

5.1. MEIO FÍSICO

5.1.1. Meteorologia

↳ Clima Geral

a. A circulação regional da atmosfera

O campo de Roncador está situado na bacia de Campos ao norte do Campo de Albacora e a leste do Campo de Frade, em lâmina d'água que varia de 1500 a 2000 m, distando cerca de 128 km do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro. Os limites geográficos do campo variam entre 21°50'S e 22°00'S de latitude e entre 39°37'W e 39°56'W de longitude. A plataforma de produção P-52 será ancorada na latitude 21°54'S e longitude 39°44'W, numa lâmina d'água de 1795 metros.

O Atlântico Sul é o único oceano tropical onde não há ocorrência de 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) e temperaturas mais elevadas.

Neste item será feita uma descrição 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, sendo apresentado por meio dos mapas das pressões normais ao nível do mar, médias de 30 anos, de 1961 a 1990.

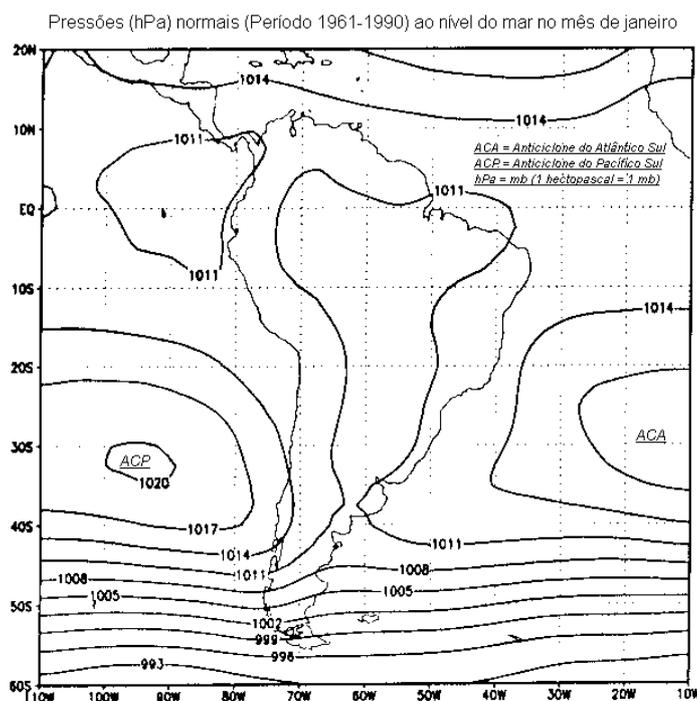
As Figuras 5.1.1-1 e 5.1.1-2 apresentam a distribuição das pressões ao nível do mar, na América do Sul, respectivamente no mês de janeiro e julho (Satyamurty *et al.*, 1998). O cinturão das altas pressões na latitude dos 30° aparece no Pacífico representado pela área do anticiclone do oceano Pacífico, e no Atlântico Sul pelo anticiclone do Atlântico Sul. 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 e o modo dessas migrações do centro do anticiclone determinam as variações de temperatura e das precipitações na Região Sudeste do Brasil.

A circulação na baixa troposfera, no nível de 850 hPa ou de cerca de 1500 m, apresenta um campo de vento circular que acompanha aproximadamente as isóbaras do campo de pressão ao nível do mar (Figuras 5.1.1-1 e 5.1.1-2). Os vetores-vento são mais fortes no mês de janeiro (verão).

Sobre o Rio de Janeiro, predominam ventos do quadrante norte (Ellis *et al.*, 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 leste, 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.*, 1998). Muitas das chuvas, em toda a Serra do Mar e na Zona da Mata no Brasil, dependem da velocidade e do ângulo de penetração desses alísios sobre a costa, em cada estação do ano.

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 aí se formam quase todas as frentes atmosféricas. 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.



Fonte: Satyamurty *et al.* (1998).

