



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

## **CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA NA REGIÃO DO MUNICÍPIO DE SANTA RITA – PB.**

### **1. ANÁLISE DA DINÂMICA ATMOSFÉRICA**

O clima é a média do tempo meteorológico, que é influenciado pelo formato geográfico da região, dimensão e sua localização geográfica, tais como posição em relação ao oceano, altitude, latitude e longitude. Esses fatores determinam a quantidade de radiação recebida ao longo do ano, bem como o potencial para formação de nuvens e chuva, devido à disponibilidade de vapor de água. A circulação geral da atmosfera também influencia no clima das regiões devido aos ramos de movimento ascendente e descendente, ventos alísios e sentido das correntes, tanto oceânicas quanto atmosféricas.

Outro fator que afeta o tempo e o clima são os sistemas transientes que, no caso do continente sul-americano, podem ser de origem tropical ou polar, caracterizando a climatologia das diversas escalas da Meteorologia. A Meteorologia é dividida em diferentes escalas, de acordo com a dimensão do fenômeno. São elas: microescala, mesoescala, escala sinótica e escala global.

#### **1.1 - Sistemas Atmosféricos de Escala Global e Grande Escala**

##### **1.1.1 – Sistemas Quase estacionários**

A circulação geral da atmosfera define o escoamento médio devido às principais células de circulação global atmosféricas: de Hadley, de Ferrel, Célula Polar e de Walker.

Tomando como referência a América do Sul e seus arredores, os dois anticiclones quase estacionários: do Atlântico Sul (ASAS) e do Pacífico Sul (ASPS), se apresentam durante todo o ano com variações na posição e dimensão. O ASAS localiza-se a leste do continente sul-americano, provocando ventos de quadrante E-NE na costa leste do Brasil. Por ser um sistema de alta pressão, suas características são de estabilidade, com temperaturas relativamente elevadas em seu interior, principalmente no verão, pela intensa radiação solar incidente.



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

O ASPS não possui influência direta no continente devido a Cordilheira dos Andes, que bloqueia sua circulação restringindo-a ao Oceano Pacífico, levando ar frio no sentido sul-norte a oeste das Cordilheiras. O ASPS desvia para leste os sistemas polares migratórios que passam em sua porção sul sobre o Oceano Pacífico.

O ASPS também sofre modificações sazonais em suas características, intensificando-se e deslocando-se para norte, no inverno, devido à variação do gradiente térmico do Hemisfério Sul. Nessa época do ano, o ASAS se expande no continente chegando a atuar nas partes leste e central do Brasil equatorial.

Um sistema de verão sobre a América do Sul é a denominada “Baixa do Chaco”, entre o Paraguai, Bolívia e sudoeste do Brasil (17°S/65°W, aproximadamente). É formada em função do grande aquecimento diferencial do continente na época do verão. Trata-se de um sistema de baixa pressão de caráter térmico, apresentando convergência do ar circunvizinho nos baixos níveis, aquecendo a coluna atmosférica acima dele devido à liberação de calor latente resultante de processos convectivos.

Sobre a “Baixa do Chaco”, que é um centro de baixa pressão quente, encontra-se a “Alta da Bolívia”, em altos níveis. Esse sistema é deslocado em relação aos baixos níveis, localizando-se principalmente sobre a Região Centro-Oeste do Brasil. Seu principal efeito é subsidência induzida em baixos níveis sobre a Região Nordeste, a partir de um cavado em altos níveis. Pode também intensificar a convecção na região frontal, a partir da divergência em altitude.

Outro sistema de ocorrência preferencial no verão é a chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que provoca altos índices de precipitação sobre as Regiões Sul e Sudeste. Trata-se de uma banda de nebulosidade e precipitação quase estacionária com permanência de vários dias, que se estende desde o sul da região Amazônica até o Sudeste do Brasil e, frequentemente, sobre a região central do oceano Atlântico Sul, com orientação noroeste-sudeste (NW/SE). Pode ser percebida com nitidez a partir de imagens de satélites meteorológicos, entre outros produtos.

### **1.1.2 - Sistemas Transientes**

As condições de tempo além de determinadas por sistemas de grande escala, também sofrem a ação de sistemas transientes, de menor escala, tanto temporal quanto



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

espacial, e são modificados pelos sistemas de larga escala. Esses sistemas são atuantes em todas as faixas de latitude. Dentre eles encontram-se os sistemas frontais, as massas de ar, as linhas de instabilidade, os sistemas convectivos de mesoescala (SCM), entre outros, em regiões preferenciais para cada tipo de evento.

#### **1.1.2.1 - Massas de ar e Frentes Frias**

Massas de ar são definidas como grandes porções de ar com características homogêneas e semelhantes ao seu local de origem. São formadas sobre superfícies uniformes e com ventos calmos.

Os sistemas frontais (frente fria, frente quente e frente oclusa) são zonas de transição entre duas massas de ar com características diferentes.

As frentes frias são originadas do deslocamento de massas de ar polares (frias e secas), que se encontram com massas de ar com características tropicais (quentes e úmidas). Têm seu deslocamento em latitudes médias podendo atingir latitudes muito baixas, no sentido sudoeste-nordeste (SW/NE), no Hemisfério Sul.

Na região da frente fria há, na maior parte dos casos, declínio da pressão atmosférica e da temperatura, aumento da umidade relativa, nebulosidade e precipitação, além de mudanças bruscas na direção e intensidade do vento.

A massa de ar na retaguarda da frente fria é chamada de Anticiclone Polar Migratório. Suas condições de tempo, que são céu claro, tempo estável, frio e seco, normalmente predominam após a passagem da frente, excluindo-se os casos de chuva pós-frontal. À medida que o sistema se movimenta em direção a latitudes mais baixas, suas características mudam, devido à sua interação com uma atmosfera que possui características diferenciadas, tornando-se instável.

Esses sistemas ocorrem durante todo o ano e geram precipitações abrangentes, na maior parte diferenciadas espacialmente e quantitativamente variáveis.

#### **1.1.2.2 - Sistemas Convectivos de Mesoescala**

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são organizações de nuvens convectivas com formas diferenciadas, que apresentam as fases do ciclo de vida: gênese, estágio maduro e dissipação. Estão associados a grandes quantidades de



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

precipitação nos trópicos e em várias localidades de latitudes médias durante a estação quente. Os principais tipos de SCM são: Linhas de instabilidade (LI) e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).

#### **1.1.2.2.1 - Linhas de Instabilidade Tropicais**

As linhas de instabilidade (LIs) são sistemas convectivos que se desenvolvem na costa podendo se propagar para o interior do continente. Estão associadas à brisa marítima e ao aquecimento diurno, ocorrendo principalmente no período diurno, com máxima atividade convectiva no final da tarde. Sua maior ocorrência, na América do Sul, é na costa norte e nordeste, ou seja, zona tropical. São mais frequentes no outono.

#### **1.1.2.2.2 - Complexos Convectivos de Mesoescala**

Os Complexos Convectivos de Mesoescala são aglomerados convectivos, de formato circular, compostos de diversos tipos de nuvens, por exemplo, Cumulonimbus. Sua gênese ocorre no final da tarde e início da noite, com duração total do fenômeno em torno de 6 à 12 horas. A maior frequência de CCMs se dá nos meses de primavera, outono e verão, com deslocamentos no sentido SW/NE e, excepcionalmente, no inverno, com deslocamento de oeste. A região preferencial é na faixa de latitudes entre 15 e 30°S.

## **2. ANÁLISES CLIMATOLÓGICAS**

### **2.1 - O Clima no Brasil**

O clima no Brasil é bastante diversificado, devido ao seu caráter e posição geográfica (relevo, latitude, longitude, altitude), extensão territorial, sistemas meteorológicos atuantes, entre outros. Essa diversidade se reflete principalmente nos diferenciais de temperatura e precipitação que ocorrem de uma região para outra.

Na Região Norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, com temperaturas elevadas e baixa amplitude térmica anual. Na Região Nordeste, o clima varia de equatorial a semiárido, devido à variação no índice pluviométrico. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentam um clima tropical semiúmido, pois sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias devido às suas posições, com as quatro estações bem definidas. Na Região Sul do Brasil, devido à sua localização



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

latitudinal, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante todo o ano é caracterizada pelo clima subtropical.

## **2.2 - Caracterização Climática da Região Nordeste**

A Região Nordeste do Brasil caracteriza-se por uma heterogeneidade climática que a situa como a de maior complexidade entre as regiões brasileiras. Esta complexidade decorre fundamentalmente de sua posição geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica e em plano secundário, porém de grande importância, do relevo e ainda da latitude e continentalidade entre os principais fatores.

