

ÍNDICE

2.2.2 -	Meio Físico	1/63
2.2.2.1 -	Meteorologia e Climatologia	1/63
2.2.2.1.1 -	Introdução	1/63
2.2.2.1.2 -	Metodologia	2/63
2.2.2.1.3 -	Características Climáticas da Área de Influência o da LT 500 kV	3/63
2.2.2.1.3.1 -	A Circulação Atmosférica sobre a Região Tropical	13/63
2.2.2.1.3.2 -	Sistemas atmosféricos atuantes na região	14/63
2.2.2.1.3.3 -	Sistemas Atmosféricos de Escala Sinótica	16/63
2.2.2.1.4 -	Sistemas Atmosféricos de Mesoescala	22/63
2.2.2.1.4.1 -	Linhas de Instabilidade	22/63
2.2.2.1.4.2 -	Complexos Convectivos de Mesoescala	24/63
2.2.2.1.4.3 -	Ondas de Leste	26/63
2.2.2.1.4.4 -	Oscilação 30 - 60 dias	27/63
2.2.2.1.5 -	Eventos Extremos	28/63
2.2.2.1.5.1 -	La Niña	28/63
2.2.2.1.5.2 -	El Niño/ Oscilação Sul	31/63
2.2.2.1.6 -	Parâmetros Meteorológicos	35/63
2.2.2.1.6.1 -	Precipitação Pluviométrica	35/63
2.2.2.1.6.2 -	Temperatura Média, Mínima e Máxima	38/63
2.2.2.1.6.3 -	Umidade Relativa do Ar	45/63
2.2.2.1.6.4 -	Ventos - Direção e Velocidade	48/63
2.2.2.1.6.5 -	Radiação Solar e Insolação	50/63
2.2.2.1.6.6 -	Nível Ceráunico	56/63
2.2.2.1.6.7 -	A Diversidade Topográfica e o Clima	58/63
2.2.2.1.7 -	Considerações Finais	62/63

Legendas

Quadro 2.2.2.1-1 - Estações meteorológicas utilizadas para o presente estudo	3/63
Figura 2.2.2.1-1 - Localização da LT 500 kV Bacabeira - Pecém na região Nordeste do Brasil de acordo com a classificação climática realizada por Alvarez et. Al (2013) fundamentada em Koppen (1936).....	7/63
Figura 2.2.2.1-2 - Localização da LT 500 kV Bacabeira - Pecém na região nordeste do Brasil de acordo com a classificação climática realizada pelo IBGE (2002).	11/63
Figura 2.2.2.1-3 - Esquematização da Célula de Walker sobre a Bacia do Pacífico Tropical.	15/63
Figura 2.2.2.1-4 - Esquematização da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (Célula de Walker) modificada em associação ao episódio <i>El Niño</i> sobre o Oceano Pacífico.	15/63
Figura 2.2.2.1-5 - Diagrama Esquemático da Circulação de Hadley-Walker sobre a América do Sul tropical e o setor do Atlântico Sul Tropical.	16/63
Figura 2.2.2.1-6 - Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Na imagem é possível observar a banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	17/63
Figura 2.2.2.1-7 - Combinação das imagens globais do satélite Meteosat VI no canal infravermelho entre os dias 21-28/ março/97. As linhas tracejadas representam o posicionamento do eixo da ZCIT sobre a Bacia do Oceano Atlântico Tropical. Linhas pretas representam o posicionamento médio do eixo da ZCIT sobre o Atlântico Tropical.	17/63
Figura 2.2.2.1-8 - Imagens do Satélite Meteosat VI, canal infravermelho, com realce de cores, sobre a Região Nordeste do Brasil para o dia 10/01/98, às 15 h, mostrando uma frente fria sobre a Região Sudeste associada a um VCAN sobre a Região Nordeste, causando intensa nebulosidade na parte norte da Região e céu claro no setor central e sul da mesma.	19/63
Figura 2.2.2.1-9 - Imagens do Satélite Meteosat VI, canal infravermelho, com realce de cores, sobre a Região Nordeste do Brasil para o dia 29/01/98 às 23 h, mostrando uma	

frente fria sobre a Região Sudeste associada a um VCAN sobre a Região Nordeste, causando intensa nebulosidade na parte norte da Região e céu claro no setor central. A frente posicionada um pouco mais ao norte e ocasiona formação de áreas de instabilidade em grande parte da Região Nordeste e Oceano Atlântico adjacente. 20/63

Figura 2.2.2.1-10 - Imagem de satélite da América do Sul, destacando uma frente fria, o APM (azul) e o ASAS (vermelho). 21/63

Figura 2.2.2.1-11 - Linha de Instabilidade atuando sobre o Nordeste Brasileiro. 23/63

Figura 2.2.2.1-12 - Sequência horária das imagens do satélite Meteosat-6, no canal infravermelho, setorizadas para a região do Nordeste brasileiro e realçadas para visualizar as células convectivas profundas (cumulonimbus), durante o dia 24/04/97. 25/63

Figura 2.2.2.1-13 - Nebulosidade associada às Ondas de Leste. 26/63

Quadro 2.2.2.1-2 - Anos de ocorrência do *La Niña*. 29/63

Figura 2.2.2.1-14 - Circulação observada no oceano Pacífico equatorial em anos normais. 30/63

Figura 2.2.2.1-15 - Padrão de circulação observada em anos de *La Niña* na Região Equatorial do Oceano Pacífico. 31/63

Figura 2.2.2.1-16 - Circulação observada no oceano Pacífico equatorial em anos normais. 33/63

Figura 2.2.2.1-17 - Padrão de circulação observada em anos de *El Niño* na região equatorial do oceano Pacífico. 33/63

Quadro 2.2.2.1-3 - Anos de ocorrência e intensidade do *El Niño*. 34/63

Quadro 2.2.2.1-4 - Parâmetros obtidos por estação consultada. 35/63

Quadro 2.2.2.1-5 - Dados de precipitação média acumulada mensal (mm) nas Estações Meteorológicas avaliadas. 36/63

Figura 2.2.2.1-18 - Gráficos da precipitação média mensal nas Estações Meteorológicas avaliadas. 37/63

Figura 2.2.2.1-19 - Gráfico da precipitação média anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.	38/63
Quadro 2.2.2.1-6 - Dados de temperatura média (°C) nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	39/63
Figura 2.2.2.1-20 - Gráficos da temperatura média mensal nas Estações Meteorológicas avaliadas.	39/63
Figura 2.2.2.1-21 - Gráfico da temperatura média anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.	40/63
Quadro 2.2.2.1-7 - Dados de temperatura média mínima mensal (em °C) nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	40/63
Figura 2.2.2.1-22 - Gráficos da temperatura média mínima mensal nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	41/63
Figura 2.2.2.1-23 - Gráfico da temperatura média mínima anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	42/63
Quadro 2.2.2.1-8 - Dados de temperatura média máxima mensal (em °C) nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	43/63
Figura 2.2.2.1-24 - Gráficos das temperaturas médias máximas nas estações estudadas.....	44/63
Figura 2.2.2.1-25 - Gráfico da temperatura média máxima anual nas estações estudadas.....	45/63
Quadro 2.2.2.1-9 - Dados de Umidade Relativa do Ar (%) nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	46/63
Figura 2.2.2.1-26 - Gráficos da umidade relativa do ar nas Estações Meteorológicas avaliadas.	47/63
Figura 2.2.2.1-27 - Gráfico da umidade relativa do ar anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	47/63
Quadro 2.2.2.1-10 - Intensidade do Vento (m.s ⁻¹) nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	48/63
Figura 2.2.2.1-28 - Gráficos de intensidade do vento nas Estações Meteorológicas avaliadas.	49/63
Figura 2.2.2.1-29 - Gráfico de intensidade do vento anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.	49/63
Quadro 2.2.2.1-11 - Direção Predominante do Vento (pontos cardeais e colaterais) nas Estações Meteorológicas avaliadas.....	50/63

