o final de março e início de maio. Durante essa alteração de regime os ventos fazem uma virada para os setores este e este-sudeste. Passado o mês de abril, o regime de ventos de nordeste retorna à posição normal.

É notável observar que durante todo o verão os ventos do setor nordeste têm freqüências mensais superiores a 40% (Figura II.5.1.1-21).

O mapa das velocidades mostra que os ventos mais intensos não coincidem com os setores mais freqüentes. No mês de maio, aparece um núcleo de ventos muito fortes de sudoeste (SW), com velocidades médias acima de 10 m/s. Esses ventos estão associados à entrada de frentes frias. Como a entrada de frente fria pode ser antecedida de forte virada dos ventos, surge outro núcleo de ventos fortes de norte-noroeste (NNW). No mês de julho, há um núcleo de velocidades mais forte do setor oeste-sudoeste igualmente relacionado com as passagens de frentes frias. Em agosto, já no meio da estação de inverno, os ventos de sul surgem com velocidades superiores a 9 m/s. No mês de setembro, aparecem os núcleos de ventos mais fortes de norte e norte-noroeste, e os ventos de sudoeste (SW), igualmente relacionados à entrada das frentes frias.



**Quadro II.5.1.1-9 -** *Frequências (%) mensais dos ventos por direção setorial na área do Bloco BC-20.*

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
N	2,1	0,0	0,0	2,1	2,1	4,3	2,1	0,0	2,1	2,1	2,1	0,0
NNE	12,5	12,8	8,3	2,1	8,5	8,5	6,4	4,3	8,5	6,4	2,1	8,5
NE	<b>50,0</b>	<b>51,1</b>	29,2	10,4	<b>14,9</b>	<b>29,8</b>	19,1	<b>40,4</b>	25,5	21,3	<b>27,7</b>	<b>34,0</b>
ENE	22,9	19,1	<b>39,6</b>	<b>27,1</b>	12,8	21,3	<b>29,8</b>	27,7	<b>40,4</b>	<b>34,0</b>	<b>27,7</b>	27,7
E	6,3	6,4	8,3	25,0	12,8	6,4	14,9	8,5	12,8	10,6	25,5	14,9
ESE	2,1	2,1	4,2	8,3	6,4	6,4	10,6	6,4	2,1	12,8	6,4	4,3
SE	2,1	4,3	4,2	12,5	6,4	6,4	6,4	2,1	0,0	8,5	0,0	6,4
SSE	0,0	0,0	2,1	2,1	4,3	2,1	0,0	2,1	2,1	2,1	4,3	0,0
S	2,1	0,0	0,0	4,2	4,3	2,1	6,4	0,0	2,1	2,1	0,0	2,1
SSW	0,0	0,0	0,0	2,1	2,1	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
SW	0,0	2,1	0,0	2,1	8,5	4,3	0,0	4,3	2,1	0,0	0,0	0,0
WSW	0,0	0,0	2,1	0,0	6,4	2,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
W	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	6,4	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
WNW	0,0	2,1	2,1	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0
NW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	2,1	0,0
NNW	0,0	0,0	0,0	2,1	6,4	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
Ano	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fontes: dados ICOADS

**Quadro II.5.1.1-10 -** *Velocidades (m/s) mensais dos ventos por direção setorial na área do Bloco BC-20.*

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
N	6,5	0,0	0,0	8,2	6,2	7,4	4,8	0,0	6,5	5,8	5,2	0,0
NNE	6,2	6,1	6,1	6,8	6,1	6,5	7,3	5,9	7,5	6,0	6,4	7,3
NE	7,1	6,5	5,6	7,1	6,3	6,4	6,6	7,1	7,6	7,4	8,0	7,4
ENE	6,0	5,7	5,9	5,9	5,8	5,6	6,8	6,8	7,3	7,3	6,7	6,5
E	7,0	4,7	6,0	5,3	6,1	7,5	7,0	7,1	7,5	6,7	6,8	6,8
ESE	4,3	4,1	5,4	5,6	5,8	6,0	6,5	6,6	8,3	6,6	6,0	6,3
SE	5,0	4,1	4,7	5,5	4,3	5,4	6,7	7,0	0,0	7,0	0,0	6,7
SSE	0,0	0,0	6,0	4,2	5,4	2,8	0,0	5,2	2,5	7,9	6,6	0,0
S	6,0	0,0	0,0	5,4	7,1	5,0	6,4	0,0	7,2	5,5	0,0	5,1
SSW	0,0	0,0	0,0	3,0	5,3	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0
SW	0,0	6,2	0,0	6,6	5,9	5,1	0,0	6,8	7,3	0,0	0,0	0,0