Informações climatológicas obtidas de modo convencional, ou seja, a partir das observações meteorológicas de superfície, empregando equipamentos meteorológicos manuais ou automáticos, mostram que o regime térmico na Região Nordeste se caracteriza por temperaturas médias do ar elevadas, com médias anuais entre 20°C e 28°C, já tendo sido registrados valores máximos em torno de 40°C no sul do Maranhão e Piauí. Nos meses de inverno, principalmente em junho e julho, os valores mínimos de temperatura do ar situam-se normalmente entre 12°C e 16°C no litoral, sendo mais baixos ainda nos planaltos, já tendo ocorrido a temperatura de 1°C na Chapada da Diamantina após a passagem de uma frente fria. As amplitudes térmicas diárias variam de 1° C a 5° C, enquanto as anuais situam-se em torno de 10° C.

Assim como na Região Norte, grande parte do Nordeste Brasileiro também possui uma grande homogeneidade sazonal e espacial de temperatura. Somente o sul da Bahia apresenta uma maior variabilidade sazonal da temperatura, ao que se atribui às penetrações de massas relativamente frias nos meses de inverno.

A pluviosidade da região, também levantada por meios convencionais, pode-se dizer complexa e geradora de preocupação, uma vez que seus totais anuais variam de 2.000 mm, em áreas litorâneas na costa leste, até valores inferiores a 500 mm na área do Raso da Catarina, entre Bahia e Pernambuco, e na depressão de Patos da Paraíba. De modo geral, a precipitação média anual na Região Nordeste é inferior a 1.000 mm, sendo que em Cabaceiras, interior da Paraíba, já foi registrada a marca histórica de menor índice pluviométrico anual registrado no Brasil, 278 mm/ano. A parte norte da região recebe entre 1.000 e 1.200 mm/ano. Além disso, no sertão dessa



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

região, o período chuvoso é normalmente de apenas dois meses ao ano, podendo, em alguns anos, até não existir, ocasionando as denominadas secas regionais.

Diferentes regimes de chuvas são identificados no Nordeste Brasileiro. No norte da Região, a estação chuvosa principal se manifesta de março a maio, devido ao deslocamento anual da ZCIT para latitudes mais ao sul; no sul e sudeste, as chuvas ocorrem principalmente durante o período de dezembro a fevereiro, associadas às penetrações de frentes frias vindas do sul, e que alcançam latitudes mais baixas nos meses de novembro a fevereiro; no leste, a estação chuvosa ocorre de maio a julho. A principal estação chuvosa da região, incluindo o norte e leste da região, com 60% da chuva anual, que se dá de abril a julho, está ligado a maior atividade da circulação de brisa que transporta bandas de nebulosidade média para o continente e a ação das frentes frias remanescentes que se propagam ao longo da costa. Por outro lado, a estação seca, para a maior parte da região, ocorre de setembro a dezembro. Os distúrbios de leste exercem grande importância na geração de precipitação, durante o outono e inverno. As variações intra-anuais de chuvas ao leste da região podem ser atribuídas às anomalias na posição e intensidade da ZCIT, causadas por anomalias positivas na TSM do Atlântico Sul e/ou pela ocorrência do El Niño no Oceano Pacífico Equatorial.

É de conhecimento também que as linhas de instabilidade contribuem de modo significativo para a precipitação na costa norte/nordeste da América do Sul, tendo maior frequência nos meses de outono/inverno no Hemisfério Sul, enquanto a menor frequência ocorre na primavera/verão. Tais linhas se formam em longitudes sobre o norte do Nordeste Brasileiro no verão e no outono, sendo que no inverno e na primavera estas surgem ao norte de Belém – PA. A presença da ZCIT próxima a região, gerando baixos valores relativos de pressão atmosférica, favorece o desenvolvimento de cumulonimbus na costa, sugerindo esta forma de associação entre os sistemas locais e os de grande escala.

Outro fator que favorece às chuvas na região é a presença do vórtice ciclônico em altos níveis, cuja circulação ciclônica fechada apresenta um centro mais frio que sua periferia. Tais vórtices são observados nos meses de setembro a abril, tendo maior frequência em janeiro. Eles favorecem as chuvas no norte e nordeste da região e promovem céu claro na parte sul e central do Nordeste Brasileiro durante estes meses



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

Outro elemento importante na análise climática do Nordeste Brasileiro é a variação sazonal dos ventos na costa, que está relacionada com a posição do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Tal sistema começa a se intensificar nas estações frias, alcançando o máximo em julho. A observação dos ventos sobre o Atlântico Sul no início do ano indica a ocorrência de uma predominância de leste-nordeste ao longo da costa. Durante o período de abril a julho, a predominância passa a ser de sudeste, o que coincide com a época chuvosa no leste da região. Portanto, durante a estação chuvosa de outono/inverno sobre o leste da região, os ventos sopram perpendicularmente à linha de costa, assumindo a direção sudeste. Estes ventos parecem favorecer à ocorrência da zona de convergência noturna associada à brisa terrestre.

Particularmente, para a região Nordeste Brasileira existem alguns outros mecanismos que merecem um detalhamento especial, como segue.

### **2.2.1 - Zona de Convergência Intertropical**

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos, ela é parte integrante da circulação geral da atmosfera. Dentro dessa circulação geral da atmosfera, existem três cinturões de ventos que são observados em cada hemisfério do planeta. Podem ser observados os ventos alíseos de baixas latitudes, os ventos oeste de médias latitudes e os ventos de leste polares.

Em particular, na faixa equatorial, o aquecimento devido à radiação solar é bastante uniforme e intenso, o que provoca o surgimento de áreas de baixas pressões à superfície. Isso faz com que os ventos alíseos de sudeste, procedentes do Hemisfério Sul (HS), e os ventos alíseos de nordeste, oriundos do Hemisfério Norte (HN), convirjam em baixos níveis. A ascensão desses ventos provoca um resfriamento em níveis mais altos, provocando a perda de umidade por condensação e precipitação, passando, então, a originar (em altitude) um movimento no sentido contrário aos encontrados níveis abaixo – os contra-alíseos, que se deslocam até a zona dos cinturões anticiclônicos, onde passam a ser descendentes e são aquecidos, para formar novamente os alíseos. A célula formada é então chamada de Hadley-Walker. A circulação é dita de Hadley quando ocorre no sentido norte-sul e de Walker quando se faz no sentido leste-oeste. Estes duas células ocorrem simultaneamente.



Na escala planetária, a ZCIT está localizada no ramo ascendente da célula de Hadley, atuando no sentido de transferir calor e umidade dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes. Entretanto, a ZCIT dinamicamente, em geral, é uma região de baixa pressão, tendo convergência de escoamento em baixos níveis e divergência em altos níveis, sendo a fonte principal de precipitação nos trópicos (chuvas fortes), responsável por condições de mau tempo sobre uma extensa área e o desenvolvimento vertical das nuvens que se estende até a alta troposfera das regiões tropicais, sendo que a base das nuvens, inclusive, pode chegar muito próximo ao nível do solo.

A interação continente-oceano é de grande importância para se entender o posicionamento da ZCIT ao norte e ao sul do equador. Diversas variáveis físicas são utilizadas para localizar as flutuações no posicionamento médio da ZCIT.

É também importante identificar a permanência temporal em que a ZCIT permanece posicionada mais ao sul de sua posição normal. Segundo diversos autores, o principal sistema gerador de precipitação na região norte do Nordeste é a proximidade da ZCIT. Tal fato é observado quando se considera que o pico de precipitação sobre o norte do Nordeste Brasileiro (em março e abril) ocorre exatamente na época em que a ZCIT atinge sua posição mais ao sul.

A ZCIT está inserida numa região onde ocorre a interação de características marcantes atmosféricas e oceânicas, tais como:

- Zona de confluência dos Alíseos (ZCA);
- Zona do Cavado Equatorial;
- Zona de Máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM);
- Zona de Máxima Convergência de Massa;
- Zona da Banda de Máxima Cobertura de Nuvens Convectivas.

Todas essas características interagem proximamente à faixa equatorial. Apesar dessa interação, as características não se apresentam, necessariamente, ao mesmo tempo, sobre a mesma latitude. Durante os meses de verão, no Hemisfério Norte, a zona de confluência dos ventos alíseos aparece sobre o cavado equatorial e as regiões de máxima cobertura de nuvens, precipitação e convergência de massa passam a ser quase coincidentes, localizando-se aproximadamente a 3º ao sul da ZCA. Em síntese,





TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

nos meses de inverno a ZCA está posicionada, em média, em 17° N; portanto, a ZCIT encontra-se posicionada aproximadamente em 14° N. De modo análogo, nos meses de verão, em que a ZCA situa-se no Hemisfério Sul, a ZCIT apresenta-se acima da ZCA, porém, à uns poucos graus de latitude sul.

O conjunto de características associadas à ZCIT possui um deslocamento norte – sul ao longo do ano. A marcha anual da ZCIT tem, aproximadamente, o período de um ano, alcançando sua posição mais ao norte (8°-10° N) durante o verão do hemisfério norte, e a sua posição mais ao sul (5°S) durante o mês de março-abril. Além dessa oscilação anual, a ZCIT apresenta oscilações com maiores frequências, com o período variando de semanas à dias.

