

II.5.1 - Meio Físico

II.5.1.1 - Meteorologia

- *Clima Geral*

- ✓ *A Circulação Regional da Atmosfera*

O Complexo PDET está situado na bacia de Campos, partindo da região nerítica (plataforma continental), com profundidade local de 98 m, a cerca de 113 km da costa (latitude de 22°10'11"S e longitude de 40°07'23"W), até a praia de Barra do Furado, no município de Quissamã (latitude de 22°06'51"S e longitude de 40°10'23"W).

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 e temperaturas acima do normal.

Na Região Sudeste, é observada uma grande variação sazonal das características da circulação geral. As Figuras II.5.1.1-1 e II.5.1.1-2 mostram a distribuição das pressões ao nível do mar na América do Sul em janeiro e julho, respectivamente (Satyamurty *et al.*, 1998). O cinturão das altas pressões, na latitude 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 no verão (estação das chuvas). 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.

A circulação na baixa troposfera, no 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 (Figuras II.5.1.1-1 e II.5.1.1-2). Os vetores-vento são mais fortes no mês de janeiro (verão). Sobre o Rio de Janeiro, predomina os ventos do quadrante Norte (Ellis & 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 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). Grande parte das chuvas que ocorrem sobre a Serra do Mar e a Zona da Mata, no sudeste do Brasil, depende da velocidade e do ângulo de penetração dos alísios sobre a costa, em cada estação do ano (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 ali se formam quase todas as frentes de tempo. 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.

O Rio de Janeiro, bem como toda a Região Sudeste do Brasil, é dominado por forte atividade convectiva na estação das chuvas, portanto, grande parte das precipitações 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, terminando 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.