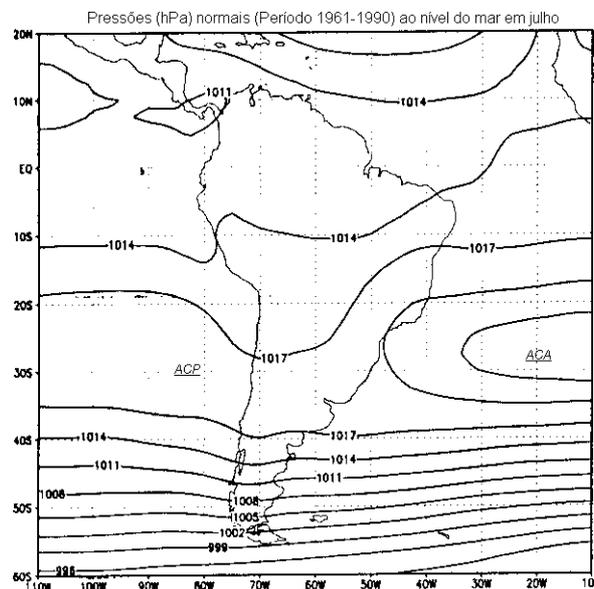
Figura 5.1.1-1. Pressões normais ao nível da superfície do mar em janeiro. Normais climatológicas do período de 1961-1990.

O Rio de Janeiro, bem como toda a região Sudeste do Brasil, é dominado por forte atividade convectiva na estação das chuvas, que origina uma grande parte das precipitações. 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) ou zona de convergência do Atlântico Sul. As características climáticas da SACZ são mais evidentes no verão e praticamente desaparecem no inverno.

b. Condições de tempo perturbado e fenômenos severos

O tempo na Região Sudeste é alterado por vários tipos de perturbações transientes, tanto de origem tropical como extratropical. As magnitudes dessas perturbações são igualmente de todas as escalas, vão desde a escala sinótica e desde a mesoescala até as perturbações convectivas organizadas ou desorganizadas. Alguns dos sistemas meteorológicos violentos, como os tornados e ciclones, encontrados nos trópicos e subtropicais, não ocorrem na Região Sudeste e no oceano próximo (De Schwarzkopf, 1982; Fujita, 1973).

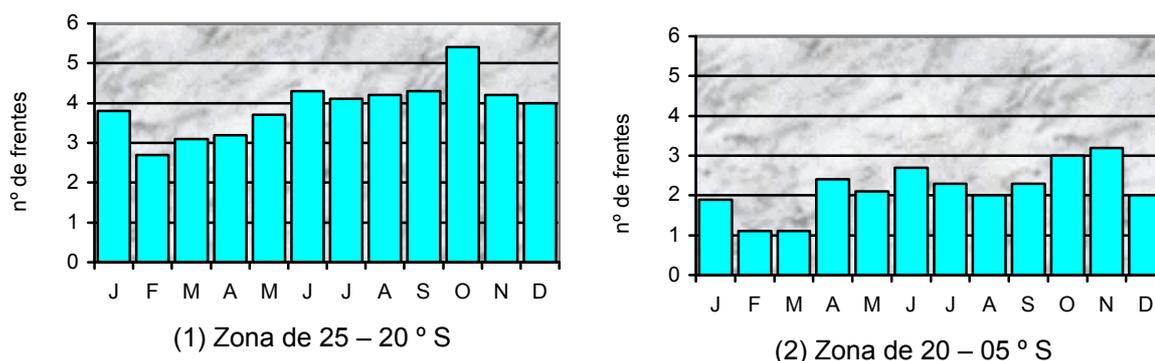
Os eventos transientes de tempo, mais comuns na região Sudeste, são as passagens das frentes frias. Os ciclones de latitude média cruzam os Andes e a Argentina acima da latitude de 35°S e, em seguida, tomam rumo este-sudeste, enquanto a frente fria move-se para nordeste, associada com o deslocamento de seu centro de baixa pressão.



Fonte: Satyamurty *et al.* (1998).

Figura 5.1.1-2. Pressões normais ao nível da superfície do mar em julho. Normais climatológicas do período de 1961-1990.

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. A Figura 5.1.1-3 apresenta uma estatística da frequência mensal das passagens de sistemas frontais pela Região Sudeste. Esse estudo foi baseado em 10 anos de imagens infravermelhas dos satélites meteorológicos rastreados diariamente pelo INPE, no período de 1975 a 1984 (Satyamurty *et al.*, 1998). Nas latitudes abaixo de 20°S, em média, há somente duas passagens de frentes por mês. Cerca de quatro sistemas frontais passam mensalmente entre 20°S e 25°S. Mais ao sul, a frequência das frentes aumenta. Uma grande parte das chuvas precipitadas no Rio de Janeiro se deve aos sistemas frontais.