A ZCIT está estreitamente relacionada com a TSM. Ela geralmente está situada sobre, ou próxima a elevados núcleos de TSM's. Portanto, seria de se esperar que existisse uma relação entre a distribuição geral das TSM's no Atlântico Tropical com as precipitações no Nordeste. De fato essa relação parece ser válida para a maioria dos anos. Águas mais quentes no Atlântico Sul Tropical e mais frias no Atlântico Norte Tropical estão associadas com anos chuvosos no Nordeste Brasileiro.

No campo da ciência meteorológica, contudo, os estudos referentes à localização da ZCIT requerem o uso de diferentes variáveis físicas, a fim de se obter resultados mais consistentes e satisfatórios. Entre essas variáveis, destacam-se: a) cobertura de nuvens; b) componente meridional do vento; c) pressão atmosférica ao nível do mar; d) radiação de onda longa; e) brilho solar; f) temperatura da superfície do mar.

Vale destacar que os ventos alísios de sudeste, soprando ao sul do equador, são muito mais intensos do que os ventos alísios de nordeste. Quando esses ventos de sudeste cruzam o equador sofrem um desvio para a direita devido a força de Coriolis e passam a soprar de sudoeste, o que reduz a intensidade dos alísios de nordeste provenientes da Alta do Atlântico Norte ou Alta dos Açores. Dessa maneira com os ventos de nordeste mais fracos, a evaporação também fica reduzida, resultando que a maior parte da radiação que atinge a superfície do mar deve ser utilizada para elevar a sua temperatura e a do ar, provocando um menor resfriamento evaporativo. Contudo, verificam-se temperaturas da superfície do mar (TSM's) mais elevadas. Esse mecanismo de retroalimentação vento – evaporação – TSM é muito efetivo em ajustar



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

a TSM. Sobre regiões com maiores valores de TSM a camada atmosférica é mais instável e a ZCIT se estabelece nesta região.

A ZCIT é um dos principais sistemas geradores de precipitação na região Norte e Nordeste do Brasil. As análises que indicam o posicionamento da ZCIT e que definem a qualidade de uma estação chuvosa em uma determinada região são feitas por variáveis físicas, já citadas anteriormente.

A quantidade de precipitação durante o verão do Hemisfério Sul na Região Norte é influenciada por fatores como: a) mecanismos de brisa marítima - que, particularmente, ocorre durante todo o ano; b) penetração de sistemas frontais - nessa época do ano o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) encontra-se posicionado mais centralmente no Oceano, permitindo, assim, que o fenômeno de bloqueio não ocorra dentro do continente; c) surgimento da Baixa do Chaco - que aumenta a confluência em baixos níveis e, dessa maneira, articula a convecção profunda associada a alta umidade vinda da floresta Amazônica; d) ZCIT - que na estação de verão encontra-se posicionada em latitudes que compreendem a parte norte e nordeste do Brasil. No inverno, porém, a ZCIT está posicionada em latitudes mais ao norte, exercendo influência apenas no estado de Roraima.

Em anos de El Niño o ramo descendente da célula de Walker se desloca para a região sobre a Amazônia, inibindo qualquer convecção mais pronunciada, apesar do aquecimento. Os ventos alíseos de nordeste encontram-se bem mais fracos, diminuindo assim o fluxo de umidade proveniente dos oceanos que penetra na Região Amazônica. Contudo, a ZCIT situa-se bem mais ao norte do que em sua posição normal. Assim, em períodos de El Niño, o clima passa a ser extremamente seco, ao invés do que seria a estação chuvosa da Região Norte. A Região Nordeste, em anos secos, fica localizada ao sul da ZCIT, em área de influência do ASAS, ou seja, sob regime de subsidência, o que inibe qualquer tipo de precipitação.

Em anos chuvosos, a ZCIT se desloca até 6°S, atingindo a costa norte do Nordeste, e ali permanecendo por períodos mais longos até o mês de maio, aproximadamente. Vale lembrar que o Anticiclone dos Açores e, conseqüentemente, os ventos alíseos de nordeste estarão mais intensos em anos chuvosos. Com isso, a ZCIT se posicionará mais ao sul.



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

A permanência mais longa ou curta da ZCIT em torno de suas posições mais ao sul é o fator mais importante na determinação da qualidade da estação chuvosa no norte do Nordeste do Brasil, pois tal fato é que determina a duração da estação chuvosa. Em anos secos, a ZCIT permanece em suas posições mais ao sul, de meados de fevereiro até março, enquanto para anos chuvosos até maio.

Sabe-se também que durante os meses de fevereiro e março, mais precisamente durante anos secos, a ZCIT apresenta uma interrupção no seu deslocamento para o sul, voltando aproximadamente  $1,5^\circ$  para o norte e retornando em direção ao sul para atingir sua posição mais setentrional. Esse comportamento foi referenciado na literatura como “salto”.

Admite-se que a previsão da qualidade da estação chuvosa depende do conhecimento de quando a ZCIT iniciará o seu retorno para o norte após ter atingido sua posição mais ao sul. Um deslocamento da ZCIT ao sul de sua posição normal no mês de janeiro pode acarretar um início antecipado da estação chuvosa. Outra constatação é que, se em março, as condições do conjunto oceano-atmosfera indicarem um ano chuvoso, essas condições devem permanecer até maio, gerando uma estação chuvosa de boa qualidade. No entanto, se em março as condições do conjunto oceano-atmosfera indicam um ano seco, essa situação não mais se modificará, passando-se a ter, provavelmente, uma estação chuvosa de pluviometria deficiente. Em suma, já se conhece que a forma, posicionamento e intensidade da ZCIT podem influenciar as condições de tempo no Brasil, sobretudo na região Nordeste.

### **2.2.2 - El Niño**

O fenômeno El Niño é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Oriental. O aquecimento e o subsequente resfriamento num episódio típico de El Niño duram de 12 a 18 meses. A evolução típica do fenômeno mostra uma tendência de iniciar-se no começo do ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro daquele mesmo ano e janeiro do ano seguinte, vindo a se enfraquecer na metade deste segundo ano.

O aumento dos fluxos de calor sensível e de vapor d'água para a atmosfera, ocasionado pela elevação da temperatura das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, provoca mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

regional e global, que, por sua vez, provocam mudanças nas condições meteorológicas e climáticas em várias partes do mundo.

Estudos recentes indicam que principalmente três regiões no Brasil – o semiárido do Nordeste, as partes norte e leste da Amazônia, o sul do Brasil e suas vizinhanças são afetadas de maneira pronunciada pelas mudanças na circulação atmosférica durante episódios de El Niño. A Região Sul do Brasil é afetada por aumento de precipitação, particularmente durante a primavera no ano de surgimento do evento e, posteriormente, no fim do outono e início do inverno do ano seguinte. O norte e o leste da Amazônia e o Nordeste do Brasil são afetados pela diminuição da precipitação, principalmente, no último, entre fevereiro e maio, quando se tem a estação chuvosa do semiárido. O Sudeste do Brasil apresenta temperaturas mais altas, tornando o inverno mais ameno. Já para as demais regiões do país os efeitos são menos pronunciados e variam de um episódio para o outro.

As distribuições mensais de anomalias de precipitação na Região Nordeste do Brasil, durante nove episódios de El Niño ocorridos nos últimos 50 anos, revelaram que as anomalias de precipitação foram em geral negativas nos meses da estação chuvosa do semiárido (fevereiro a maio) no segundo ano de duração do episódio. Na Região Sul, ao contrário, as anomalias de precipitação foram predominantemente positivas, principalmente na primavera do primeiro ano e outono do segundo ano de existência do El Niño.

O El Niño é um dos principais fenômenos que afeta a quadra chuvosa no norte do Nordeste Brasileiro. Em anos de sua ocorrência, a circulação geral da atmosfera apresenta um movimento vertical de subsidência sobre o nordeste brasileiro, que funciona como uma barreira para a formação de nuvens e precipitação. Os vórtices de grande escala atuando sobre a região também podem ser responsabilizados por variações na quantidade de chuva que cai durante a quadra chuvosa.

No aspecto atual do conhecimento meteorológico relativo às anomalias pluviométricas que ocorrem no setor norte do Nordeste do Brasil (NEB) (centro-leste do estado do Piauí, todo o estado do Ceará, centro-oeste dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, extremo noroeste de Alagoas e Sergipe e norte do Estado da Bahia) as investigações tem se concentrado, principalmente, associando estas anomalias de chuvas às anomalias termodinâmicas que ocorrem no/sobre os Oceanos



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

Pacífico e Atlântico tropicais, em particular dando ênfase aos episódios de Oscilação Sul e de aquecimento sobre o Pacífico Equatorial.

De fato, observacionalmente, nota-se que as chuvas sobre o setor norte do NEB durante o seu quadrimestre mais chuvoso (fevereiro a maio) são mais intensas que o normal, quando ocorre resfriamento nas águas do Oceano Pacífico Equatorial, que em alguns casos, dependendo da configuração dos vários parâmetros (como ventos e pressão) junto à superfície oceânica e à própria Temperatura da Superfície do Mar (TSM), pode-se chamar este resfriamento de La Niña.