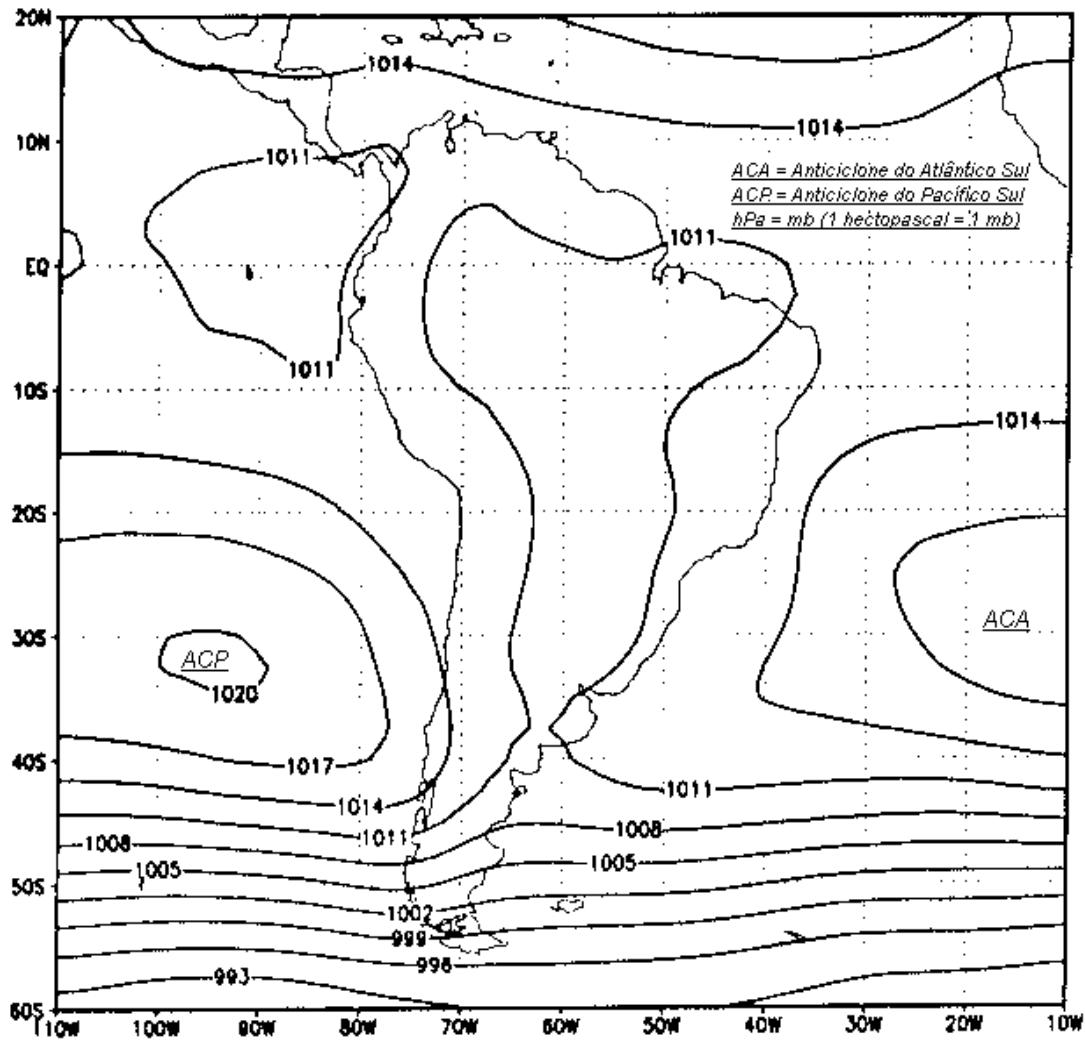


Figura II.5.1.1-1 - Pressões normais, em hPa, ao nível da superfície do mar em janeiro (período de 1961-1990). Fonte: Satyamurty et al. (1998).