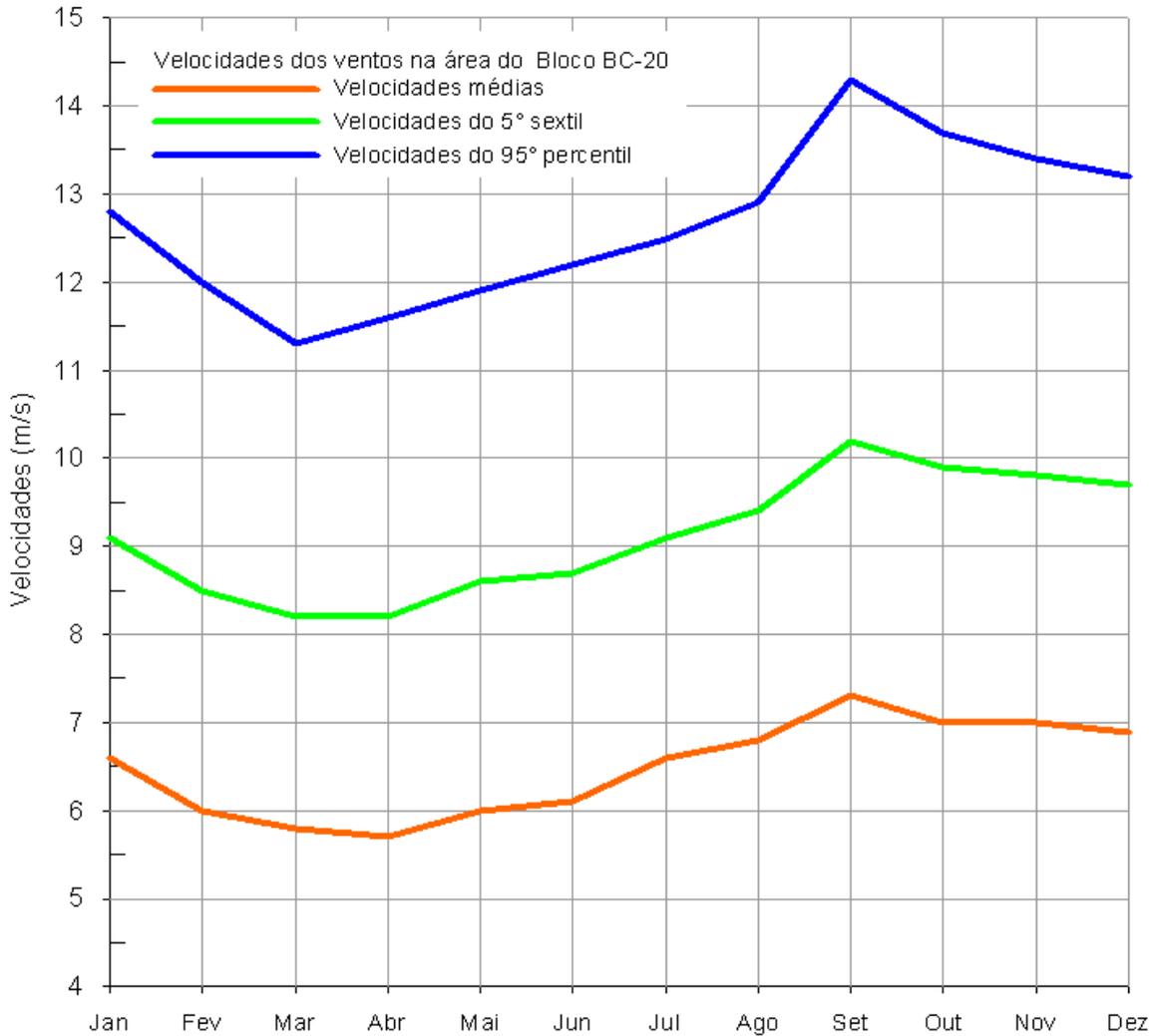
(continua)

Quadro II.5.1.1-10 - (conclusão)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
WSW	0,0	0,0	4,8	0,0	6,4	4,2	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
W	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	8,1	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0
WNW	0,0	5,6	6,9	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0
NW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	6,0	0,0
NNW	0,0	0,0	0,0	5,3	6,3	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8
Ano	6,6	6,0	5,8	5,7	6,0	6,1	6,6	6,8	7,3	7,0	7,0	6,9

Fontes: dados ICOADS

A Figura II.5.1.1-22 apresenta as velocidades médias mensais, as velocidades do quinto sextil e as velocidades consideradas máximas, de valores acima do 95° percentil. O 95° percentil define um limite que foi ultrapassado por somente 5% das medições de velocidade. Observa-se no gráfico que as velocidades sofrem um decréscimo de, aproximadamente, 1,5 m/s de março a maio; nessa época ocorre a perturbação do regime de ventos de nordeste. A partir de maio, crescem em média 1 m/s no período de primavera. O Quadro II.5.1.1-11 fornece os dados usados na elaboração do gráfico da Figura II.5.1.1-22.