Fonte: Satyamurty *et al.* (1998).

Figura 5.1.1-3. Frequências mensais das passagens dos sistemas frontais pelo Rio de Janeiro.

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 para o mar na latitude de 20°S, quando perdem as próprias características e se fundem com a alta do Atlântico (Blair & Fite, 1964). Essas massas frias causam fortes geadas nos estados do sul 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 frequência das geadas aumentam com a altitude do lugar e a latitude mais ao sul dos 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 o norte, se formam na costa do Brasil, na latitude aproximada de 25°S.

- **A zona de convergência do Atlântico Sul (SACZ)**

A atividade da SACZ, no verão, 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 atingir o Rio de Janeiro, essas frentes ficam estacionadas 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. No Rio de Janeiro, as grandes enchentes catastróficas aconteceram no verão, nas décadas de 60 e 70.

↳ **Clima Local**

O clima dos oceanos é 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° de latitude por 10° de longitude, sobre um mapa de projeção de Mercator. Os quadrados enumerados de Marsden cobrem todo o globo terrestre desde 80° norte até 70° sul. O Campo de Roncador se encontra no quadrado de

número 375. Cada um dos quadrados de Marsden (QMD) é subdividido em 100 subquadrados de 1° x 1° (SQMD). Para maior aproximação da posição, os subquadrados são enumerados sistematicamente com valores de 00 a 99. A área de Roncador está dentro do subquadrado de número 19.

- **A classificação climática da área**

Segundo o método de classificação climática de Wladimir Köppen, toda a área de influência do empreendimento possui clima do grupo “A”, isto é, tem clima quente e úmido, com temperatura média do mês mais quente acima de 18°C (Quadro 5.1.1-1). Quanto ao tipo do clima na área, segundo Köppen, a região de Macaé está claramente enquadrada no tipo Aw; a letra “w” denota que o verão é úmido e o inverno seco (Blair & Fite, 1964).

O estudo da climatologia normal da área do empreendimento do campo de Roncador será baseado nos dados das observações meteorológicas da estação Macaé (PESAGRO), publicados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia – Sexto Distrito, 1992) e referentes ao período de 1979-1990. A estação meteorológica de Macaé está situada na posição 22 23’S e 41 46’W, numa altitude de 2,8 m.

Temperatura do ar

O Quadro 5.1.1-1 resume as estatísticas mensais dos dados de temperatura do ar do período de janeiro de 1979 a dezembro de 1990. As temperaturas médias foram mais elevadas no quadrimestre dezembro/março (verão), tendo sido registrada a temperatura média mais alta de 26,3°C em fevereiro. O mês de julho foi o mais frio com 20,4°C, sendo o trimestre junho/agosto o mais frio com temperaturas médias em torno de 20,7°C. A temperatura média anual foi de 23,3°C.

As médias das temperaturas mínimas, nesse mesmo período, variaram de 22,4°C, em fevereiro, a 16,2°C, em julho. A média das mínimas foi de 19,4°C. A amplitude térmica entre a máxima e a mínima diárias foi de 8,9°C e a amplitude térmica absoluta foi de 30,2°C.

As temperaturas máximas variaram de 31,6°C (fevereiro) a 26,1°C (julho) e a média anual das máximas foi de 28,3°C. A temperatura mínima absoluta de 8,5°C aconteceu no mês de junho. A temperatura máxima absoluta foi de 38,7°C e ocorreu no mês de setembro.

Quadro 5.1.1-1. Médias mensais das temperaturas (°C) em Macaé no período de 1979-1990.

MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Médias	25,7	26,3	25,6	24,2	22,6	20,8	20,4	20,9	21,2	22,7	24,0	24,8	23,3
Máximas	30,7	31,6	30,6	29,1	27,8	26,5	26,1	26,4	26,0	27,2	28,4	29,4	28,3
Mínimas	21,9	22,4	21,6	20,5	18,6	16,6	16,2	16,9	17,6	19,1	20,3	21,3	19,4
Máx. abs.	38,2	37,2	37,0	37,2	36,2	33,6	34,2	37,0	38,7	36,2	38,2	37,2	38,7
Mín. abs.	17,4	18,2	17,2	14,4	11,3	8,5	10,6	9,9	10,3	13,8	13,8	15,6	8,5

Fonte: INMET, Sexto Distrito (1992).