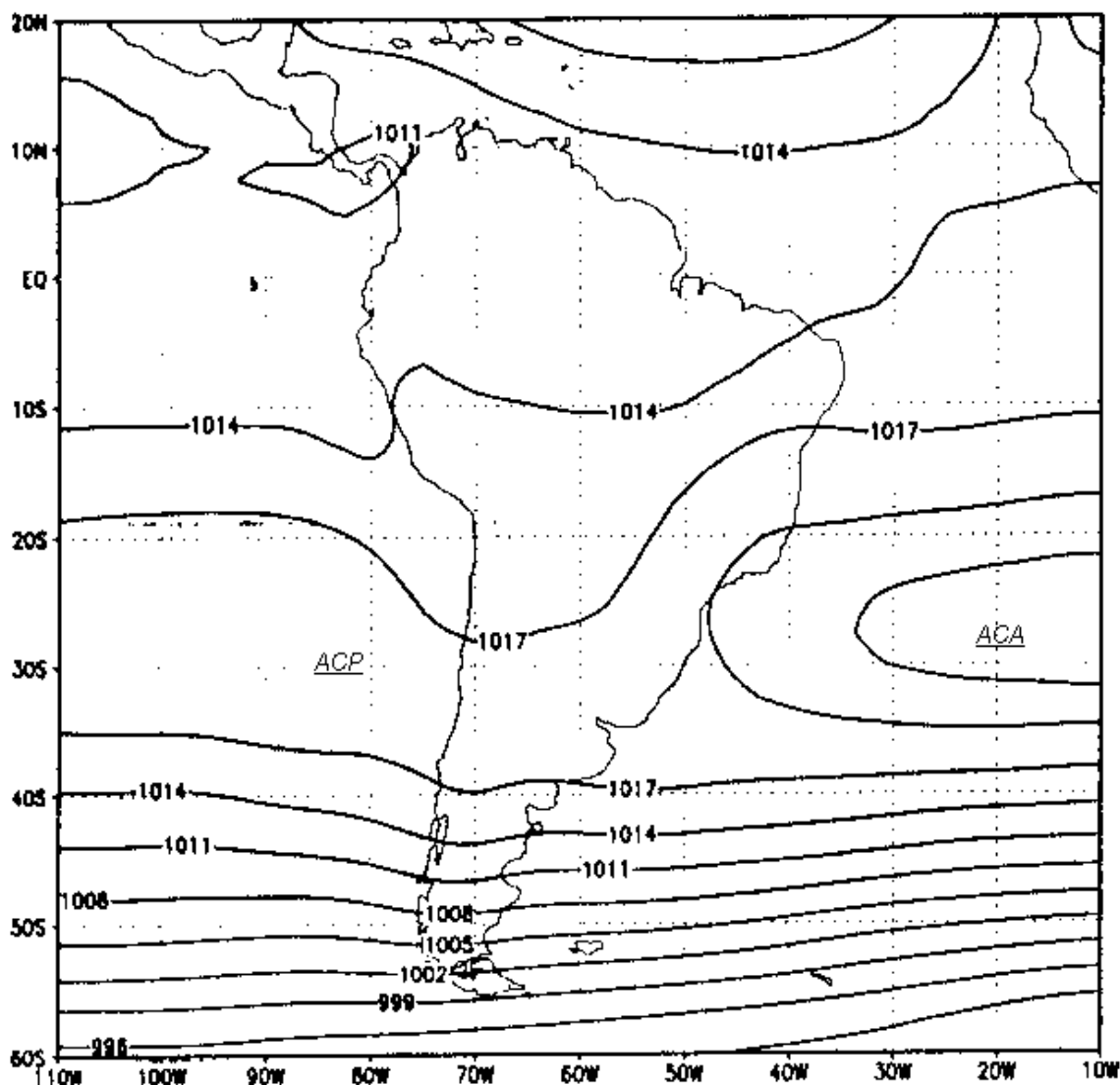


Figura II.5.1.1-2 - Pressões normais, em hPa, ao nível da superfície do mar em julho (período de 1961-1990). Fonte: Satyamurty et al. (1998).

✓ 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. A magnitude dessas perturbações varia, na escala sinóptica, de meso-escala 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 e nas proximidades do Oceano Atlântico (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 que a frente fria se move para nordeste, associada ao deslocamento do centro da baixa pressão. 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 frequência 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 (Satyamurty *et al.*, 1998). 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 frequência das frentes aumenta. 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, indo desviar-se 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 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 frequência das geadas aumentam com a altitude 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 norte, formam-se na costa do Brasil, na latitude aproximada de 25°S.

✓ *A Zona de Convergência do Atlântico Sul (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 5 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, grandes enchentes aconteceram nos verões das 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 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. O extremo oceânico do PDET se encontra no quadrado de número 375 (subquadrado de número 29). Cada um dos 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 Classificação Climática da Área*

Segundo o método de classificação climática de Wladimir Köppen¹, 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

¹ W. Köppen dividiu os climas em cinco grupos correspondentes às cinco associações vegetais mais importantes. Os grupos são indicados pelas cinco primeiras letras (maiúsculas) do alfabeto latino. Os cinco grupos de clima abrangem 11 tipos de clima mais importantes, com várias diferenciações. Os 11 tipos de clima são indicados por uma letra minúscula em seguida a letra maiúscula indicativa do grupo, assim como as diferenciações se indicam com uma terceira letra minúscula.

(Quadro II.5.1.1-1). Quanto ao tipo do clima na área, segundo Köppen, a região do Cabo de São Tomé 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 será baseado nos dados das observações meteorológicas da estação Macaé (PESAGRO) publicados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) referentes ao período de 1979-1990 (DNM, 1992). A estação meteorológica de Macaé está situada na latitude 22°23'S, longitude 41°46'W e altitude de 2,8 m NMM.

✓ *Temperatura do Ar*

O Quadro II.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.

Quadro II.5.1.1-1 - Médias mensais das temperaturas (°C) em Macaé no período de 1979 a 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: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

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 observada entre as temperaturas máxima e 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.

✓ *Umidade Relativa*

O Quadro II.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 II.5.1.1-2 - Médias mensais da umidade relativa (%) em Macaé no período de 1979 a 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: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

✓ *Precipitações*

O Quadro II.5.1.1-3 e a Figura II.5.1.1-3 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 havendo nenhum mês com média das chuvas inferior a 33,7 mm. O mês mais chuvoso foi dezembro, com média de 181,4 mm. A estação das chuvas vai de outubro a abril, mas 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.

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

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
Chuva 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: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

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.