**Figura II.5.1.1-22 - Velocidades médias mensais, velocidades do quinto sextil e 95º percentil.**

(Fontes: dados ICOADS)

**Quadro II.5.1.1-11 - Velocidades médias, velocidades máximas e velocidades do quinto sextil na área do Bloco BC-20.**

	VELOCIDADES MÉDIAS (m/s)	VELOCIDADES DO QUINTO SEXTIL (m/s)	VELOCIDADES MÁXIMAS (m/s)
Jan	6,6	9,1	12,8
Fev	6,0	8,5	12,0
Mar	5,8	8,2	11,3
Abr	5,7	8,2	11,6
Mai	6,0	8,6	11,9
Jun	6,1	8,7	12,2
Jul	6,6	9,1	12,5
Ago	6,8	9,4	12,9

(continua)

Quadro II.5.1.1-11 - (conclusão)

	VELOCIDADES MÉDIAS (m/s)	VELOCIDADES DO QUINTO SEXTIL (m/s)	VELOCIDADES MÁXIMAS (m/s)
Set	7,3	10,2	14,3
Out	7,0	9,9	13,7
Nov	7,0	9,8	13,4
Dez	6,9	9,7	13,2
<b>Médias</b>	<b>6,49</b>	<b>9,12</b>	<b>12,64</b>