Os episódios de El Niño tem merecido atenção da comunidade científica mundial, haja vista sua reconhecida importância nas alterações meteorológicas em várias partes do mundo. Contudo, o conhecimento mais aprofundado do fenômeno é recente, pois somente a partir de 1985 foi dado início a um monitoramento mais efetivo e com tecnologia moderna (empregando inúmeras boias ancoradas sobre a bacia do Pacífico Tropical que permitem a realização de medições contínuas de variáveis meteorológicas e oceanográficas, desde a superfície até uma profundidade de 500 metros) a partir da implementação do Projeto denominado: Tropical Atmosphere-Ocean Array (TAO) sob os auspícios de um programa internacional denominado “Tropical Ocean Global Atmosphere (TOGA)” da NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, dos Estados Unidos da América do Norte, cujo objetivo principal foi implantar um sistema de observação oceânica e atmosférica sobre a bacia do Pacífico Equatorial a fim de dar suporte aos estudos de interação oceano-atmosfera de grande escala nas escalas de tempo sazonal e intra-anual. A necessidade de se implantar o TOGA-TAO foi aumentada devido a ocorrência do evento El-Niño ocorrido em 1982-83, o mais forte registrado neste século até a aquela época, e que não havia sido previsto, nem tampouco detectado até aproximadamente o seu estágio de maturação, em face da falta de dados adequados.

Com base nas séries históricas dos totais mensais de precipitação de 66 estações (período variável de 1950 a 1989) no setor norte do Nordeste Brasileiro (NEB), pesquisadores da FUNCEME investigaram as características bimestrais (fevereiro/março e abril/maio) e sazonal (fevereiro a maio) da distribuição pluviométrica nessa região, em anos classificados em função do grau de resfriamento das águas na Bacia do Oceano Pacífico Equatorial, definidas em função das anomalias médias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). As análises mostraram que a distribuição



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

espacial sazonal/intra-sazonal de precipitação para o período de fevereiro a maio no setor norte do NEB tende a apresentar um índice de chuvas em torno/ou acima da média climatológica em anos com predomínio de anomalias negativas de TSM na bacia do Oceano Pacífico equatorial (La Niña). Ressalta-se que estatisticamente, o número de anos classificados com resfriamento na bacia do Oceano Pacífico Equatorial no período de estudo (1951-1989) é relativamente pequeno para se extrair conclusões mais elaboradas.

No episódio mais recente de El Niño (1997-98), considerado pela Organização Meteorológica Mundial, órgão vinculado à ONU – Organização das Nações Unidas, como o mais intenso da história, os mecanismos atmosféricos estabelecidos se mantiveram até abril/maio de 1998 com intenso vigor, impedindo que as massas polares ultrapassassem o Sul do Brasil, o que levou a inundações no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, bem como a alteração dos mecanismos de precipitação regular sobre o Nordeste Brasileiro, entre fevereiro e maio, levando à uma seca extrema à grande parte daquela região.

Os eventos de El Niño de 1997-98 e o de 1982-83 foram, respectivamente, os dois mais intensos registrados até então. Para o La Niña, os registros dão conta de que o mais intenso ocorrido tenha sido o corrido em 1998-99, que sucedeu ao maior episódio histórico de El Niño (1997-98).

### **2.3 - Caracterização Climática do Estado da Paraíba**

A caracterização climática do Estado da Paraíba é apresentada com enfoques sazonais.

- **Verão**

O verão é caracterizado, basicamente, por dias mais longos que as noites e pelo aumento da temperatura do ar. Esta estação engloba também os meses de janeiro, fevereiro e março e termina no dia 20 de março, quando tem início o outono.

No Nordeste do Brasil, em particular sobre o estado da Paraíba, inicia-se a pré-estação das chuvas na região do Sertão. Os sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas são formados nos altos níveis da atmosfera, destacando-se os Vórtices Ciclônicos e os Cavados que interagem com Sistemas Frontais oriundos das latitudes



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

altas do hemisfério. O período fevereiro-maio é considerado o mais chuvoso das regiões do Cariri/Curimataú e Sertão e tem como mecanismo responsável a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

O verão é caracterizada pela ocorrência das temperaturas mais elevadas do ano. Na Paraíba, elas variam espacialmente de valores mínimos de 19,6°C na região do Cariri/Curimataú a um máximo de 37,5°C, no Sertão. No litoral paraibano, os valores extremos oscilam entre 21,2°C e 31,8°C. Os maiores totais de precipitação acumulados no trimestre janeiro, fevereiro e março concentram-se na região do Sertão e variam de 400,0 mm a 700,0 mm. Nas regiões do Cariri, Curimataú, Agreste e Litoral as precipitações variam de 100,0 mm a 200,0 mm.

- **Outono**

O outono ocorre entre os meses de março e junho e se inicia no instante em que o sol atinge o zênite de um ponto situado no Equador, o que se dá, em média, no dia 23 de março. O clima mais ameno do outono marca o limite entre o verão e inverno, vindo a encerrar-se no dia 20 de junho.

Nessa época do ano, as regiões do Cariri/Curimataú e Sertão da Paraíba se encontram em pleno período chuvoso. No Agreste, Brejo e Litoral tem início o período mais chuvoso, que se concentra entre os meses de abril e julho. Os totais de chuva nos meses de março, abril, maio e junho oscilam, respectivamente, em torno de 138,1 mm, 155,7 mm, 157,5 mm e 161,1 mm no Agreste/Litoral, 112,0 mm, 118,3 mm, 57,7 mm e 44,4 mm no Cariri/Curimataú e 219,1 mm, 177,6 mm, 76,2 mm e 33,6 mm no Sertão.

No outono, as temperaturas são mais homogêneas, situando-se a mínima em torno de 22°C e a máxima em torno de 32°C.

- **Inverno**

O inverno compreende o final de junho e os meses de julho, agosto e parte de setembro.

Nas regiões do Cariri/Curimataú e Sertão do Estado da Paraíba, o inverno apresenta reduzidos totais pluviométricos, enquanto nas regiões do Agreste, Brejo e Litoral esta estação representa em torno de 40% do total precipitado no ano.



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

No Cariri/Curimataú, os totais de chuvas nos meses de junho, julho e agosto oscilam, respectivamente, em torno de 44 mm, 38 mm e 14 mm; no Sertão, em torno de 34 mm, 17 mm e 5 mm e no Agreste/Litoral, em torno de 161,1 mm, 146,8 mm e 81,0 mm.

No inverno, o principal sistema meteorológico gerador de chuvas na Paraíba é constituído pelos distúrbios ondulatórios de Leste, que afetam principalmente sobre as regiões do Agreste, Brejo e Litoral. As temperaturas são climatologicamente mais amenas, atingindo valores mínimos de 17°C sobre o Brejo e Cariri e com a máxima em torno de 31°C no Sertão.

- **Primavera**

A primavera se inicia no dia 22 de setembro, promovendo a estação seca até novembro, exceto no sul dos Estados do Piauí, Maranhão e no oeste da Bahia. Os totais de precipitação acumulados no trimestre de primavera variam de valores inferiores a 15mm em locais do Agreste, Cariri e Curimataú a valores superiores a 100mm no Litoral, Brejo e Sertão.

Na primavera, os dias passam a ser mais longos e as noites mais curtas, o que promove uma gradativa elevação das temperaturas até a chegada do verão. As temperaturas variam de 17°C no Cariri a 36°C no Sertão.

Na classificação climática de Köppen, o estado da Paraíba apresenta apenas os climas do tipo A e B. Os climas do tipo A são os tropicais chuvosos onde o mês mais frio tem temperatura média superior a 18°C. Os climas do tipo B são os climas secos onde a evapotranspiração média anual é maior que precipitação média anual.

#### **2.4 - Caracterização Climatológica na Região do Empreendimento**

O clima da área de estudo sofre forte influência da maritimidade em função da proximidade do oceano Atlântico e suas massas de ar características, como também pela ação da Zona de Convergência Intertropical que dão feição a um clima peculiar para essa porção da Região Nordeste.