Umidade relativa

O Quadro 5.1.1-2 resume as estatísticas mensais dos dados de umidade relativa (UR) do ar do período. A umidade relativa média anual foi de 81%. Durante o ano, a UR é sempre muito elevada, quase sempre acima de 80%. Nos meses mais frios, a UR desce a 80% e, nos meses mais quentes, sobe até 83%, em média.

Quadro 5.1.1-2. Médias mensais da umidade relativa (%) em Macaé no período de 1979-1990.

MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Médias	81	81	83	83	82	81	80	80	80	81	82	83	81

Fonte: INMET, Sexto Distrito (1992).

Precipitações

O Quadro 5.1.1-3 e a Figura 5.1.1-4 mostram as médias mensais das chuvas e as precipitações máximas de 24 horas. Conforme pode ser visto, não existe uma estação do ano propriamente seca. O período do ano mais seco foi o quadrimestre maio/agosto com um total de 200,1 mm de precipitações, não houve nenhum mês com média das chuvas inferior a 33,7 mm. O mês mais chuvoso foi dezembro com a média de 181,4 mm. A estação das chuvas vai de outubro a abril, todavia, geralmente há uma curta estiagem em fevereiro, que é interrompida pelas chuvas de março. A média anual das chuvas foi de 1.122,2 mm.

A altura máxima das chuvas no período de 24 horas foi de 207,0 mm, no mês de abril. Essa chuva foi maior do que toda a precipitação do quadrimestre mais seco. Chuvas máximas de 24 horas superiores a 100 mm podem acontecer em qualquer época do ano.

Quadro 5.1.1-3. Médias mensais das precipitações e as chuvas máximas de 24 horas em Macaé, no período de 1979-1990. Valores dados em mm.

MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Médias mensais	123,2	76,2	115,5	111,0	47,9	50,6	67,9	33,7	77,9	99,4	137,5	181,4	1122,2
Chuvas Máxima	78,8	121,9	81,9	207,0	48,3	69,6	137,9	31,7	57,0	61,2	121,2	97,1	

Fonte: INMET, Sexto Distrito (1992).

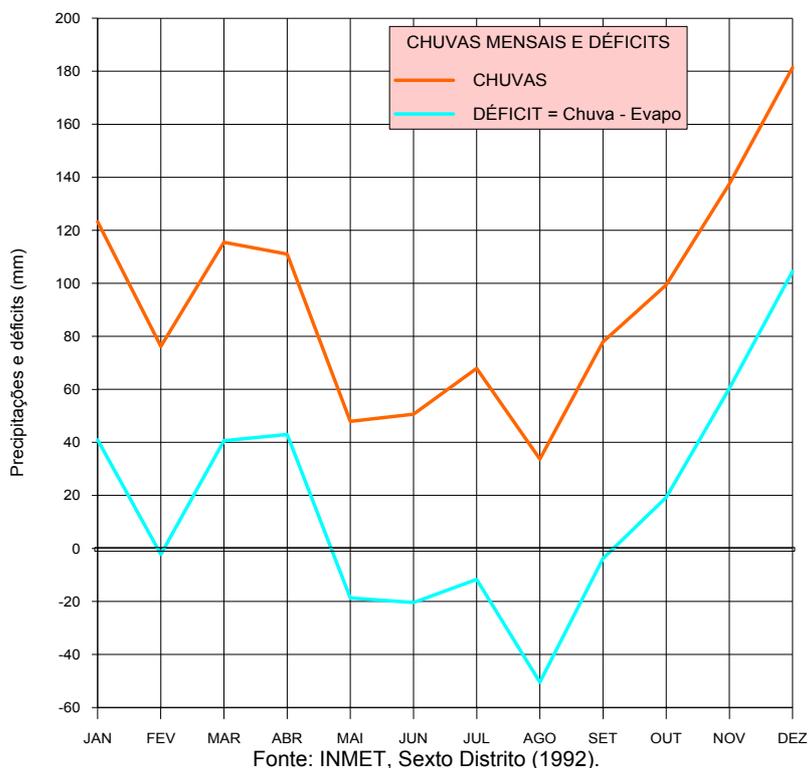


Figura 5.1.1-4. Precipitações mensais e déficits de chuva ao longo do ano em Macaé.