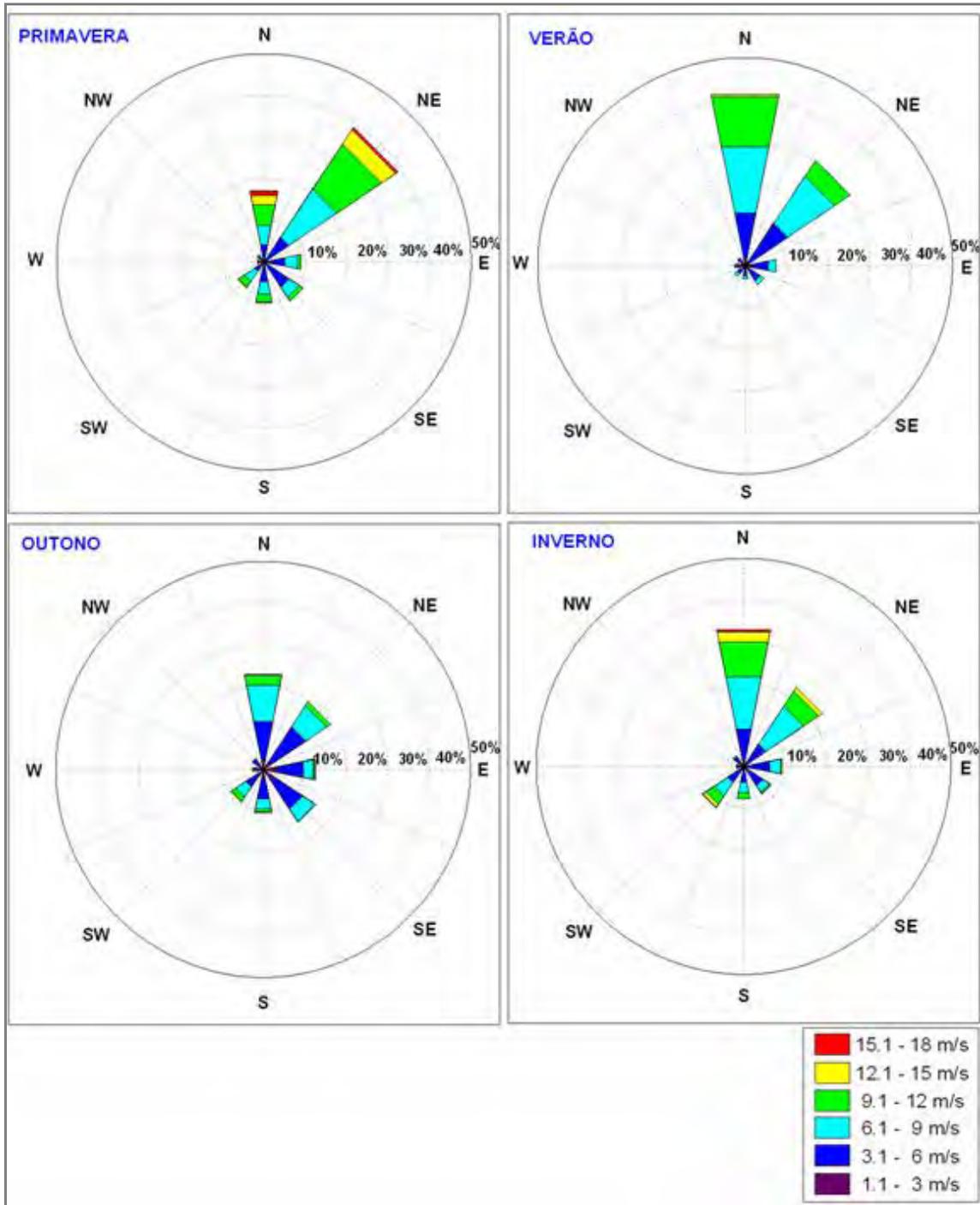
Fontes: dados ICOADS

Baseado nos dados de ventos coletados para a plataforma PCE-1, foram elaborados os gráficos seguintes (Figura II.5.1.1-23) mostrando parâmetros estatísticos sazonais. Pode-se notar que, em concordância com o mostrado anteriormente, a predominância dos ventos é do quadrante N, principalmente ventos de N e NE.

Durante os meses de primavera e verão ocorrem ventos predominantemente do quadrante N ou NE. Especificamente durante o verão, a ocorrência de ventos de SW, relacionados à situação de mau tempo, é muito baixa (inferior a 5%), indicando que as frentes frias são menos frequentes na Bacia de Campos nesta estação do ano. Ressalta-se que durante a primavera há maior ocorrência de ventos com maiores intensidades (> 9 m/s), quando comparado ao verão.

Durante o inverno, a ocorrência de ventos de SW é a maior do ano, indicando que as frentes frias que causam mau tempo atingem a Bacia de Campos com maior frequência. A intensificação de ventos de N nesta época do ano está relacionada à “~~re~~-frente frontal”, quando os gradientes de temperaturas antes da chegada da frente fria ficam maiores e causam ventos fortes de N antes da passagem da baixa pressão. No outono a distribuição dos ventos relativa à direção é mais homogênea. Durante o ano todo, ventos fortes de oeste, vindos do continente, são raros e ventos desta direção estão relacionados principalmente com brisas noturnas e diurnas nas proximidades da zona costeira.

O Quadro II.5.1.1-12 mostra a distribuição conjunta de intensidade e direção do vento para o mesmo período considerado anteriormente. Nota-se que a maior ocorrência dos ventos nesta região se dá de N e NE com intensidades de 6 a 9 m/s (12 a 18 nós). As intensidades acima de 12 m/s representam apenas 3,6% das ocorrências.



**Figura II.5.1.1-23 - Rosa dos Ventos (m/s) elaborada com os dados obtidos na plataforma PCE-1 no período de dezembro de 2004 a outubro de 2009.**

Fonte: PETROBRAS/Habtec (2010).

**Quadro II.5.1.1-12 - Estatística mensal dos ventos na Bacia de Campos, utilizando os dados obtidos na plataforma PCE-1 no período de dezembro de 2004 a outubro de 2009.**

Int. (m/s)	Direção								Total	Perc.
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
1.1 - 3	135	97	138	130	81	74	44	97	796	11.2
3.1 - 6	562	588	361	398	258	207	84	85	2543	35.8
6.1 - 9	774	754	186	168	159	192	17	16	2266	31.9
9.1 - 12	488	361	22	28	65	103	6	1	1074	15.1
12.1 - 15	95	76	6	4	11	25	1	0	218	3.1
15.1 - 18	26	10	0	0	0	2	1	0	39	0.5
> 18	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0.0
Subtotal	2081	1888	713	728	574	603	153	199	6939	97.7
Calmaria									163	2.3
Total									7102	100
Percen.	29.3	26.6	10.0	10.3	8.1	8.5	2.2	2.8		
Média	7.4	7.1	5.0	5.0	5.8	6.5	4.3	3.3		
Máximo	20.2	22.1	14.2	14.8	14.6	17.1	15.5	9.3		

Fonte: PETROBRAS/Habtec (2010).