Quadro 2.2.2.1-12 - Insolação Total (horas) nas Estações Meteorológicas avaliadas	51/63
Figura 2.2.2.1-30 - Gráficos de Insolação Total (horas) nas Estações Meteorológicas avaliadas.	52/63
Figura 2.2.2.1-31 - Gráficos de Insolação Total anual nas Estações Meteorológicas avaliadas. Pressão Atmosférica	53/63
Quadro 2.2.2.1-13 - Dados de pressão atmosférica do ar (hPa) nas Estações Meteorológicas avaliadas	54/63
Figura 2.2.2.1-32 - Gráficos de pressão atmosférica do ar (hPa) nas Estações Meteorológicas avaliadas.	55/63
Figura 2.2.2.1-33 - Gráfico de pressão atmosférica do ar anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.	55/63
Quadro 2.2.2.1-14 - Densidade de Descargas Elétricas por Município	56/63
Figura 2.2.2.1-34 - Planície arenosa revestida por caatinga.	58/63
Figura 2.2.2.1-35 - Remanescente de caatinga arborizada com palmeira.....	58/63
Figura 2.2.2.1-36 - Rio Parnaíba com pequenos remanescentes de vegetação as margens do rio, composta por estreita faixa de vegetação ciliar (mata ciliar) e a partir destas áreas de parque de caatinga com presença de manchas de caatinga arborizada, no ponto 101.	59/63
Figura 2.2.2.1-37 - Delta do Parnaíba	59/63
Figura 2.2.2.1-38 - Planície arenosa recoberta por tipologia de floresta baixa	60/63
Figura 2.2.2.1-39 - Planície arenosa alagada com vegetação paludosa e aquática	60/63
Figura 2.2.2.1-40 - Borda Planalto da Ibiapaba com mancha de floresta estacional.....	62/63
Figura 2.2.2.1-41 - Serra de Umari, revestida pelas caatingas arborizadas	62/63
Figura 2.2.2.1-42 - Climatogramas de precipitação (mm) e temperatura (°C) nas estações avaliadas.	63/63

2.2.2 - Meio Físico

2.2.2.1 - Meteorologia e Climatologia

2.2.2.1.1 - Introdução

O presente diagnóstico contém as principais características meteorológicas e climáticas da região onde será implantada a Linha de Transmissão 500 kV Bacabeira - Pecém II. Localizada na porção nordeste do Brasil, o empreendimento se estende por mais de 600 km lineares entre Bacabeira e Pecém e cerca de 160 km lineares entre Acaraú e Tianguá, atravessando os estados do Maranhão, Piauí e Ceará, totalizando aproximadamente 1.150 km de extensão. O clima na área de influência apresenta a característica marcante de tropical quente semiárido, definido por elevadas temperaturas médias ao longo do ano e acentuada variabilidade interanual, alternando anos secos e anos chuvosos, com médias de secas superiores a 6 meses. Nas proximidades de São Luís, entretanto, o clima é caracterizado por um maior regime pluviométrico, com aspectos de tropical quente semiúmido.

De acordo com MOLION & NOBRE (1988), a variabilidade climática do Nordeste Brasileiro (NEB) é resultado da combinação entre os efeitos da ação de vários sistemas meteorológicos e das variações na intensidade e posição das circulações Hadley e Walker. Entre os mecanismos dinâmicos responsáveis pela produção de chuvas no NEB, MOLION & BERNARDO (2002) destacam os sistemas frontais e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que configuram mecanismos de grande escala.

Segundo KAYANO & ANDREOLI (2009), os sistemas de pressão como o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e do Atlântico Norte (ASAN), também são mecanismo importantes na contribuição de chuvas no nordeste brasileiro. Estes mesmos autores ainda destacam a importância do cavado equatorial, cujas variações sazonais de intensidade e posicionamento marcam o clima nesta região.

Esta variabilidade pode ser observada na área de influência, por exemplo, por meio das pequenas lagoas interiores que são formadas sazonalmente entre as cidades de Bacabeira e Barreirinhas, pelos ventos constantes de direção nordeste (NE) entre Parnaíba e Jericoacoara que formam extensos campos de dunas, ou mesmo pelos consecutivos meses de seca registrados entre os municípios de Uruoca e Tianguá.

Sendo assim, para a caracterização meteorológica e climática do empreendimento será apresentada, na sequência, a metodologia adotada, as principais características climatológicas da área de influência, os principais sistemas atmosféricos atuantes na AE, os eventos extremos e sua influência, os parâmetros meteorológicos e a diversidade topográfica e o clima, concluindo o diagnóstico com as considerações finais.

2.2.2.1.2 - Metodologia

Para a elaboração do presente diagnóstico foi realizada uma pesquisa bibliográfica com vistas ao levantamento dos parâmetros necessários para a caracterização climatológica da área de influência. Foram utilizados dados disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), as Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2009), informações da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), assim como foram consultados os dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) da Secretaria Estadual de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Piauí (SEMAR) e da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão (Sema) para a caracterização climática regional. Os parâmetros analisados a partir dos dados levantados nas instituições supracitadas, de acordo com o solicitado no Termo de Referência emitido pelo IBAMA, foram os seguintes:

- precipitação;
- temperatura do ar;
- umidade relativa do ar;
- ventos - direção e velocidade;
- pressão atmosférica;
- radiação solar e insolação;
- nível ceráunico.

Para a caracterização climática da Área de Influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II foram utilizados os dados compilados pelo INMET acerca das Normais Climatológicas no intervalo de trinta anos entre 1961 e 1990, de acordo com o padrão definido pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1989).

As estações meteorológicas consideradas para a elaboração deste diagnóstico, bem como as respectivas distâncias ao empreendimento, encontram-se listadas no Quadro 2.2.2.1-1 e estão representadas no Mapa de Isoietas e Estações Meteorológicas - 3182-00-EIA-MP-2011, no Caderno de Mapas.

Quadro 2.2.2.1-1 - Estações meteorológicas utilizadas para o presente estudo

Estação/Código	Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000		Altitude (m)	Período de coleta dos dados	UF	Município	Distância aproximada da estação ao empreendimento (km)
	Latitude	Longitude					
Guramiranga/82487	04°17'S	39°00'W	870,7	1961-1990	CE	Guaramiranga	66,6
Fortaleza/82397	03°45'S	38°33'W	26,5	1961-1990	CE	Fortaleza	41,8
Sobral/82392	03°44'S	40°20'W	109,6	1961-1990	CE	Sobral	53,3
Acaraú/82294	02°53'S	40°08'W	16,5	1961-1990	CE	Marco	17,6
Parnaíba/82287	03°05'S	41°46'W	79,5	1961-1990	PI	Parnaíba	3,6
Chapadinha/82382	03°44'S	43°21'W	103,5	1961-1990	MA	São Luís	99,8
São Luís/82280	02°32'S	44°13'W	50,9	1961-1990	MA	Chapadinha	45,1

Fonte: Compilação de dados no INMET (2009). As estações Acaraú, Parnaíba e Chapadinha apresentaram dados inconsistentes para avaliação dos parâmetros de temperatura média, umidade relativa do ar, ventos (direção predominante e velocidade) e pressão atmosférica. Entretanto, os dados fornecidos por estas estações foram utilizados nas análises dos parâmetros: precipitação pluviométrica, radiação solar e insolação. Temperatura mínima e máxima.

2.2.2.1.3 - Características Climáticas da Área de Influência o da LT 500 kV

A classificação climática de Köppen (1948) é um sistema de classificação climática que pode ser empregado em nível global e se embasa na premissa de que cada região da Terra, vista a partir do ponto de vista da ecologia, é uma expressão do clima que nela prevalece. Dessa maneira, pode-se observar claramente a correlação entre os tipos climáticos propostos por Köppen e a distribuição dos Biomas. Os tipos climáticos são determinados a partir da sazonalidade e dos valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. De acordo com AYOADE (2002), o esquema de classificação de Köppen tem cinco tipos climáticos principais, reconhecidos com base na temperatura, e designados por letras maiúsculas da seguinte forma:

- A - Climas tropicais chuvosos:** o mês mais frio tem temperatura média superior a 18 °C. A isoterma de inverno de 18 °C é crítica para a sobrevivência de certas plantas tropicais. A precipitação pluvial anual é maior do que a evapotranspiração anual;

- B - Climas secos:** a evapotranspiração potencial média anual é maior que a precipitação média anual. Não existe nenhum excedente de água, por isso nenhum rio permanente origina-se nesse clima;
- C - Climas temperados chuvosos e moderadamente quentes:** o mês mais frio tem temperatura média entre -3 °C e 18 °C. O mês mais moderadamente quente tem uma temperatura média maior do que 10 °C. A isoterma de 10 °C de verão correlaciona-se com o limite, na direção do polo, do crescimento de árvores, e a isoterma de -3 °C indica o limite da direção do Equador no *permafrost* (subcamada do solo permanentemente congelada);
- D - Climas frios com neve-floresta:** o mês mais frio tem temperatura abaixo de -3 °C e o mês mais moderadamente quente tem temperatura média maior que 10 °C.
- E - Climas polares:** O mês mais moderadamente quente tem temperatura média menor que 10 °C.