O déficit de chuva é determinado pela diferença entre o total das precipitações e o total da evaporação. De maio a agosto, houve falta de chuvas. Em fevereiro, houve um pequeno período de estiagem.

Evaporação

O Quadro 5.1.1-4 apresenta a taxa mensal média da evaporação no período. O total anual da evaporação foi de 920,9 mm, porém, em relação ao total anual das precipitações, houve um superávit de 201,3 mm. Esse superávit ocorreu de outubro a abril. Na média, o mês mais seco foi agosto, quando houve um déficit de 50,5 mm. A Figura 5.1.1-4, apresentada anteriormente, ilustra o total das chuvas e os déficits mensais.

Quadro 5.1.1-4. Médias mensais da evaporação (mm) e déficits de água em Macaé no período de 1979-1990.

MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Média	82,3	78,4	74,9	68,0	66,6	71,0	79,6	84,2	81,7	80,1	77,2	76,9	920,9
Déficit	40,9	-2,2	40,6	43,0	-18,7	-20,4	-11,7	-50,5	-3,8	19,3	60,3	104,5	-

Fonte: DHN (1992).

Pressões

O Quadro 5.1.1-5 e a Figura 5.1.1-5 resumem as estatísticas mensais dos dados de pressão atmosférica em Arraial do Cabo, em substituição das pressões que não foram medidas em Macaé. Os dados de Arraial do Cabo foram coletados pela companhia Álcalis. A estação fica na altitude de 7,1 m e nas coordenadas: 22 59'S e 42°02'W. A pressão foi mínima no verão, quando desceu a 1.011,0 hPa em dezembro, e máxima no inverno, tendo atingido 1.018,8 hPa no mês de julho, quando o anticiclone do Atlântico Sul avança sobre o continente. As pressões são mais baixas quando as temperaturas estão mais elevadas.

A pressão é máxima no mês de julho quando o anticiclone do Atlântico Sul está mais próximo do continente e com a crista central na latitude de 20° S. Nos meses de verão, de novembro a março, o forte aquecimento do Planalto Central do Brasil destrói a parte ocidental do anticiclone e, em seu lugar, se expande uma baixa pressão que chega ao litoral.

Quadro 5.1.1-5. Médias mensais das pressões (hPa) em Arraial do Cabo no período de 1970-1987.

MÊS	MÉDIAS	MÊS	MÉDIAS
Janeiro	1011,2	Julho	1018,8
Fevereiro	1012,3	Agosto	1017,7
Março	1012,1	Setembro	1017,4
Abril	1014,5	Outubro	1014,6
Mai	1015,8	Novembro	1012,3
Junho	1017,7	Dezembro	1011,0
Ano	1014,6		

Fonte: INMET, Sexto Distrito (1992).

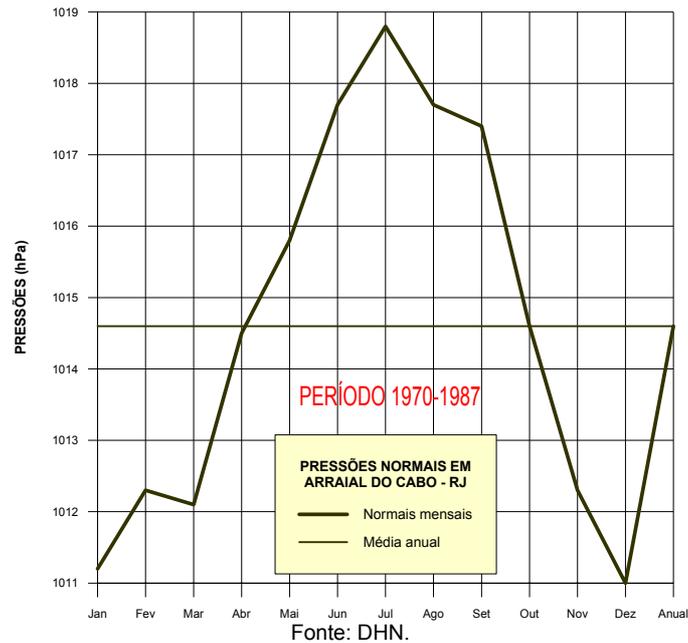


Figura 5.1.1-5. Pressões mensais ao longo do ano em Arraial do Cabo.