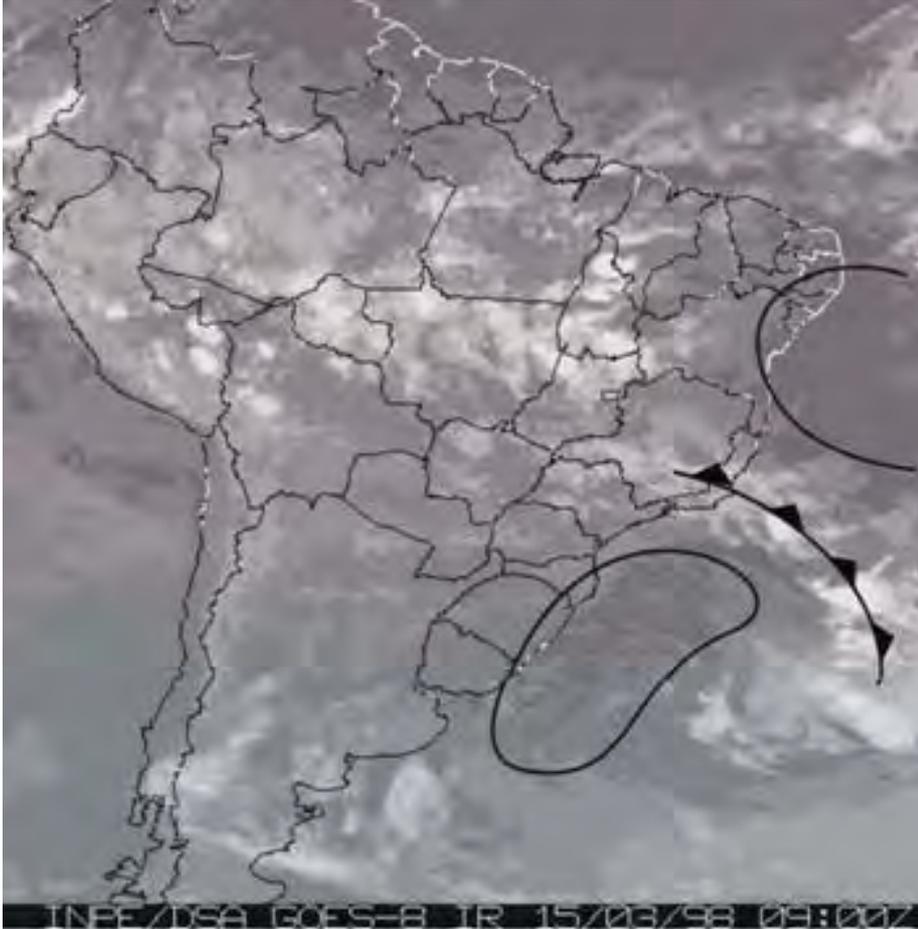
### Sistemas Frontais

O Brasil é afetado por sistemas frontais que atuam durante todo o ano e são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos sobre o país. Estes sistemas possuem características próprias de deslocamento de acordo com a época sazonal do ano e de fatores sinóticos que atuam no Atlântico Sul e sobre o continente sul americano (LEMOS & OYAMBURO, 2004).

A região sudeste do Brasil é frequentemente influenciada pela passagem de sistemas frontais frios. Esses sistemas são formados quando as massas de ar frio, provenientes do sul do Atlântico se deslocam de encontro às massas de ar quente localizadas em latitudes tropicais. Como o ar frio é mais denso, penetra por debaixo do ar quente, forçando sua subida e conseqüente resfriamento. Cria-se assim, uma região de intensa atividade convectiva, com formação de nuvens de desenvolvimento vertical acentuado, com destaque para os cumulonimbus (CB), provocando pancadas de chuvas e, algumas vezes, rajadas de vento em superfície.

A Figura II.5.1.1-24 mostra uma imagem de satélite com a presença de uma frente fria sobre o Estado do Rio de Janeiro. A aproximação da frente fria pode

ocasionar um aumento de temperatura, na presença de ventos fracos ou de calmaria (ausência de ventos), fenômeno conhecido como pré-frontal.



**Figura II.5.1.1-24** - Imagem do satélite, setorizada no canal infravermelho, indicativa do posicionamento de uma frente fria sobre o Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: CPTEC/INPE

No setor quente da frente, a velocidade média do vento é de 5 m/s, variando sua direção do predominante nordeste para noroeste com a aproximação da frente. Imediatamente após a passagem da frente fria, o vento tem direção sudoeste com velocidades em torno de 8 m/s. Aproximadamente um dia após a passagem da frente pela região, o vento novamente gira no sentido anti-horário de sudoeste para nordeste (STECH & LORENZZETTI, 1992).

No Quadro II.5.1.1-13 é apresentado o número de passagem de sistemas frontais na Bacia de Campos para os anos de 1996 a 2007, obtidos do CPTEC. As

informações foram obtidas do boletim Climanálise do CPTEC/INPE, para sistemas frontais que atingem a cidade de Cabo Frio, RJ.