Segundo AYOADE (2002), as subdivisões de cada uma das categorias são feitas com referência a:

Distribuição sazonal da precipitação

- f - nenhuma estação seca, úmida o ano inteiro (A, C e D);
- m - de monção, com uma breve estação seca e com chuvas intensas durante todo o resto do ano (A);
- w - chuva de verão (A, C e D);
- S - estação seca de verão (B);
- W - estação seca de inverno (B).

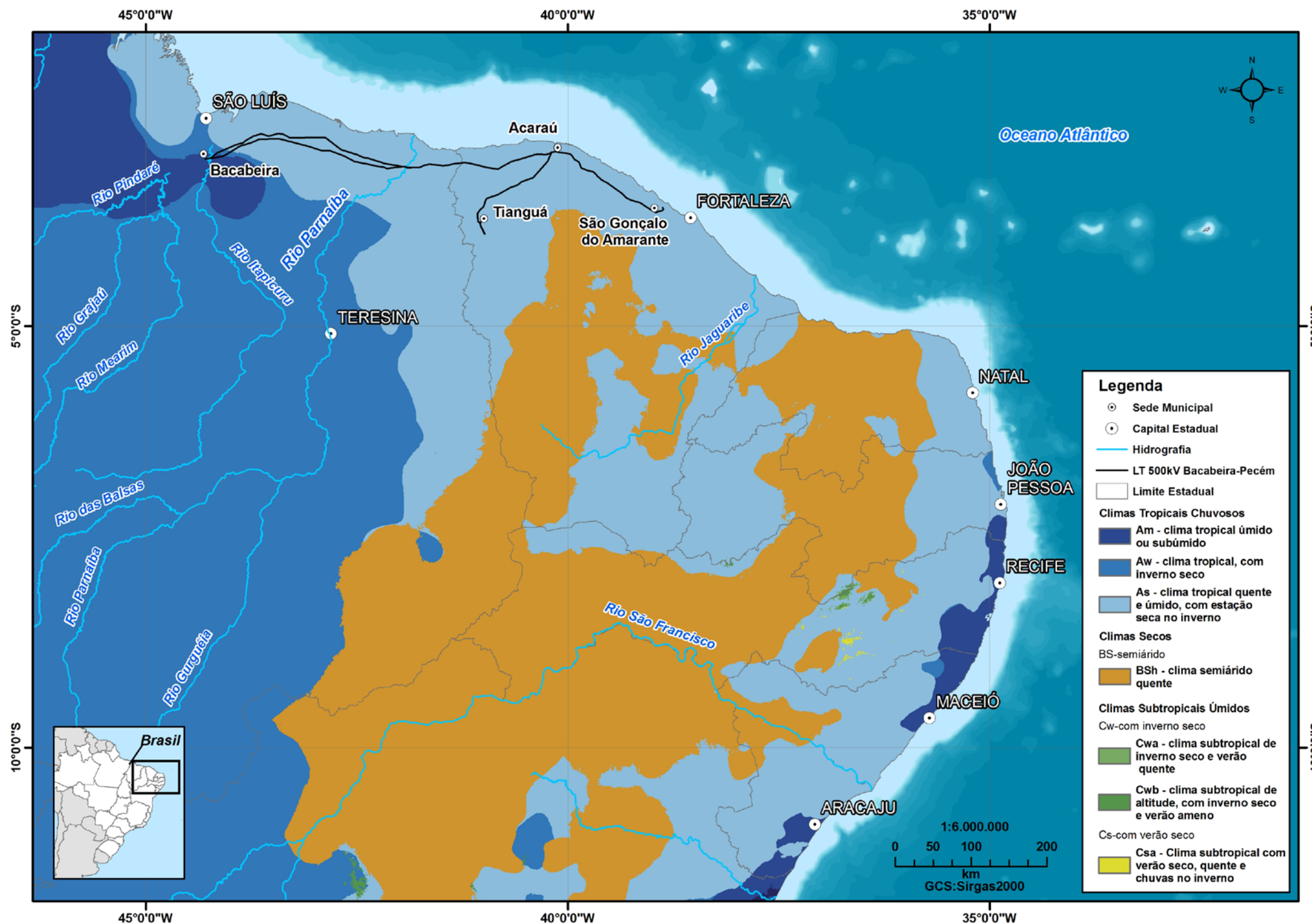
Características adicionais de temperatura

- a - verão quente, o mês mais quente tem temperatura média maior do que 22°C;
- b - verão moderadamente quente, o mês mais quente tem temperatura média inferior a 22°C;
- c - verão breve e moderadamente frio, menos do que 4 meses de temperatura média maior do que 10°C;
- d - inverno muito frio, o mês mais frio tem temperatura média menor do que -38°C;

AYOADE (2002) ainda coloca que nas regiões áridas (BW e BS), os seguintes subscritos são usados:

- h - quente, temperatura média anual maior do que 18°C;
- k - moderadamente frio, temperatura média anual menor do que 18°C.

De acordo com a classificação climática do Brasil realizada por Alvares *et. al* (2013), em consonância com o critério adotado por Koppen (1936), é possível observar que na região do empreendimento predominam três tipos climáticos distintos que estão representados na Figura 2.2.2.1-1 e seguem listados na sequência.



Fonte: Elaboração interna Ecology Brasil, 2016. Adaptado de Alvarez et. al (2013).

Figura 2.2.2.1-1 - Localização da LT 500 kV Bacabeira - Pecém na região Nordeste do Brasil de acordo com a classificação climática realizada por Alvarez et. Al (2013) fundamentada em Koppen (1936).

- Am** - Clima tropical úmido ou subúmido. Dentro da área de influência o este clima ocorre localmente próximo ao município de Bacabeira no Maranhão.
- Aw** - Clima tropical com inverno seco. Esse clima se apresenta em porções dos municípios de Rosário, Presidente Juscelino, Axixá e Bacabeira, no estado do Maranhão.
- As** - Clima tropical quente e úmido, com estação seca no inverno. Na área de influência há um predomínio desse clima, que pode ser observado em extensas porções dos estados do Maranhão, Piauí e Ceará.
- BSh** - Clima semiárido quente, com escassez de chuvas e temperaturas médias elevadas, ocorre majoritariamente no estado do Ceará, e, apesar de não constar da área de influência, tem representatividade dentro da área de abrangência regional do empreendimento.

Por sua vez, de acordo com a classificação adotada no mapa de Clima do Brasil elaborado pelo IBGE (2002), na área de influência do empreendimento há um predomínio do clima tropical quente, com temperatura média anual acima de 18 °C, tipo semiárido, com período seco variando entre 7 a 10 meses.

A bibliografia de referência deste mapeamento foi a elaborada por Nimer (1979), em que foi proposto um modelo metodológico para a classificação de climas do Brasil. A classificação utilizada pelo IBGE é fundamentada em três sistemas que integram métodos quantitativos e de dinâmica atmosférica.

O primeiro sistema, com uma maior abrangência, é associado à origem climática, baseada nos padrões de circulação atmosférica, definindo os três climas zonais, sendo eles: Equatorial, Tropical e Temperado, assim como suas subunidades regionais. O segundo sistema, por sua vez, demarca as regiões térmicas com base na frequência e médias dos valores extremos mensais, sendo composto por: Mesotérmico Mediano e Brando, Subquente e Quente. Por fim, o terceiro sistema define a classificação de regiões quanto aos padrões de umidade e seca mensais, variando de superúmido a semiárido. Neste sistema proposto por Nimer (1979) há uma relação entre o número de meses secos com as formações vegetais predominantes, com vistas à demonstração da relação entre regime climático, biogeografia e ecologia.