A Figura II.5.1.1-3 ilustra o total das chuvas e os déficits mensais. 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.

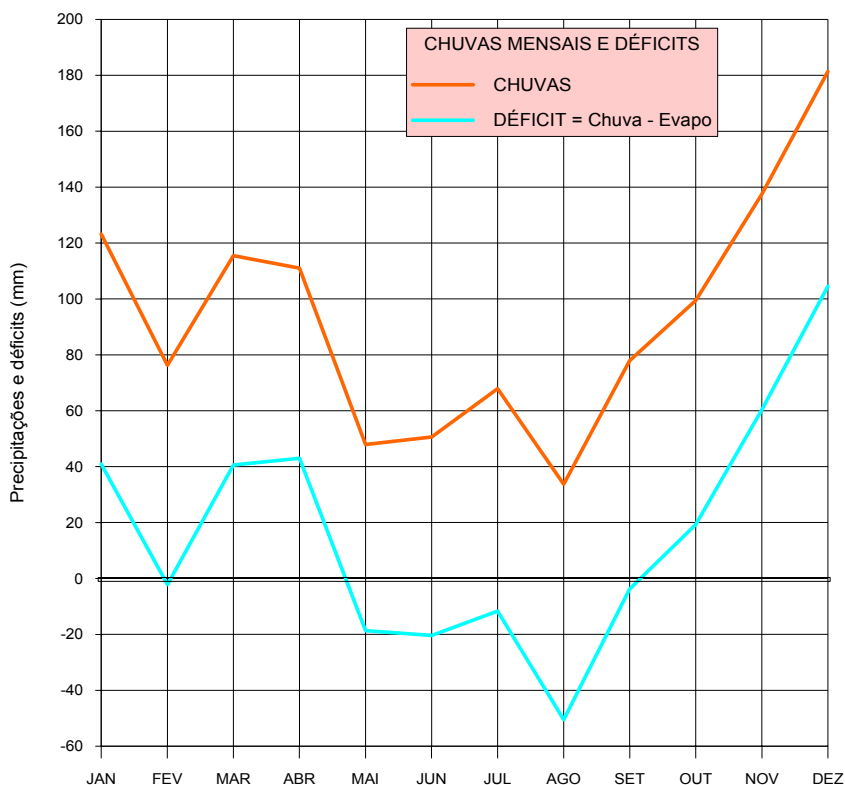


Figura II.5.1.1-3 - Precipitações mensais e déficits de chuva ao longo do ano em Macaé.

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

✓ *Evaporação*

O Quadro II.5.1.1-4 apresenta a taxa mensal média da evaporação no período. O total anual da evaporação foi de 920,9 mm, todavia, em relação ao total anual das precipitações, houve um superávit de 201,3 mm. Esse superávit ocorreu de outubro a abril. Em média, o mês mais seco foi agosto, quando houve um déficit de 50,5 mm.

Quadro II.5.1.1-4 - Médias mensais da evaporação (mm) e déficits de água em Macaé no período de 1979 a 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: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

✓ *Pressões*

O Quadro II.5.1.1-5 e a Figura II.5.1.1-4 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.

Quadro II.5.1.1-5 - Médias mensais das pressões (hPa) em Arraial do Cabo no período de 1970 a 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: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