**Quadro II.5.1.1-13 - Ocorrência de passagem de sistemas frontais na Bacia de Campos entre os anos de 1996 e 2007 (PETROBRAS/Ecologus, 2009).**

MÊS/ANO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	TOTAL	MÉDIA
Janeiro	1	2	4	1	3	1	1	2	1	3	1	1	21	1,75
Fevereiro	2	1	1	1	4	0	2	0	4	3	1	1	20	1,67
Março	2	2	4	2	3	1	1	2	4	1	4	0	26	2,17
Abril	-	4	4	3	3	2	0	3	2	4	4	3	32	2,67
Mai	2	5	4	6	4	2	1	3	6	2	3	3	41	3,42
Junho	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	4	34	2,83
Julho	6	3	3	3	5	2	5	2	3	3	1	6	42	3,50
Agosto	3	3	3	3	5	0	1	5	4	3	2	3	35	2,92
Setembro	5	6	5	4	2	4	4	5	3	6	2	3	49	4,08
Outubro	4	4	7	4	2	2	3	2	4	4	2	0	38	3,17
Novembro	4	7	3	5	3	3	1	5	4	4	1	4	44	3,67
Dezembro	3	4	2	6	4	3	3	-	3	4	1	2	35	2,92
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>45</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>31</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>24</b>	<b>30</b>		

Fonte: INMET

Observa-se que os meses de janeiro a março apresentaram menor incidência desses sistemas na região, enquanto os meses de julho, setembro e novembro apresentaram o maior número de ocorrências.

A frequência de ocorrência de sistemas frontais na região foi superior nos anos de 1997 a 2000 e 2004 a 2005, o que pode indicar a ocorrência de variações interanuais, apesar da série temporal relativamente curta.

De acordo com Lemos & Oyamburo (2004), os sistemas frontais no período de verão, apesar de reduzida ocorrência, frequentemente ficam semi estacionados no litoral da região sudeste do Brasil devido à presença de vórtices ciclônicos em altos níveis na região nordeste.

O Quadro II.5.1.1-14 apresenta o intervalo médio (em dias) entre a passagem de dois sistemas frontais consecutivos na região da Bacia de Campos para os anos de 1996 a 2007, obtidos do CPTEC. Verifica-se que os meses de junho,

setembro e outubro apresentam, em média, menores intervalos entre a passagem de dois sistemas frontais consecutivos, enquanto que os meses de janeiro a março, característicos de verão, apresentam os maiores intervalos.

**Quadro II.5.1.1-14 - Intervalo médio (em dias) de passagem de dois sistemas frontais consecutivos na Bacia de Campos (em dias) entre os anos de 1996 e 2007 (PETROBRAS/Ecologus, 2009).**

MÊS	ANO												MÉDIA
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Janeiro	31,00	15,50	7,75	31,00	10,33	31,00	31,00	15,50	31,00	10,33	31,00	31,00	23,03
Fevereiro	14,00	28,00	28,00	28,00	7,00	-	14,00	0,00	7,00	9,33	28,00	28,00	21,00
Março	15,50	15,50	7,75	15,50	10,33	31,00	31,00	15,50	7,75	31,00	7,75	-	17,14
Abril	-	7,50	7,50	10,00	10,00	15,00	-	10,00	15,00	7,50	7,50	10,00	10,00
Mai	15,50	6,20	7,75	5,17	7,75	15,50	31,00	10,33	5,17	15,50	10,33	10,33	11,71
Junho	7,50	7,50	7,50	7,50	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	7,50	7,50
Julho	5,17	10,33	10,33	10,33	6,20	15,50	6,20	15,50	10,33	10,33	31,00	5,17	11,37
Agosto	10,33	10,33	10,33	10,33	6,20	-	31,00	6,20	7,75	10,33	15,50	10,33	10,33
Setembro	6,00	5,00	6,00	7,50	15,00	7,50	7,50	6,00	10,00	5,00	15,00	10,00	8,38
Outubro	7,75	7,75	4,43	7,75	15,50	15,50	10,33	15,50	7,75	7,75	15,50	-	7,75
Novembro	7,50	4,29	10,00	6,00	10,00	10,00	30,00	6,00	7,50	7,50	30,00	7,50	11,36
Dezembro	10,33	7,75	15,50	5,17	7,75	10,33	10,33	-	10,33	7,75	31,00	15,50	12,92

Fonte: CPTEC/ INPE

Segundo Nimer (1989), no Atlântico Sul as frentes frias acontecem durante todo o ano, variando sua periodicidade sazonalmente. No inverno, época de maior ocorrência e intensidade, podem passar pela região em intervalos de 4 a 10 dias, aumentando a ocorrência dos ventos do quadrante sul. No verão, aumenta o intervalo de ocorrência das frentes frias, que passam mais espaçadamente, e desta maneira aumenta a predominância relativa dos ventos de quadrante norte.