A partir do mapa de clima do Brasil elaborado pelo IBGE (2002) é possível observar que há um predomínio de três tipos climáticos na área do empreendimento que estão representados na **Figura 2.2.2.1-2**.

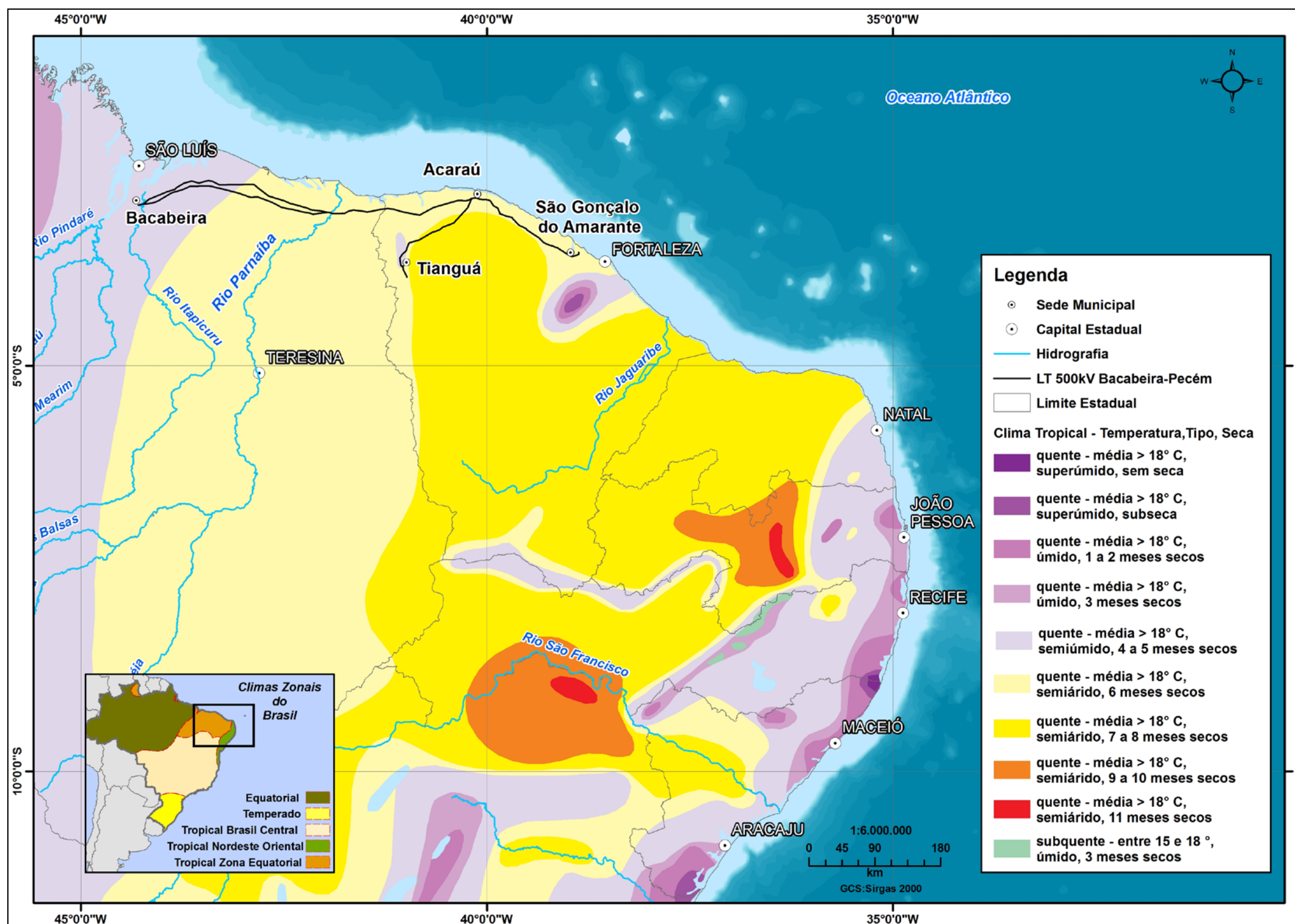


Figura 2.2.2.1-2 - Localização da LT 500 kV Bacabeira - Pecém na região nordeste do Brasil de acordo com a classificação climática realizada pelo IBGE (2002).

- Clima Tropical quente, temperatura média acima de 18 °C, tipo semiúmido com 4 a 5 meses secos. Este clima ocorre no estado do Maranhão, entre as cidades de Bacabeira e Primeira Cruz, assim como na região próxima à cidade de Tianguá, no estado do Ceará.
- Clima Tropical quente, temperatura média acima de 18 °C, tipo semiárido com seis meses secos. Há uma dominância deste tipo climático na área de influência, se estendendo por grandes porções da LT nos estados do Maranhão, Piauí e Ceará.
- Clima Tropical quente, temperatura média acima de 18 °C, tipo semiárido com sete a oito meses secos.

Para que o clima na área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II possua as características predominantes de clima tropical quente úmido e semiárido quente, a atuação de sistemas atmosféricos é de extrema importância, considerando que os mesmos interferem diretamente nas condições de tempo sobre o Nordeste Brasileiro.

A seguir serão apresentados os principais sistemas atmosféricos que atuam na região e que influenciam na distribuição anual da precipitação da área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II.

2.2.2.1.3.1 - A Circulação Atmosférica sobre a Região Tropical

É importante conhecer os sistemas atmosféricos que atuam em uma região, pois eles influenciam fortemente as condições de tempo e clima. A circulação atmosférica é o resultado do aquecimento diferencial da superfície terrestre pela radiação solar (FERREIRA e MELLO, 2004). Um sistema atmosférico pode ter uma dimensão horizontal em um determinado período de tempo, e, de acordo com essas características, podem ser denominados como:

- Sistemas sinóticos - dimensões da ordem de algumas centenas de quilômetros e duração que varia de 1 dia a meses;
- Sistemas de mesoescala - dimensões da ordem de 1 a 100 km e duração de 1 hora a 1 dia.

2.2.2.1.3.2 - Sistemas atmosféricos atuantes na região

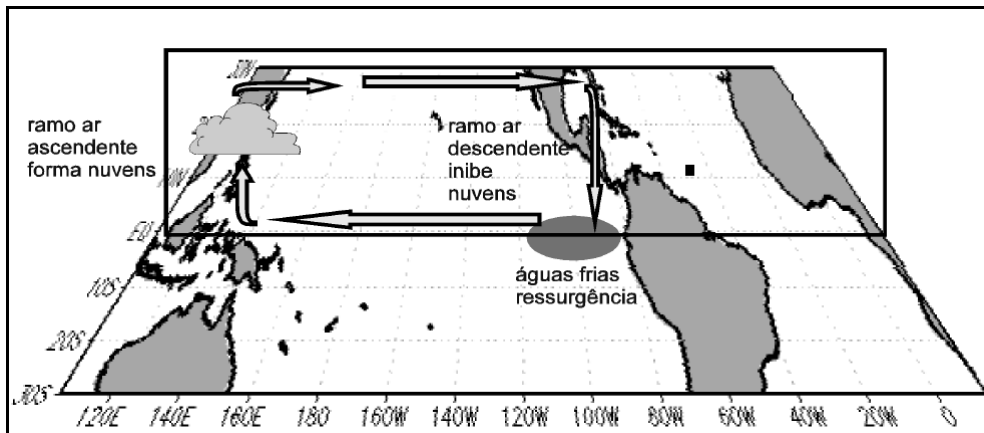
Os sistemas atmosféricos que predominam na área de influência o da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), Linhas de Instabilidade (LITs), Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), Ondas de Leste e Oscilação 30 - 60 dias.