Insoleção e nebulosidade

A Quadro 5.1.1-6 dá o número de horas mensais de insolação em Macaé no período de 1979 a 1990. O fluxo da radiação solar é máximo ao meio-dia da hora local e 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 fumaça interferem na incidência solar sobre um lugar. A região recebeu em média 2.095,4 horas de insolação. O mês de fevereiro teve a maior média com 204,6 horas. O mês menos insulado foi setembro, quando começa a estação das chuvas.

Quadro 5.1.1-6. Médias mensais das horas de insolação em Macaé no período de 1979-1990.

MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Médias	192,8	204,6	192,3	178,9	188,9	181,3	195,2	175,1	127,5	145,5	163,7	149,6	2095,4

Fonte: INMET, Sexto Distrito (1992).

A observação da nebulosidade (Quadro 5.1.1-7) é feita somente três ou quatro vezes ao dia por um observador treinado. Enquanto 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 53%. No período chuvoso, ficou entre 50% e 70%. Nos meses menos chuvosos, a nebuloso foi de 40%.

Quadro 5.1.1-7. Médias mensais da nebulosidade (em percentual do céu coberto) em Macaé no período de 1979 – 1990 (DHN, 1992).

MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Médias	60	50	50	50	40	40	40	40	60	70	60	70	53

Fonte: DHN (1992).

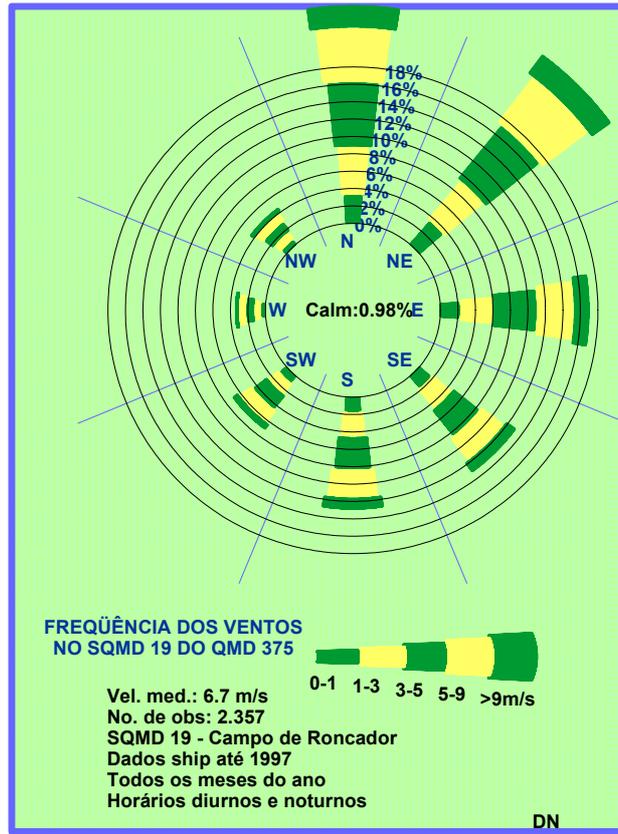
Ventos

O Quadro 5.1.1-8 e a Figura 5.1.1-6 mostram os ventos no campo de Roncador. A velocidade média dos ventos foi de 6,7 m/s. A estatística dos dados foi efetuada com base em 2.357 observações *ship* feitas no SQMD de número 19 do QMD 375 e coletadas pela DHN.

Quadro 5.1.1-8. Freqüências e velocidades médias dos ventos no SQMD 19 do campo de Roncador. Dados fornecidos pela DHN

PARÂMETROS	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Freq. (%)	23,6	25,20	15,70	11,75	11,58	5,69	2,12	3,22
Vel. (m/s)	7,8	7,0	5,75	6,05	6,25	7,15	5,85	6,45

Os ventos predominantes foram de nordeste (25,2%) e de norte (23,6%), em seguida apareceram os ventos de este, sudeste e sul. Este padrão de vento espelha claramente a circulação do anticiclone do Atlântico Sul na região.



ROSA DOS VENTOS NO CAMPO DE RONCADOR
Dados meteorológicos ship cedidos pela DHN

Figura 5.1.1-6. Rosa dos ventos na área do campo de Roncador (DHN).