### *Condições Extremas*

A maior ocorrência de tempestades no Atlântico Sul no período de outono e inverno deixa esta época do ano mais propícia ao acontecimento de eventos extremos na região da Bacia de Campos.

Para a identificação das variações anuais e sazonais nas máximas intensidades e durações dos ventos, de acordo com as suas direções predominantes, foram utilizados dados da Reanálise do NCEP/NCAR oriundos das análises de séries temporais de direção e intensidade de ventos abrangendo 30 anos (de 1978 a 2007). Estes dados, oriundos do ponto de grade mais próximo à área de estudo, foram obtidos a cada 6 horas, a uma altitude de 10 metros, totalizando 43.828 medições.

Os dados de vento analisados apresentaram a intensidade máxima de 17,45 m/s como pode ser observado no Quadro II.5.1.1-15, em um evento ocorrido no dia 30 de maio de 1997. Neste evento, a direção de vento associada (SW) sugere a passagem de um sistema frontal na região. Em média esperam-se ventos mais intensos no mês de setembro (Quadro II.5.1.1-15), associados à direção NE. Ventos acima de 13,0 m/s são mais esperados de N, NE e SW, e representam 0,6% do total analisado (Quadro II.5.1.1-16).

Foi realizada, ainda, uma avaliação de eventos extremos de ventos para os últimos 50 anos (1959 a 2008). A estatística mensal de ventos para este período e a ocorrência conjunta de direção e intensidade dos ventos na região podem ser observadas nos Quadros II.5.1.1-15 e II.5.1.1-16, respectivamente. Os resultados se aproximam dos encontrados no período de 30 anos.

A ocorrência de ventos acima de 13 m/s diminuiu, chegando a 0,51 % do total. O mês de setembro aparece, agora, como o mês de ventos mais intensos, com média das máximas de 13,44 m/s, diferentemente da análise de 30 anos, na qual o mês de outubro é o que possui a maior média das máximas velocidades.

**Quadro II.5.1.1-15 - Estatística mensal dos ventos na Bacia de Campos, para o período de 1959 e 2008 (PETROBRAS/Ecologus, 2009).**

MESES	DIREÇÃO PREDOMINANTE (°)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	DESVIO PADRÃO (m/s)	VELOCIDADE MÁXIMA ABSOLUTA (m/s)	MÉDIA DAS VELOCIDADES MÁXIMAS (m/s)	DESVIO PADRÃO (m/s)
Janeiro	NE	6,93	2,46	14,87	12,21	1,00
Fevereiro	NE	6,38	2,36	14,25	11,69	1,15
Março	NE	5,84	2,37	14,70	11,38	1,16

(continua)

Quadro II.5.1.1-15 - (conclusão)

MESES	DIREÇÃO PREDOMINANTE (°)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	DESVIO PADRÃO (m/s)	VELOCIDADE MÁXIMA ABSOLUTA (m/s)	MÉDIA DAS VELOCIDADES MÁXIMAS (m/s)	DESVIO PADRÃO (m/s)
Abril	E	5,81	2,34	14,23	11,69	1,08
Mai	E	5,96	2,54	17,45	12,46	1,66
Junho	NE	6,13	2,43	14,86	12,22	1,40
Julho	NE	6,55	2,46	15,77	12,64	1,39
Agosto	NE	6,90	2,57	16,70	12,81	1,25
Setembro	NE	7,43	2,67	15,69	13,44	1,00
Outubro	NE	7,10	2,60	15,32	13,00	1,19
Nov embro	NE	7,01	2,71	14,81	13,01	1,03
Dezembro	NE	6,91	2,67	15,83	12,69	1,25

Fonte: NCEP

**Quadro II.5.1.1-16 - Ocorrência conjunta de direção (°) e intensidade (m/s) dos ventos na Bacia de Campos para o período de 1959 e 2008 (PETROBRAS/Ecologus, 2009).**

DIREÇÃO ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL	FREQ. (%)
INTENSIDADE (m/s)											
0,50	3,00	984	1133	1030	861	657	571	554	760	6550	8,97
3,00	5,50	3377	4558	3301	2307	1746	1188	757	1170	18404	25,19
5,50	8,00	5941	8895	4317	2737	2072	1223	390	688	26263	35,95
8,00	10,50	5365	6260	1834	1486	984	926	181	131	17167	23,50
10,50	13,00	1793	1363	236	266	189	332	87	26	4292	5,88
> 13,0		173	84	10	16	9	48	34	2	376	0,51
Total		17633	22293	10728	7673	5657	4288	2003	2777	73052	
Freq (%)		24,14	30,52	14,69	10,50	7,74	5,87	2,74	3,80		