De acordo com MOLION e BERNARDO (2002), a circulação atmosférica sobre a região tropical (onde está inserida a área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II) é fortemente modulada e modificada pelos padrões termodinâmicos que ocorrem sobre as bacias dos Oceanos Atlântico e Pacífico. De acordo com as oscilações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nesses oceanos, há a perturbação da dinâmica de duas grandes células térmicas:

- Célula de Hadley - É responsável pela elevação do ar quente e úmido no Equador, que desce nos Trópicos, e pela circulação de ventos dos centros de baixa pressão equatoriais para os de alta pressão tropicais.
- Célula de Walker - Ramos zonais de ar que seguem no sentido leste-oeste e atua no sentido zonal (ramo ascendente no Pacífico Oeste e ramo descendente no Pacífico Leste).

A perturbação da dinâmica dessas duas células causa anomalias na circulação atmosférica sobre os trópicos, que são consequências diretas do deslocamento dessas células de suas posições climatológicas. Como consequência dessa dinâmica, a intensidade e a duração do período chuvoso da região nordeste (onde está inserida a área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II) são diretamente afetadas.

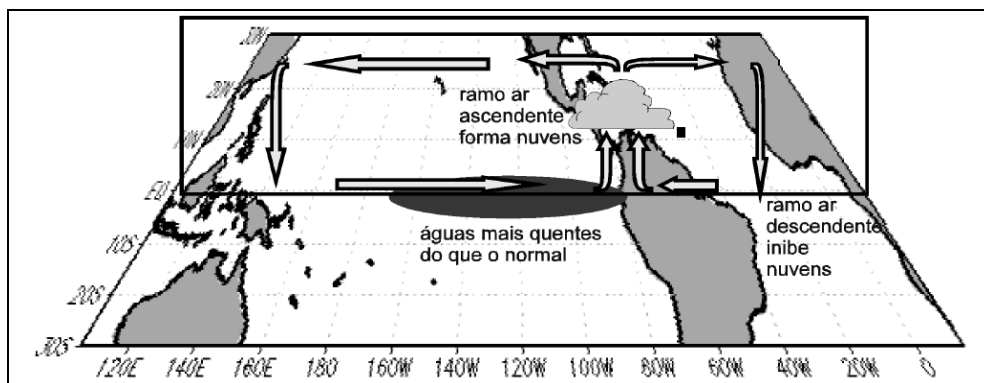
A **Figura 2.2.2.1-3** mostra a esquematização da Célula de Walker sobre a Bacia do Pacífico Tropical. Sob condições normais observa-se o ramo ascendente da Célula de Walker (favorável à formação de nuvens convectivas profundas) sobre o Pacífico Oeste e Austrália onde se tem águas quentes e pressões baixas. Por outro lado, manifesta-se sobre a região do Pacífico Leste, próximo do Peru e Equador, onde se verifica a presença de águas frias (devido à ressurgência - afloramento na superfície das águas oceânicas advindas do fundo do Oceano Pacífico) e pressões altas.



Fonte: FUNCEME, 2005.

Figura 2.2.2.1-3 - Esquematisação da Célula de Walker sobre a Bacia do Pacífico Tropical.

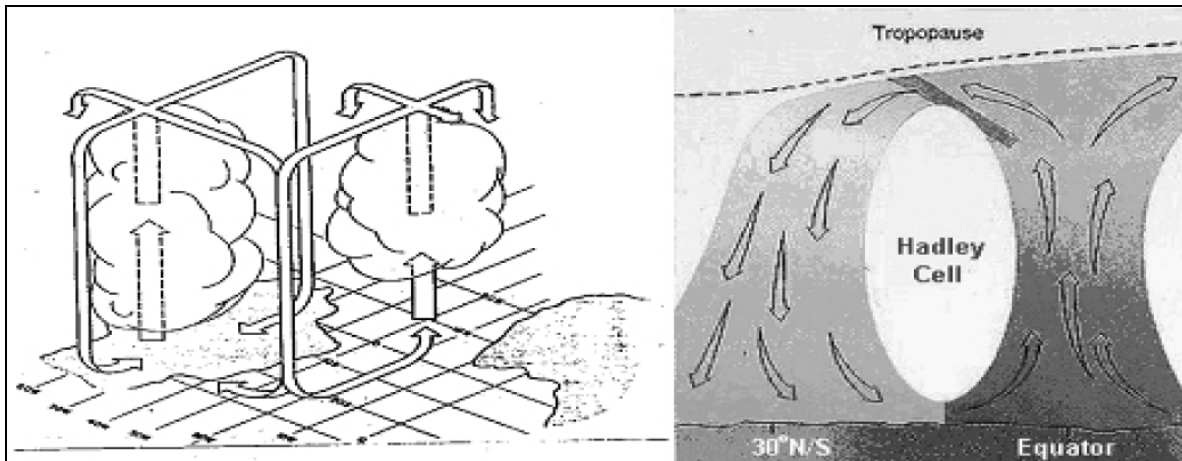
A Figura 2.2.2.1-4 ilustra a esquematização da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (Célula de Walker) modificada em associação ao episódio *El Niño* sobre o Oceano Pacífico. Sobre a região do Pacífico centro-leste, incluindo Peru/Equador, observa-se a ramo ascendente (favorável à formação de nuvens) da Célula de Walker e, por outro lado, sobre o Pacífico oeste/norte da Austrália e também no Atlântico Equatorial, incluindo o leste da Amazônia e norte do Semiárido Nordeste (onde parcialmente está inserida a área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II) observa-se o ramo descendente (que inibe a formação de nuvens).



Fonte: FUNCEME, 2005.

Figura 2.2.2.1-4 - Esquematisação da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (Célula de Walker) modificada em associação ao episódio *El Niño* sobre o Oceano Pacífico.

A **Figura 2.2.2.1-5**, por sua vez, representa o Diagrama Esquemático da Circulação de Hadley-Walker sobre a América do Sul tropical e o setor do Atlântico Sul Tropical. A nebulosidade sobre o oceano representa a atividade convectiva sobre a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT, e o diagrama esquemático da Célula de Hadley.



Fonte: FUNCEME, 2005.

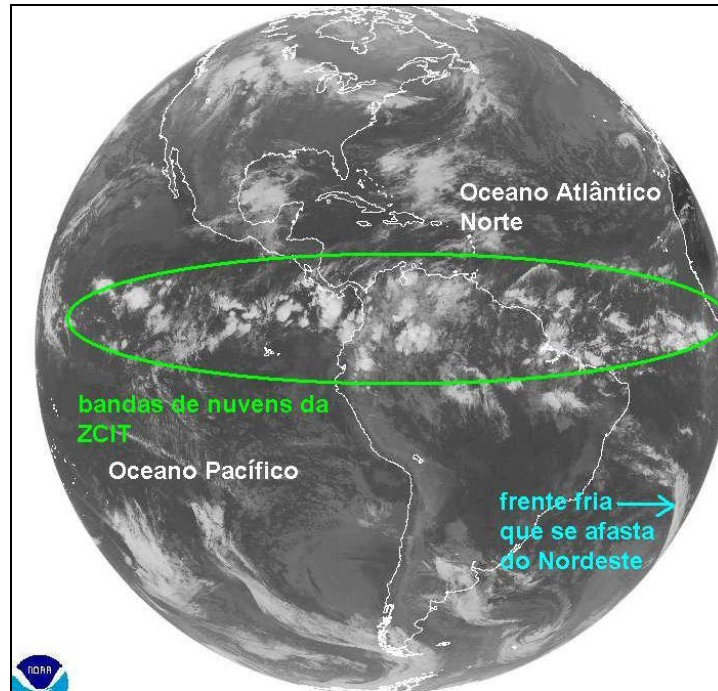
Figura 2.2.2.1-5 - Diagrama Esquemático da Circulação de Hadley-Walker sobre a América do Sul tropical e o setor do Atlântico Sul Tropical.