A caracterização climatológica do município de Santa Rita – PB se baseia nas Normais Climatológicas do período 1961-90 da estação de João Pessoa, pertencente





TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

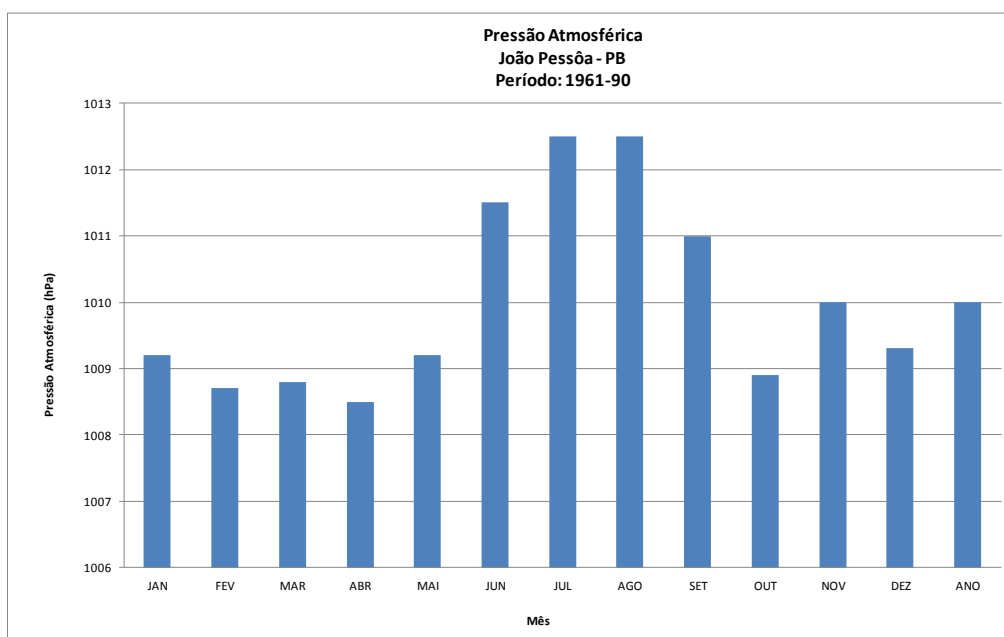
ao Instituto Nacional de Meteorologia, tendo como complementos os registros de precipitação da estação Santa Rita da SUDENE e de ventos do aeroporto de João Pessoa (SBJP) do Comando da Aeronáutica.

A seguir, são apresentadas as análises dos parâmetros: pressão atmosférica, temperatura do ar, nebulosidade, insolação, evaporação, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e vento.

#### 2.4.1 - Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica é um importante elemento de caracterização dos sistemas meteorológicos migratórios e locais. Durante um dia em que não há a ação ou a presença de sistemas transientes, sua variação é mínima, denominada de maré barométrica.

A pressão atmosférica em João Pessoa (**Figura 1**) apresenta uma nítida variabilidade sazonal, um mínimo de 1008,5 hPa em abril e um máximo de 1012,5 em julho e agosto, revelando uma nítida associação com o afastamento do ASAS e estradas de sistemas frontais que causam reduções nos valores da pressão. A temperatura do ar mais alta também influencia a pressão, de maneira que a densidade é menor e, conseqüentemente a pressão é menor. A pressão atmosférica média anual é de 1010 hPa.



**Figura 1** - Normais climatológicas (1961-90) da pressão atmosférica para a estação João Pessoa - PB.

Fonte: INMET.

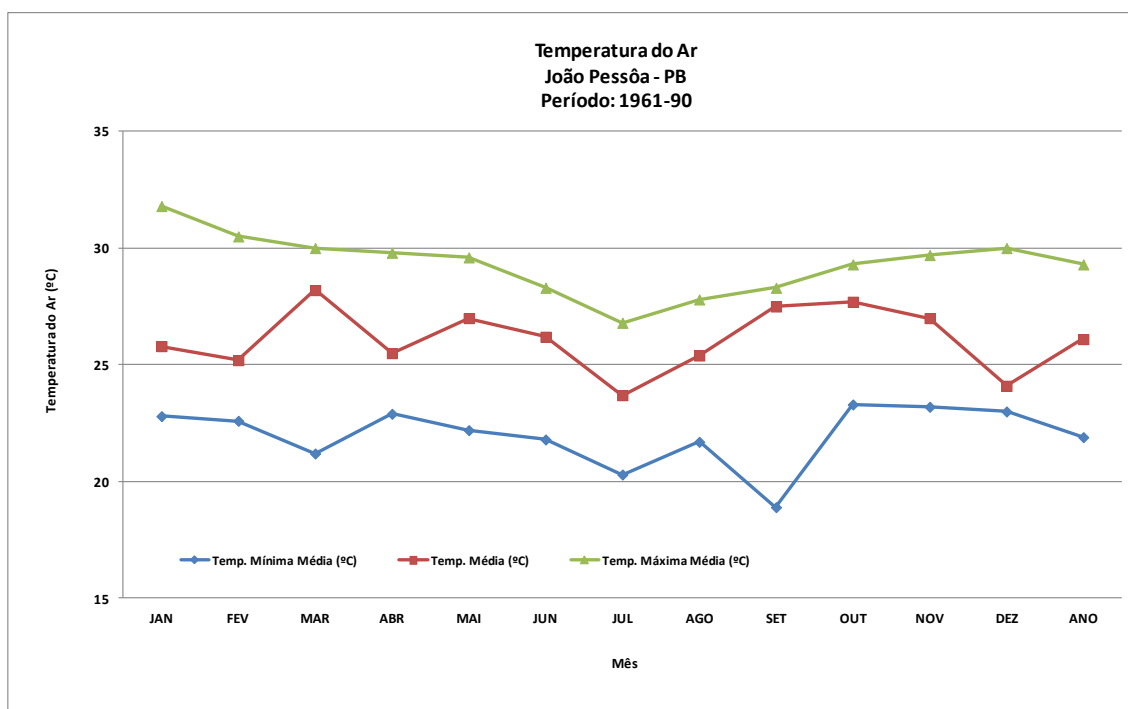


TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

## 2.4.2 - Temperatura do Ar

As Normais Climatológicas de temperatura do ar para João Pessoa – PB (**Figura 2**) revelam uma relativa sazonalidade, com as seguintes características:

- Mínimas médias: variando de 18,9°C em setembro a 23,3°C em outubro;
- Médias: variando de 23,7°C em julho a 28,2°C em março;
- Máximas médias: variando de 26,8°C em julho a 31,8°C em janeiro;
- Médias anuais: mínima (21,9°C), média (26,1°C) e máxima (29,3°C).



**Figura 2** - Normais climatológicas (1961-90) da temperatura do ar para a estação João Pessoa - PB.  
Fonte: INMET.

A amplitude térmica diária normalmente não ultrapassa os 10°C, segundo revelam as séries históricas. Isso se deve, basicamente, aos fatores de baixa altitude e proximidade da massa d'água do oceano.

## 2.4.3 - Nebulosidade

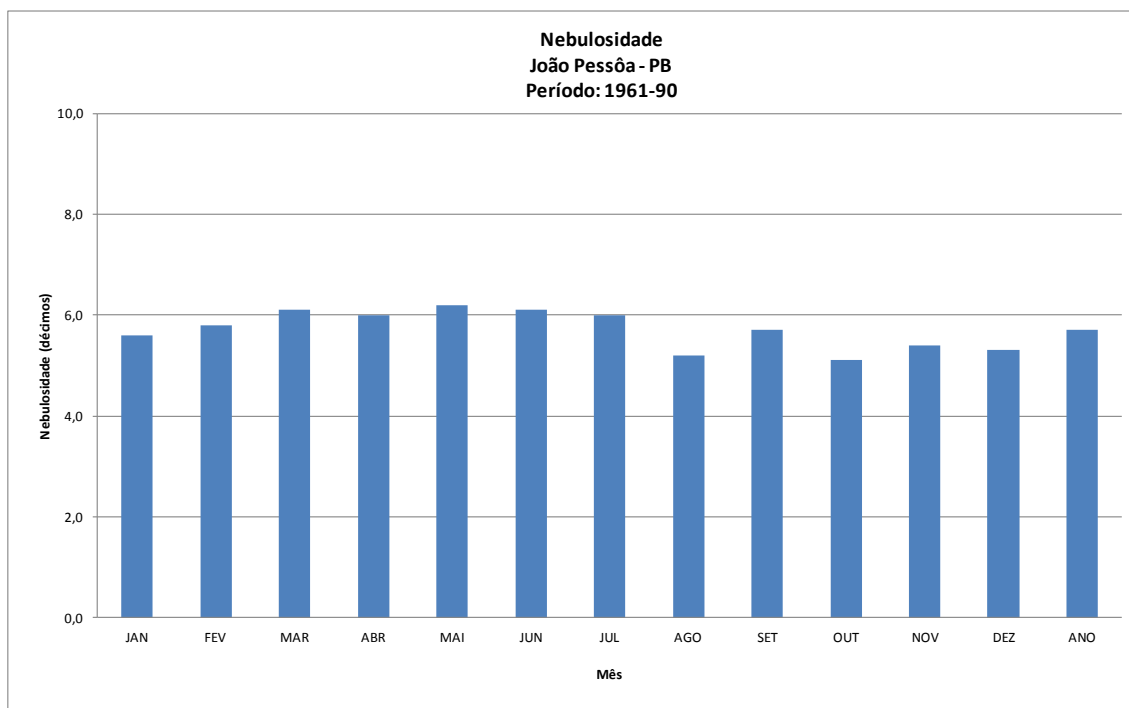
O regime de nebulosidade numa região diz respeito basicamente às possíveis interferências que estas podem causar ao balanço de energia radiativa (recebida - transmitida) e, por consequência, na temperatura ambiente.



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

Considera-se o céu encoberto tendo cobertura de nuvens 10 décimos. Praticamente, em todos os meses do ano a nebulosidade ocorre em João pessoa – PB, conforme revelam as Normais Climatológicas do período 1961-90 (**Figura 3**).