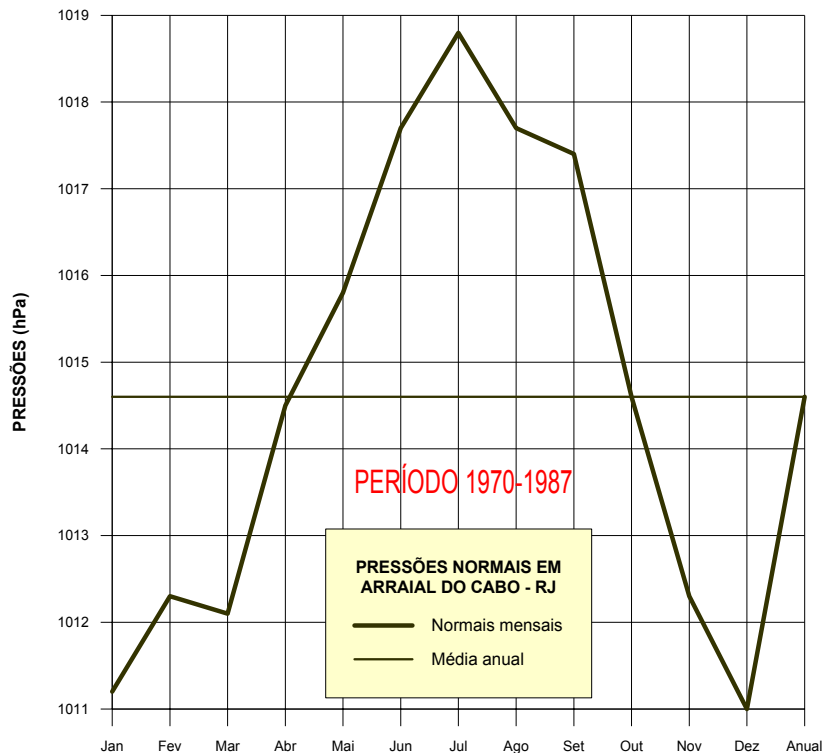


Figura II.5.1.1-4 - Pressões mensais ao longo do período de 1970 a 1987 em Arraial do Cabo.

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

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.

✓ *Insolação e Nebulosidade*

O Quadro II.5.1.1-6 apresenta 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 com menor insolação foi setembro, quando começa a estação das chuvas.

Quadro II.5.1.1-6 - Médias mensais das horas de insolação em Macaé no período de 1979 a 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: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

A observação da nebulosidade (Quadro II.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 nebulosidade foi de 40%.

Quadro II.5.1.1-7 - Médias mensais da nebulosidade (em percentual do céu coberto) em Macaé no período de 1979 a 1990.

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: Departamento Nacional de Meteorologia (1992).

✓ *Ventos*

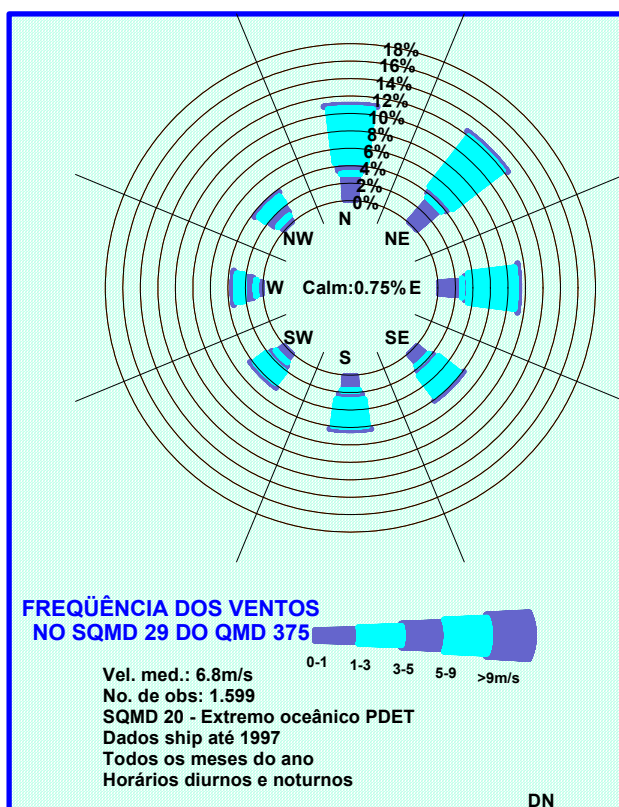
O Quadro II.5.1.1-8 e a Figura II.5.1.1-5 mostram os ventos no extremo oceânico do Complexo PDET. A velocidade média dos ventos foi de 6,8 m/s. A estatística dos dados foi efetuada com base em 1.599 observações *ship* feitas no SQMD de número 29 do QMD 375 e coletadas pela DHN.

Quadro II.5.1.1-8 - Freqüências e velocidades médias dos ventos no SQMD 29 na área do extremo oceânico do Sistema de Rebombeio e Escoamento.