2.2.2.1.3.3 - Sistemas Atmosféricos de Escala Sinótica

- Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

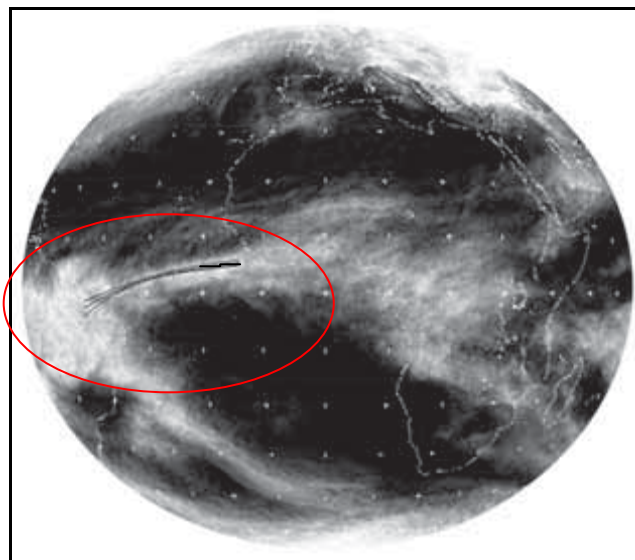
A zona de convergência intertropical - ZCIT é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos. Devido à sua estrutura física, a ZCIT tem se mostrado decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima em diversas áreas da Região Tropical.

Na maior parte dos trópicos, a estrutura da baixa troposfera é caracterizada por duas correntes de ar: uma corrente meridional geralmente úmida, mas bastante fria, com um componente sudoeste, com o qual forma uma cunha sob um ar quente e relativamente seco com um componente de nordeste (AYOADE, 2002). A zona limite entre essas duas correntes é marcada por uma banda de nuvens, que circunda a faixa equatorial do globo terrestre (**Figura 2.2.2.1-6** e **Figura 2.2.2.1-7**), e é conhecida como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).



Fonte: ClimaTempo, 2010.

Figura 2.2.2.1-6 - Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Na imagem é possível observar a banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).



Fonte: FUNCEME, 2005.

Figura 2.2.2.1-7 - Combinação das imagens globais do satélite Meteosat VI no canal infravermelho entre os dias 21-28/ março/97. As linhas tracejadas representam o posicionamento do eixo da ZCIT sobre a Bacia do Oceano Atlântico Tropical. Linhas pretas representam o posicionamento médio do eixo da ZCIT sobre o Atlântico Tropical.

A ZCIT é formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. O choque entre esses ventos faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação das nuvens, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera, ocorrendo, então, a formação das nuvens. Nesta região, devido à Convergência dos alísios com movimentos de ar ascendentes, forma-se um centro de baixa pressão do ar com muita umidade, ocasionando a formação de nuvens de grande extensão do tipo cúmulus e precipitações no norte e nordeste do Brasil (UVO, 1989). A ZCIT é mais significativa sobre os Oceanos e por isso, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade.

Estudos observacionais têm mostrado que, em geral, a ZCIT interage com outros sistemas meteorológicos que atuam sobre o Nordeste durante os meses chuvosos, destacando-se os Distúrbios Ondulatórios de Leste e a formação de Linhas de Instabilidade ao longo da costa norte brasileira. Pode-se também verificar a interação da ZCIT com sistemas meteorológicos que atuam nos altos níveis (Vórtices Ciclônicos), os quais, dependendo da posição na qual se encontram, tanto podem inibir como favorecer a ocorrência de chuvas sobre o Nordeste Brasileiro.

A LT 500 kV Bacabeira - Pecém II está parcialmente inserida sob o domínio do clima semiárido, caracterizado, de acordo com o MMA (2005), por longas secas, onde a frequência das chuvas é reduzida, má distribuída e em pouca quantidade. As áreas mais afetadas pelas secas no Nordeste são as que se encontram sob influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), uma vez que as chuvas nessa região estão intimamente relacionadas com a ocorrência desse sistema atmosférico.

- Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) são definidos como sistemas fechados de baixa pressão, atuantes em escala sinótica, que se formam na alta troposfera (GAN e KOUSSKY, 1982). Também conhecidos como “baixas frias da alta troposfera”, os VCANs são constituídos por sistemas de baixa pressão, cuja circulação ciclônica fechada é caracterizada por baixas temperaturas em seu centro (com movimento subsidente de ar seco e frio) e temperaturas mais elevadas em suas bordas (com movimento ascendente de ar quente e úmido).

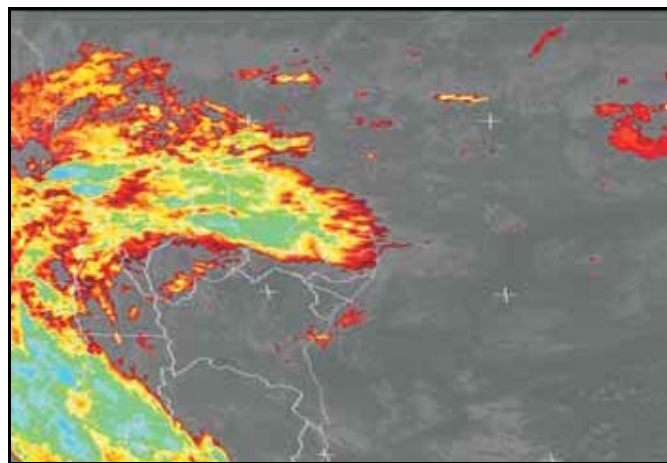
As chuvas que ocorrem em decorrência dos VCANs são provocadas pela instabilidade atmosférica gerada pela presença de frentes frias localizadas no setor centro-sul do Nordeste.

De acordo com CAMPOS e STUDART (2003):

“Quando há a ocorrência de VCANs, é comumente observado céu claro nas regiões localizadas abaixo de seu centro e tempo chuvoso das regiões sobre sua periferia. Em geral, a parte norte do Nordeste, experimenta um aumento de nebulosidade associada a chuvas fortes à medida que o vértice se move para a costa; as partes sul e central do Nordeste, por sua vez, apresentam diminuição de nebulosidade.”

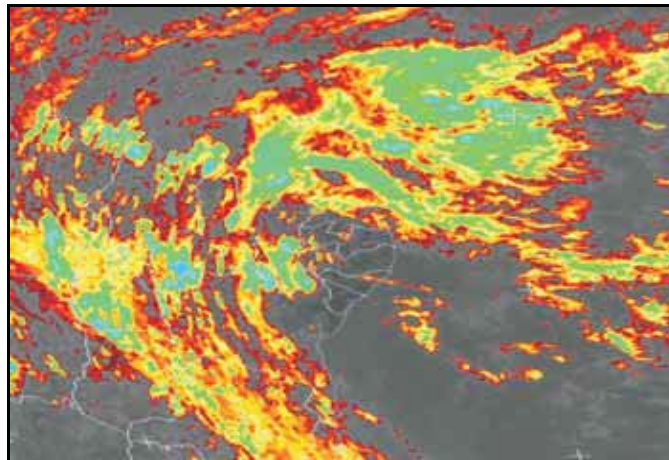
É possível concluir que os VCANs podem contribuir com chuvas intensas, ocorrendo nas bandas de nebulosidade que residem na periferia do sistema; ou com estiagem, considerado que no centro do sistema o movimento subsidente do ar inibe a formação de nuvens. A contribuição para chuvas ou estiagem depende da região sob influência do VCAN.

Um exemplo típico da forte atuação destes sistemas foi o mês de janeiro/98 (Figura 2.2.2.1-8) e (Figura 2.2.2.1-9), com chuvas abundantes no Nordeste sendo geradas pela presença de VCAN, que foram frequentes ao longo do mês.



Fonte: FUNCEME, 2005.

Figura 2.2.2.1-8 - Imagens do Satélite Meteosat VI, canal infravermelho, com realce de cores, sobre a Região Nordeste do Brasil para o dia 10/01/98, às 15 h, mostrando uma frente fria sobre a Região Sudeste associada a um VCAN sobre a Região Nordeste, causando intensa nebulosidade na parte norte da Região e céu claro no setor central e sul da mesma.



Fonte: FUNCEME, 2005.