Pode-se perceber uma variação mensal de nebulosidade de 5,2 décimos em agosto a 6,2 décimos em maio. O trimestre maio-junho-julho é o que apresenta maior cobertura por nuvens. A média anual de nebulosidade é de 5,7 décimos.



**Figura 3** - Normais climatológicas (1961-90) da nebulosidade para a estação João Pessoa - PB.

Fonte: INMET.

#### 2.4.4 - Insolação

O número de horas de brilho solar (insolação) em cada mês do ano é função não somente da nebulosidade existente, mas também da duração dos dias (mais longos no verão e mais curtos no inverno).

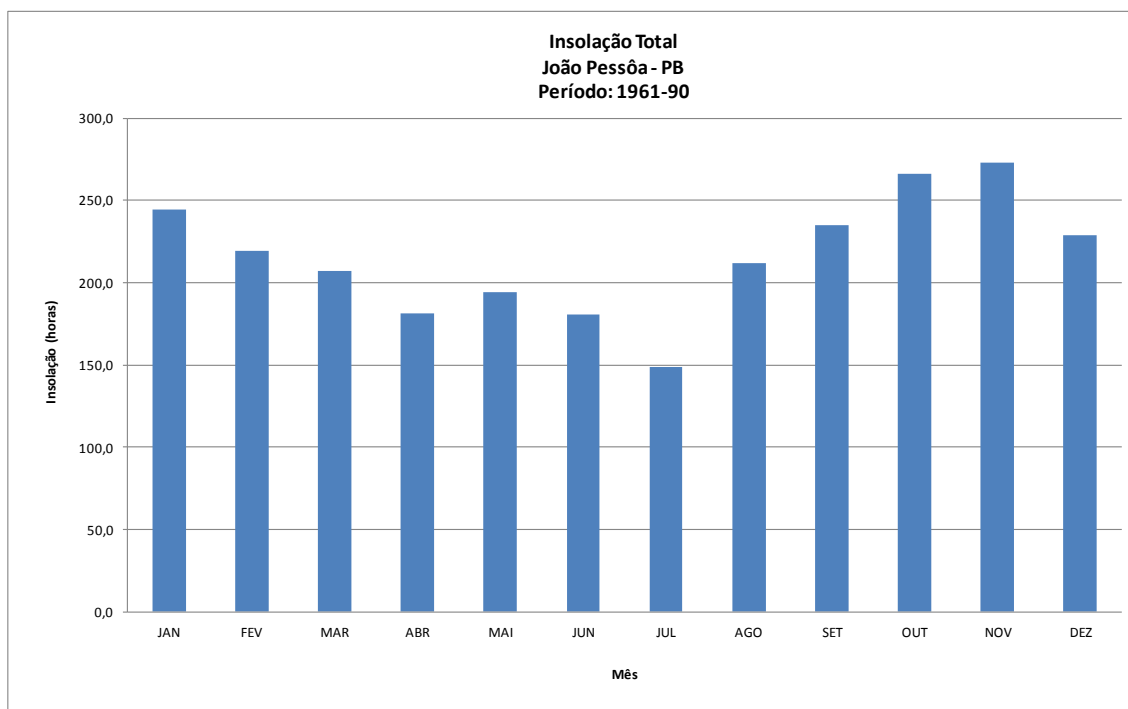
Praticamente, na maior parte do ano a insolação é intensa em João Pessoa - PB, conforme evidenciam as Normais Climatológicas do período 1961-90 (**Figura 4**).

O total de horas de insolação anual média é de 2.589,4 horas. Os meses de inverno, por terem dias mais curtos devido à posição do Sol, além da alta nebulosidade e



TERMELETRICA TERMOPOWER VI. SA.

precipitação, apresentam menos horas de insolação do que os meses de verão. A máxima insolação mensal é de 272,7 horas em novembro, enquanto a mínima insolação mensal é de 148,5 horas em julho.



**Figura 4** - Normais climatológicas (1961-90) da insolação para a estação João Pessoa - PB.

Fonte: INMET.

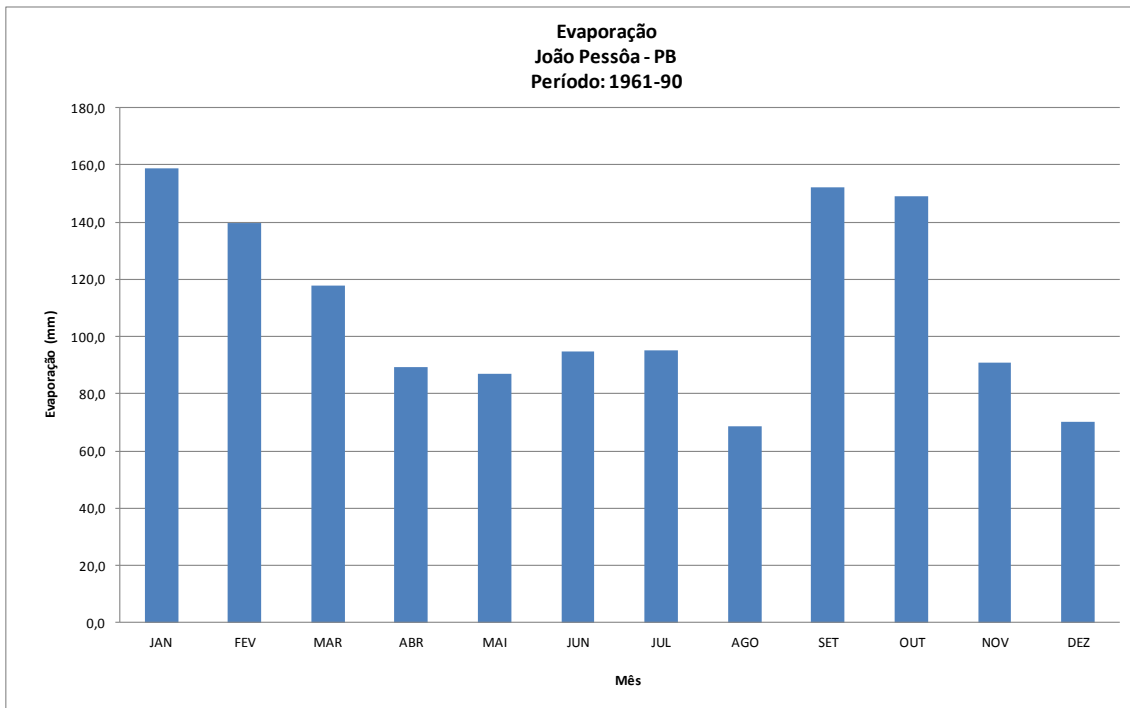
#### 2.4.5 - Evaporação Total

As Normais Climatológicas de evaporação total para a estação João Pessoa – PB (**Figura 5**) revelam uma significativa variação sazonal, com 2 (dois) máximos relativos em janeiro (158,9 mm) e setembro (152,3 mm) e 2 (dois) mínimos relativos em agosto (68,7 mm) e dezembro (70,1 mm). O total de evaporação anual é de 1.313,5 mm.

Analisando-se brevemente a precipitação com a evaporação, observa-se que o total anual é de superávit hídrico, pois precipita mais água do que evapora, o que é bastante significativo se comparado ao sertão semiárido. Contudo, numa análise mensal, este superávit se dá apenas nos meses de março a agosto, sendo os meses restantes de déficit hídrico.



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.



**Figura 5** - Normais climatológicas (1961-90) da evaporação para a estação João Pessoa - PB.  
Fonte: INMET.

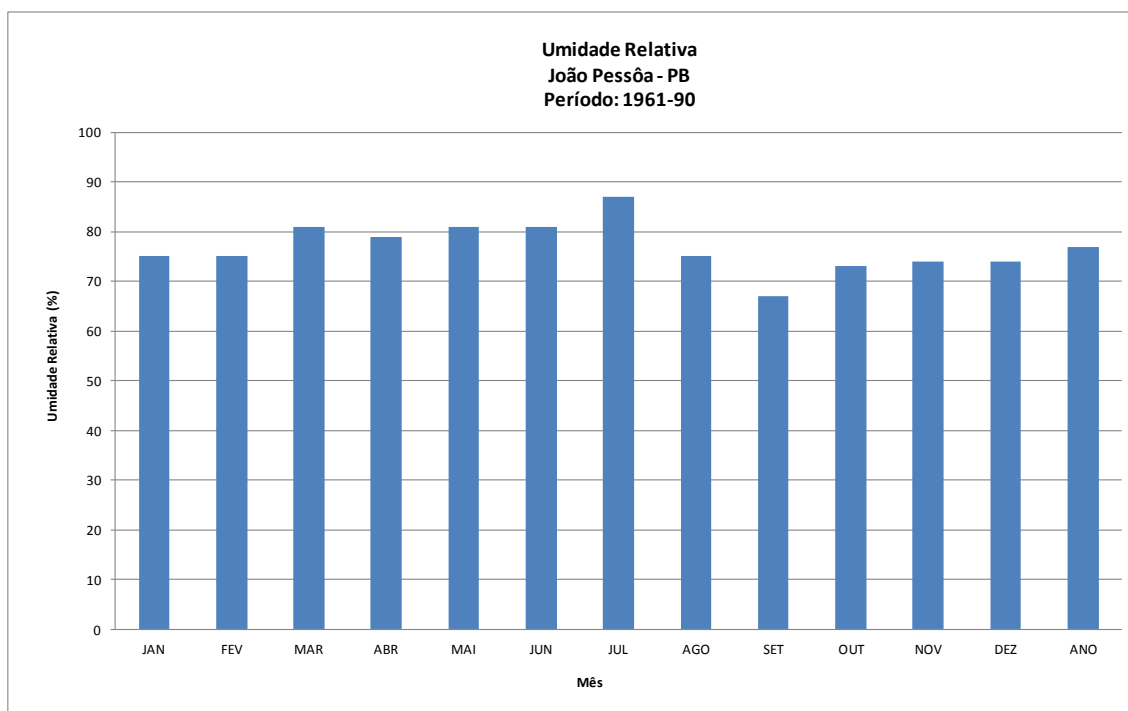
#### 2.4.6 - Umidade Relativa do Ar

Os valores de umidade relativa são inversamente proporcionais à temperatura do ar e dependentes, ainda, dos processos de aquecimento ou resfriamento, transporte horizontal de vapor d'água e precipitação. Durante a precipitação seu valor pode atingir 100% por um determinado tempo.