PARÂMETROS	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Freq. (%)	21,1	24,8	18,5	10,6	10,9	6,2	3,4	3,7
Vel. (m/s)	8,1	7,7	6,3	6,8	7,0	7,0	5,0	6,4

Fonte: DHN

Os ventos predominantes foram de nordeste (24,8%) e de norte (21,1%), em seguida apareceram os ventos de este e sudeste. Este padrão de vento espelha claramente a circulação do anticiclone do Atlântico Sul.



ROSA DOS VENTOS NA ÁREA OCEÂNICA DO PDET: QMD 375 E SQMD 29. Dados meteorológicos ship cedidos pela DHN

Figura II.5.1.1-5 - Rosa dos ventos na área do extremo oceânico do Sistema de Rebombeio e Escoamento. Fonte: DHN.

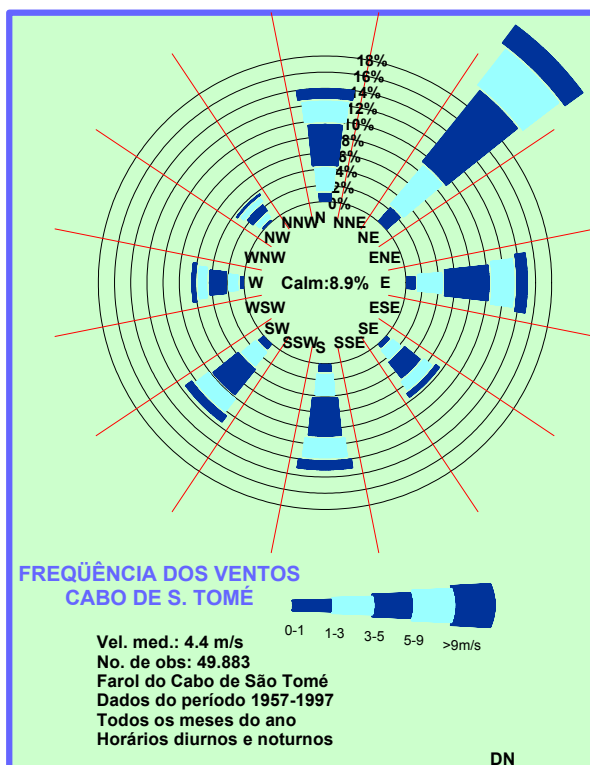
O Quadro II.5.1.1-9 e a Figura II.5.1.1-6 apresentam as estatísticas dos ventos no Farol do Cabo de São Tomé. Na costa, os ventos de nordeste são dominantes com a freqüência de 28,37%. No período da coleta dos dados, em

quase 40 anos, houve 49.883 observações. O setor leste foi o segundo de maior ocorrência, com 13,79%. Os ventos de nordeste são os mais intensos com velocidade média de 6,51 m/s. A velocidade média ponderada foi de 4,56 m/s e a velocidade média aritmética foi de 4,43 m/s. A frequência das calmarias foi de 8,94%. Ressalta-se que os ventos de nordeste predominam de modo muito mais marcante na costa do que sobre o oceano.

Quadro II.5.1.1-9 - *Freqüências e velocidades médias dos ventos no Cabo de São Tomé no período de dezembro de 1957 a junho de 1997, caracterizando a área do extremo costeiro do Sistema de Rebombeio e Escoamento.*

PARÂMETROS	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Freq. (%)	12,78	28,37	13,79	6,36	11,91	10,19	5,24	2,42
Vel. (m/s)	3,91	6,51	4,49	4,19	4,39	5,34	3,42	3,20

Fonte: DHN



**ROSA DOS VENTOS NO CABO DE SÃO TOMÉ. OBSERVAÇÕES DE
DEZ/1957 A JUN/1997. Estação 83.700, Lat. 22,03S e Lgt. 41,03W**

**Figura II.5.1.1-6 - Rosa dos ventos no Farol do
Cabo de São Tomé, na área do
extremo costeiro do Sistema de
Rebombeio e Escoamento.**

Fonte: DHN.