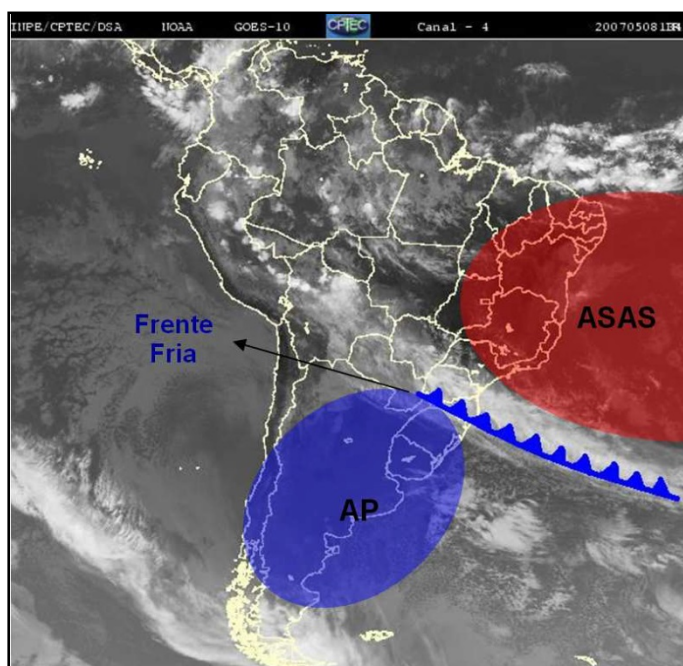
Figura 2.2.2.1-9 - Imagens do Satélite Meteosat VI, canal infravermelho, com realce de cores, sobre a Região Nordeste do Brasil para o dia 29/01/98 às 23 h, mostrando uma frente fria sobre a Região Sudeste associada a um VCAN sobre a Região Nordeste, causando intensa nebulosidade na parte norte da Região e céu claro no setor central. A frente posicionada um pouco mais ao norte e ocasiona formação de áreas de instabilidade em grande parte da Região Nordeste e Oceano Atlântico adjacente.

▪ Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul atua na parte leste do continente Sulamericano durante quase todo o ano, mas sofre variações em sua posição. Um Anticiclone é uma região de circulação do ar no sentido anti-horário no plano horizontal do ar. Esse sistema apresenta variação sazonal leste-oeste, ou seja, ele se posiciona a leste do continente no mês de outubro e abril, e se posiciona mais a oeste em julho/agosto e de janeiro a março (ITO & AMBRIZZI, 2012).

A temperatura e umidade em seu interior são relativamente elevadas, principalmente no verão, pela intensa radiação solar incidente sobre o sistema, quando o tempo tende a ser seco, ensolarado e quente. No inverno, o ASAS exerce uma maior penetrabilidade continental, influenciando os setores leste e central do Brasil.

O ASAS atua na região da LT, principalmente no período de inverno. Esse sistema influencia a subsidência de ar, ou seja, o ar é empurrado para baixo, dificultando a formação de nuvens. Os efeitos do ASAS na região em estudo podem ser observados com a queda de temperatura no inverno e sua atuação pode ser observada a partir da **Figura 2.2.2.1-10**. Sobre o ASAS predominam movimentos descendentes e inibição na formação de nuvens, refletindo nos baixos índices pluviométricos no Nordeste do Brasil (Silva, 1991).



Fonte: FRANCA, 2009.

Figura 2.2.2.1-10 - Imagem de satélite da América do Sul, destacando uma frente fria, o APM (azul) e o ASAS (vermelho).

Em síntese, os efeitos dos sistemas atmosféricos de escala sinótica na área de influência podem ser observados, sobretudo, por meio da distribuição irregular das chuvas, frequência reduzida e nos baixos índices pluviométricos.

A ZCIT, formada pela colisão entre os ventos alísios, provoca a formação de nuvens de grandes dimensões do tipo cúmulos pela ascensão do ar quente e úmido, propiciando precipitações. A posição da ZCIT alterna ao longo do ano devido a alterações na circulação atmosférica e na TSM, situando-se mais ao norte em julho e outubro, provocando uma diminuição nas chuvas na AE, e mais ao sul em janeiro e abril, contribuindo para as precipitações.

Os VCANS, por sua vez, contribuem para a ocorrência de chuvas intensas, especialmente nas bandas de nebulosidade na periferia do sistema, entretanto, em seu centro, o movimento subsidente do ar inibe a formação de nuvens, provocando estiagem. Seus efeitos são observados predominantemente entre dezembro e março, com máxima frequência no mês de janeiro.

Por fim, o ASAS age na área de influência impedindo a formação de nuvens pela sua influência na subsidência do ar, com reflexo nos baixos índices pluviométricos, especialmente nos meses de julho/agosto.

2.2.2.1.4 - Sistemas Atmosféricos de Mesoescala

2.2.2.1.4.1 - Linhas de Instabilidade

As Linhas de Instabilidade (LIs) são, normalmente, formadas pelo encontro de uma massa de ar úmido vindo do oceano, com uma massa de ar seco do continente (SANT'ANNA NETO, 2005). A área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II caracteriza-se por ser uma região majoritariamente litorânea, sendo influenciada pelos sistemas de brisas, que podem ser marítimas ou terrestres. As brisas constituem importante fator na ocorrência de precipitação e de convergência de umidade em regiões litorâneas (BERNARDET, 1992) e ocorrem pela diferença de temperatura entre a superfície do mar e do continente.

De acordo com CAMPOS e STUDART (2003):

“As brisas marítimas e terrestres são circulações locais que ocorrem em resposta ao gradiente horizontal de pressão que, por sua vez, é provocado pelo contraste de temperatura diário entre oceano e continente” (Chandler, 1972 e Hawkins, 1977 apud Campos e Studart 2003).

Uma das principais características dessa brisa marítima é a formação de uma linha de nuvens pesadas ao longo do extremo norte-nordeste da América do Sul. Essa linha de nuvens constituída por nuvens do tipo *Cumulonimbus*, pode se propagar como uma Linha de Instabilidade, ocasionando chuvas na região Nordeste.

Segundo CAMPOS e STUDART (2003), o desenvolvimento dessa linha de nuvens ao longo da costa sofre variação sazonal tanto na localização como na frequência. Também são comuns variações da intensidade no decorrer do ano.

As Linhas de Instabilidade ocorrem com maior frequência ao norte do equador, no entanto, as mais intensas ocorrem, em geral, ao sul do equador durante verão e outono, na maior parte das vezes associadas à intensa atividade convectiva da ZCIT.

De acordo com CAMPOS e STUDART (2003):

“Nos meses em que não há desenvolvimento da linha convectiva na costa Norte-Nordeste do Brasil, a ZCIT está deslocada para a sua posição mais ao norte ou há forte convergência na parte oeste do continente produzindo movimento subsidente e ausência de precipitação na costa Norte-Nordeste do Brasil”.

Mesmo com o desenvolvimento das Linhas de Instabilidade associadas à brisa marítima sendo diretamente dependente da localização e da intensidade dos sistemas sinóticos, a atividade convectiva ligada aos mesmos pode, em alguns casos isolados, formar-se isoladamente sob influência apenas da diferença de aquecimento superficial diurno (CAMPOS e STUDART, 2003).

A Figura 2.2.2.1-11 mostra a Imagem do satélite METEOSAT-7 ressaltando uma linha de nuvens pesadas, caracterizando uma Linha de Instabilidade sobre o Nordeste Brasileiro, onde está inserida a área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II.



Fonte: FUNCEME, 2014.

Figura 2.2.2.1-11 - Linha de Instabilidade atuando sobre o Nordeste Brasileiro.