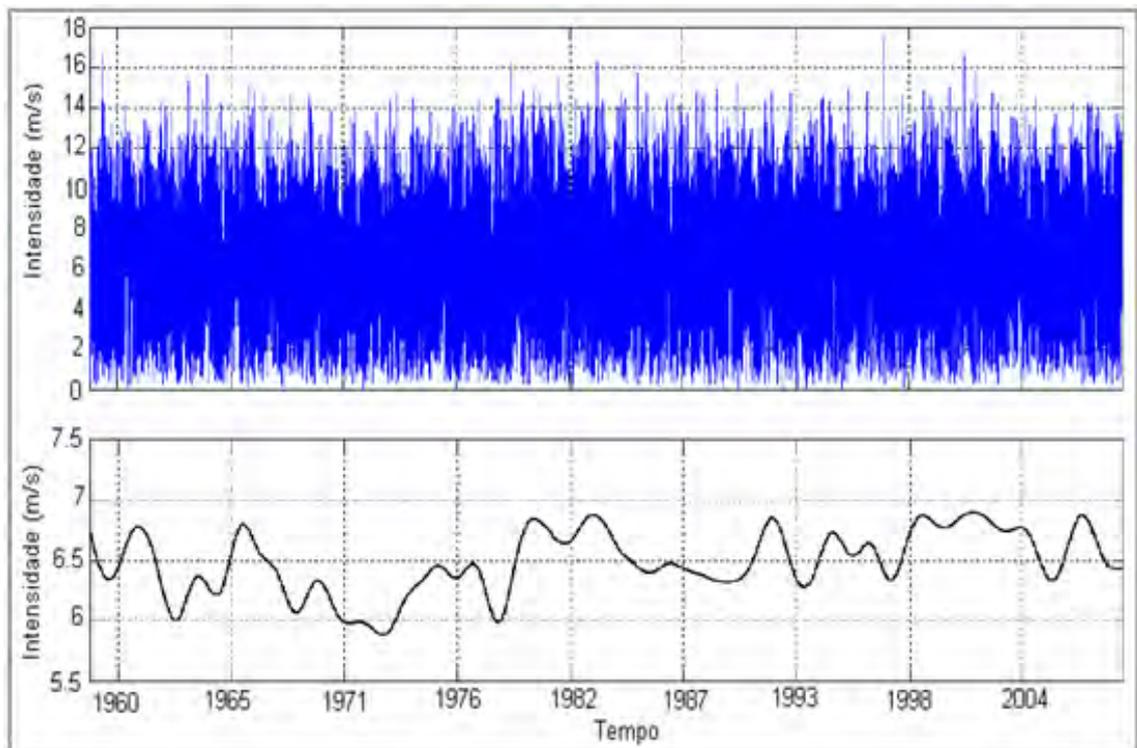
Fonte: NCEP

Os menores valores de velocidade encontrados no período de 50 anos (1959 a 2008) são, em parte, decorrentes dos impactos nos resultados do NCEP devido às mudanças nos sistemas de assimilação de dados (KISTLER, 2001) e do aumento significativo no número de observações no hemisfério sul, associado, principalmente, à coleta de dados por satélite a partir do início da década de 1980.

Os resultados anteriores a esta data apresentam-se ligeiramente reduzidos, fato que fez com que a extensão da série analisada para períodos mais antigos,

diminuísse as médias mensais obtidas. Desta forma, não se pode afirmar, sem um estudo mais aprofundado, que essa tendência de intensificação dos ventos a partir da década de 1980 seja devida às mudanças climáticas.

Na Figura II.5.1.1-25 observa-se, em azul, no painel superior, a intensidade do vento no período entre os anos de 1959 e 2008. Em preto, no painel inferior, a intensidade é tratada com um filtro *Butterworth* passa-baixa de ordem 5, eliminando períodos menores que dois anos.



**Figura II.5.1.1-25 - Intensidade do vento na Bacia de Campos entre os anos de 1959 e 2008 (painel superior) e série filtrada (painel inferior) (PETROBRAS/Ecologus, 2009).**

Fonte: NCEP/NCAR.

A filtragem destes dados permite se observar que além das variabilidades intra-anuais já apresentadas, existem variabilidades interanuais na intensidade do vento na região central da Bacia de Campos. Observando-se qualitativamente a série filtrada (em preto), pode se notar a intensificação dos ventos a partir da década de 1980, mencionada anteriormente.