As Normais Climatológicas de umidade relativa do ar para a estação João Pessoa – PB (**Figura 6**) revelam uma suave variação sazonal, com um valor mínimo de 67% em setembro e um máximo valor em julho (87%). A umidade relativa anual é de 76,8%.



TERMELETRICA TERMOPOWER VI. SA.



**Figura 6** - Normais climatológicas (1961-90) de umidade relativa do ar para a estação João Pessoa - PB.  
Fonte: INMET.

Os ventos soprando predominantemente do oceano transportam umidade o ar para as regiões próximas a costa durante a maior parte do ano.

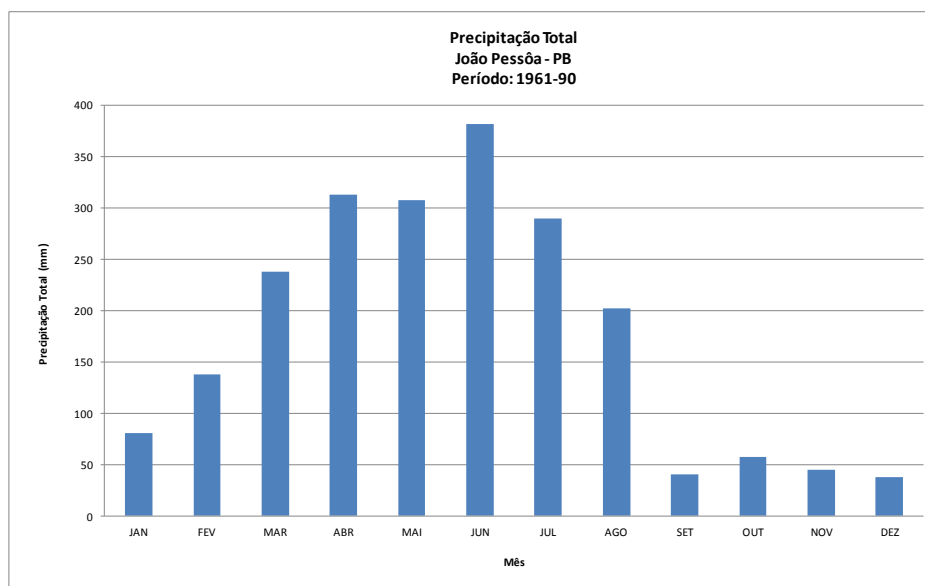
#### 2.4.7 - Precipitação Pluviométrica

Para a análise da precipitação pluviométrica, buscou-se analisar os dados das estações meteorológicas existentes na região. Foram consideradas as Normais Climatológicas (1961-90) da estação João Pessoa, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, e os registros do posto pluviométrico de Santa Rita (Coordenadas: - 7,14060, -34,98280), contidos na publicação SUDENE - Dados Pluviométricos do Nordeste - Série Pluviometria 5, de 1990.

As normais climatológicas de precipitação (**Figura 7**) revelam nitidamente os períodos seco (setembro a fevereiro) e chuvoso (março a agosto) em João Pessoa. O mínimo valor total mensal ocorre em setembro (40,7 mm), enquanto o máximo mensal se dá em junho (381,5 mm). O total anual de precipitação é de 2.132,1 mm.

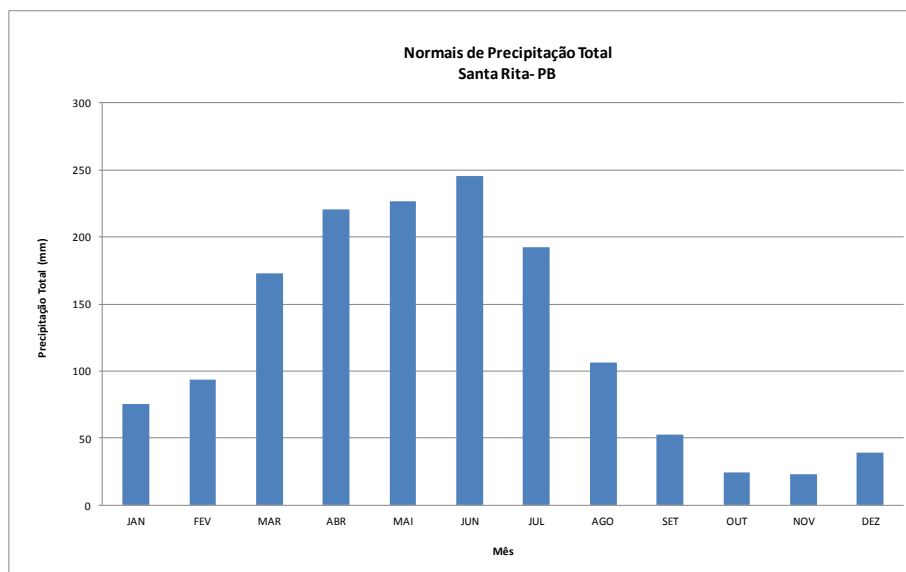


TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.



**Figura 7** - Normais climatológicas (1961-90) de precipitação para a estação João Pessoa - PB.  
Fonte: INMET.

A **Figura 8** apresenta as normais climatológicas de precipitação do posto pluviométrico de Santa Rita – PB.



**Figura 8** - Normais climatológicas (1961-90) de precipitação para o posto Santa Rita - PB.  
Fonte: SUDENE.

Como pode ser verificado, também ficam evidenciados os períodos seco e chuvoso. O mínimo valor total mensal ocorre em outubro (24,3 mm), enquanto o máximo mensal se dá em junho (245,5 mm). O total anual de precipitação é de 1.480,7 mm. Todos esses valores foram significativamente menores do que os assinalados pelo INMET, o



que pode ser justificado em função do período de coleta e a forma de tratamento dos dados.

#### 2.4.8 - Vento

O vento é uma resposta ao aquecimento diferencial da Terra a partir do Sol. A variável vento é um parâmetro muito influenciado por diversos fatores e diferentes escalas de circulação atmosférica que apresentam significativa interatividade espacial. De modo geral, para as localidades litorâneas e próximas a estas, predominam os regimes locais, como as brisas marítimas, haja vista as diferentes capacidades caloríficas da água oceânica e da superfície continental. O vento, da mesma forma que está ligado à dispersão de poluentes a partir das correntes de ar, também está ligado à dispersão de poluentes sobre superfícies aquáticas, através de ondas que geram nos fluidos.

Os ventos são controlados pelo movimento da ZCIT, o que faz com que os alísios de sudeste sejam mais intensos quando esta zona posiciona-se a norte, durante os meses de agosto a outubro, enquanto que os mesmos diminuem progressivamente com o deslocamento da ZCIT na direção do equador, até atingir valores mínimos anuais durante os meses de março a abril.

Para a caracterização dos ventos na área de estudo, foram utilizados os dados das observações meteorológicas regulares horárias em aeródromos (Código Metar), registrados do aeroporto de João Pessoa (Código ICAO: SBJP), do período 2007-12. O aeroporto de João Pessoa está localizado a aproximadamente 5 km a SE do município de Santa Rita, o que confere uma grande representatividade para análises.

Foram elaboradas as rosas dos ventos mensais, conforme mostra a **Figura 9**, o que permite avaliar as direções predominantes e suas variações ao longo do ano. A **Figura 10** mostra a rosa dos ventos envolvendo todos os meses do período.

Para a análise mensal, observa-se que os ventos predominantes apresentam-se distintos ao longo do ano, com uma direção de SE de janeiro a março e novembro e dezembro e de S nos demais meses. A rosa dos ventos anual do período 2007-12 (**Figura 10**) mostra a direção SE como sendo preferencial em João Pessoa – PB, respondendo por aproximadamente 22% dos horários do ano. Por outro lado, os ventos praticamente inexistem do quadrante compreendido entre W e N.





TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

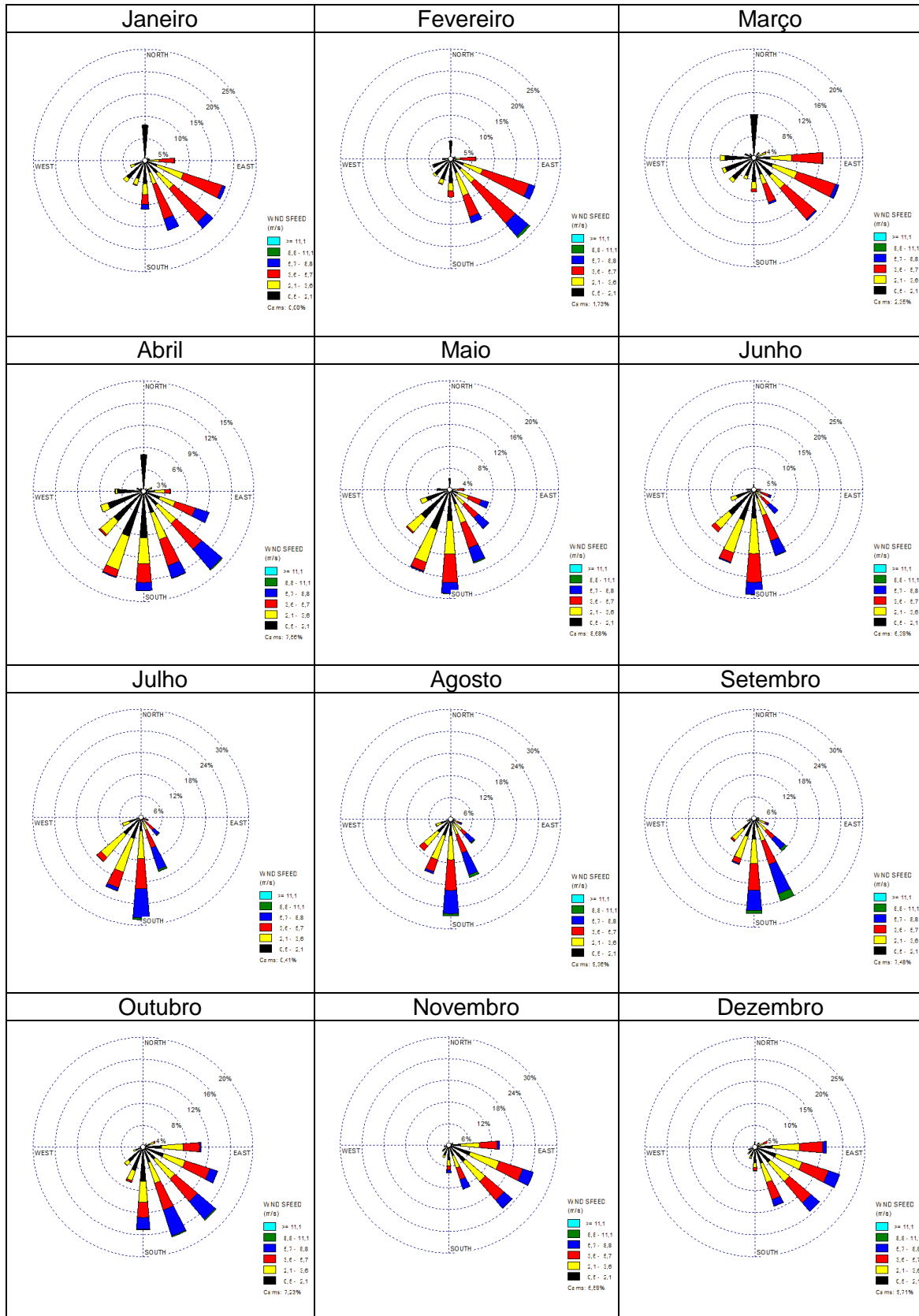
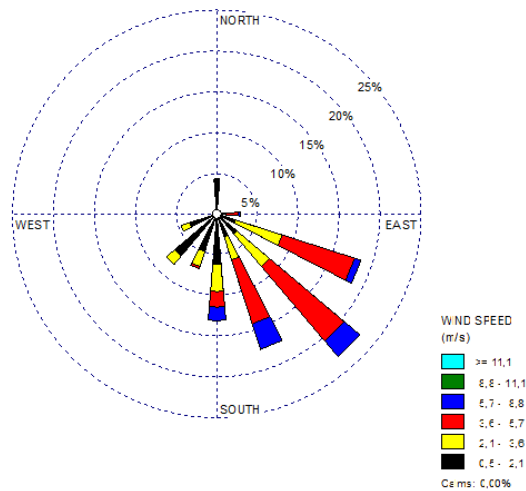


Figura 9 – Rosas dos ventos do aeroporto de João Pessoa (SBJP) para o período 2007-12.  
Fonte: Comando da Aeronáutica.



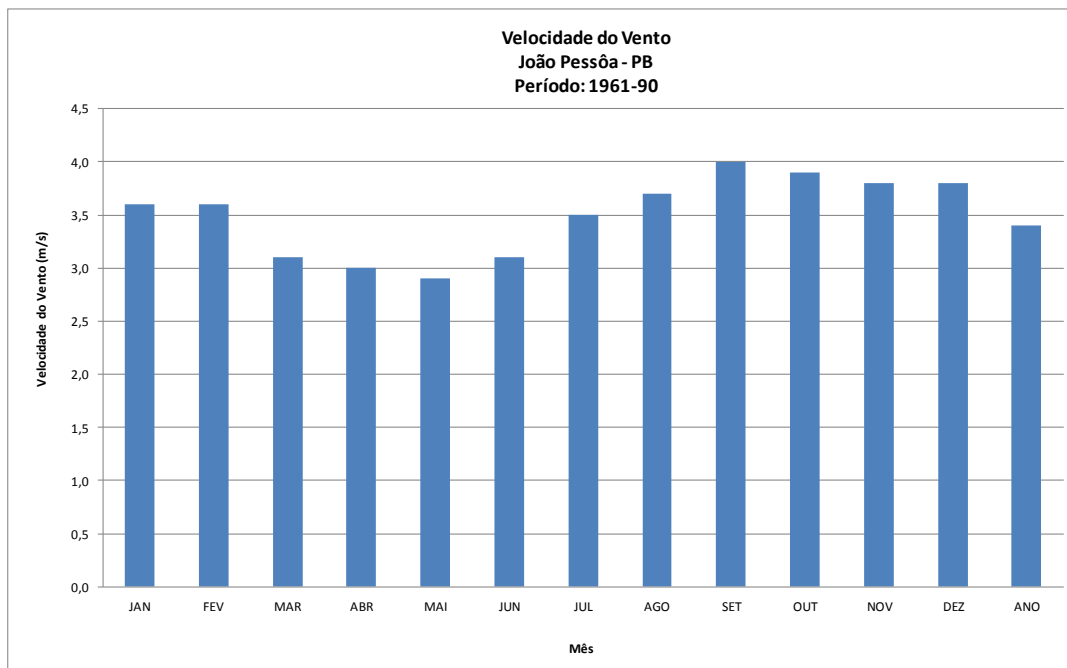
TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.



**Figura 10** – Rosas dos ventos anual do aeroporto de João Pessoa (SBJP) para o período 2007-12.

Fonte: Comando da Aeronáutica.

A **Figura 11** apresenta as velocidades médias mensais no aeroporto de João Pessoa (SBJP) para o período 2007-12. Pode-se perceber que a região apresenta-se sempre com um grau de ventilação, que varia de velocidades médias de 2,9 m/s em maio a 4,0 m/s em setembro.



**Figura 11** – Velocidades médias mensais no aeroporto de João Pessoa (SBJP) para o período 2007-12.

Fonte: Comando da Aeronáutica.



TERMELÉTRICA TERMOPOWER VI. SA.

### 3. BIBLIOGRAFIA

Carvalho, L.M.V., Jones, C., Liebmann, B., 2004, "The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall", *Journal of Climate*, v.17, pp 88-108.

Cavalcanti, I.A., 1982: Um estudo sobre as interações entre os sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais. INPE 2494 TDL/097.

Guedes, R. L. 1985: Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul. Tese de Mestrado, IAG/USP, 89pp.

INMET. Normais Climatológicas 1961-90. Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília-DF. 1992.

Kousky, V.E; Ropelewski, C.H., 1989. Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South America region. *Rev. Brasileira de Met.*, 4, 351-363.

NCEP/NOAA. Digital Electronic Atlas. National Centers for Environment Prediction - National Oceanic and Atmospheric Administration. Estados Unidos. 1998/99.

QUADRO, Mário F. L. et al. Climanálise, Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-INPE), edição especial. 1996.

SUDENE. Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Estado da Paraíba. Recife, 1990. (Brasil.SUDENE.Pluviometria, 5).

WMO. Guide to Climatological Practices. World Meteorological Organization (WMO – Nº. 100).Geneva. 1983.