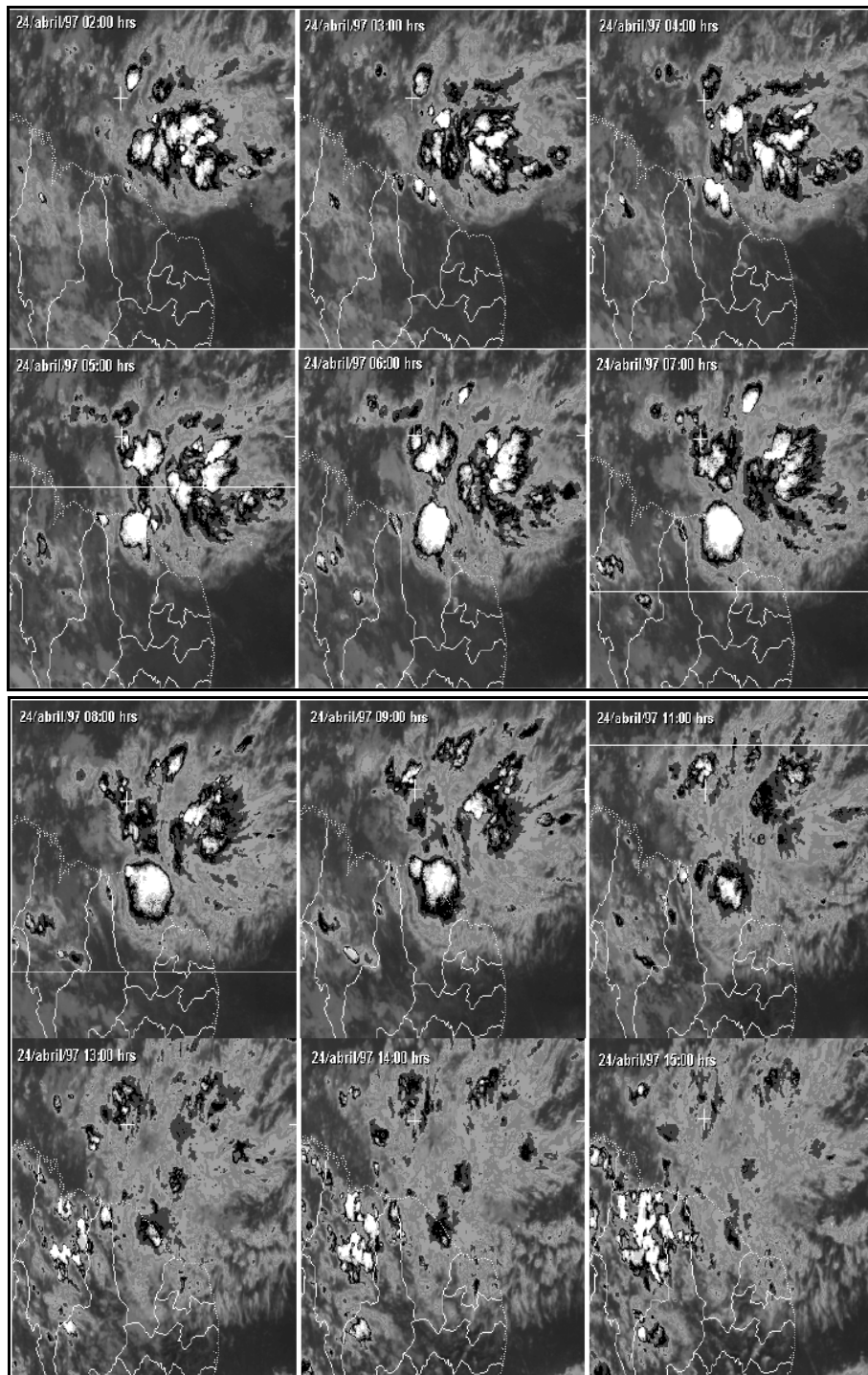
As Linhas de Instabilidade são, normalmente, formadas pelo encontro de uma massa de ar úmido vindo do oceano, com uma massa de ar seco do continente (SANT'ANNA NETO, 2005). Geralmente, as Linhas de Instabilidade antecedem a passagem de uma frente fria, e estão associadas a fortes pancadas de chuva, granizo, descargas elétricas ou trovoadas (CPTEC, 2010).

As LITs provocam precipitações na região da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II, principalmente na região próxima ao litoral, sendo mais comum no período de verão quando é maior o índice de chuvas, podendo ocorrer também, com menor frequência, no inverno.

2.2.2.1.4.2 - Complexos Convectivos de Mesoescala

De acordo com SOUZA e ALVES (1998), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são caracterizados como um aglomerado de nuvens frias e espessas, com formato circular e crescimento vertical explosivo num intervalo de tempo entre 6 a 12 horas. Frequentemente os Complexos Convectivos de Mesoescala associam-se com eventos de precipitação intensa, acompanhados de fortes rajadas de vento.

De acordo com SOUZA e ALVES (1998), observa-se a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala no Nordeste brasileiro associados à ocorrência de pancadas de chuva isolada. A formação do CCM pode ser diretamente observada na **Figura 2.2.2.1-12**.



Fonte: SOUZA e ALVES (1998).

Figura 2.2.2.1-12 - Sequência horária das imagens do satélite Meteosat-6, no canal infravermelho, setorizadas para a região do Nordeste brasileiro e realçadas para visualizar as células convectivas profundas (cumulonimbus), durante o dia 24/04/97.

2.2.2.1.4.3 - Ondas de Leste

Segundo ALVES *et al.* (2006), os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), também conhecidos como ondas de leste (*easterly waves*), são sistemas de grande escala que atuam sobre a costa norte e nordeste da América do Sul. Ainda de acordo com ALVES *et al.* (2006), as principais características dos DOL são:

- período predominante de 3-5 dias;
- velocidade de propagação em torno 10 m.s^{-1} ;
- comprimento de onda de cerca de 4.000 km.

Ondas de leste podem ser caracterizadas como ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil.

Segundo Nimer (1979) e Silva (2007), elas ocorrem com mais frequência durante os meses de outono e inverno (de maio a agosto), tornando-se menos comuns durante as outras estações.

A Figura 2.2.2.1-13, mostra uma imagem do Satélite Meteosat-7 com nebulosidade que está se deslocando desde a costa da África até o litoral leste do Brasil.



Fonte: FUNCEME (2014).

Figura 2.2.2.1-13 - Nebulosidade associada às Ondas de Leste.

2.2.2.1.4.4 - Oscilação 30 - 60 dias

De acordo com NASCIMENTO e BRITO (2002), as principais características observacionais da oscilação de 30-60 dias (Oscilação de Madden e Julian) são as seguintes:

- a) caracterizada por anomalias, em escala global, nos campos de vento e convecção tropicais, inclusive com uma modelação nas atividades de monções dos Hemisférios Norte e Sul;*
- b) apresenta uma periodicidade que pode variar de 30 a 60 dias;*
- c) as anomalias de convecção e de circulação associadas com a Oscilação de Madden e Julian tendem a se propagar para leste com o tempo;*
- d) nos trópicos, as anomalias do vento zonal na baixa e alta troposfera estão fora de fase na escala de tempo de 30-60 dias;*
- e) a oscilação não apresenta variação sazonal sistemática, em amplitude e periodicidade, mas apresenta sazonalidade nas regiões de máxima variabilidade de radiação de onda longa emitida para o espaço e na resposta extratropical;*
- f) há evidências de uma associação entre flutuações na convecção tropical e anomalias da circulação em latitudes médias na escala de tempo de 30-60 dias;*
- g) oscilações atmosféricas intrasazonais, caracterizadas por propagação para leste das anomalias do vento tropical de grande escala, foram observadas nos modelos de circulação geral.*

Sinais da Oscilação de Madden e Julian também foram relacionados com as anomalias de precipitação, radiação de onda longa emitida para o espaço e circulação troposférica superior, durante o verão, sobre a América do Sul, inclusive o Nordeste do Brasil (Kayano et al., 1990).

Portanto, a Oscilação de Madden e Julian está relacionada, de modo geral, com anomalias da circulação atmosférica e convecção tropical que se propagam para leste, na região equatorial, ao redor do globo com uma periodicidade entre 30 e 60 dias.

Logo, conclui-se que a Oscilação de Madden e Julian é um Sistema Atmosférico determinado por uma onda de pressão que se desloca de oeste para leste contornando o globo terrestre num período entre 30 a 60 dias. Durante o seu deslocamento, esse Sistema Atmosférico pode favorecer ou inibir a chuva, dependendo de sua fase, quando perpassa a região nordeste brasileira, onde está inserida a área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II.

2.2.2.1.5 - Eventos Extremos

Os eventos extremos que podem ocorrer na área de influência da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II, de uma maneira geral, estão associados aos fenômenos *La Niña* e *El Niño*/Oscilação Sul. O *El Niño* é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais do Pacífico Equatorial. Em ano com ocorrência de *El Niño* o período de estiagem é longo, e, conjugado às deficiências de chuvas, a vazão dos rios é diminuída (OLIVEIRA, 2001). Este período de estiagem prolongado pode, ainda, deflagrar a ocorrência de queimadas que são capazes de provocar a interrupção da transmissão de energia elétrica.

O *La Niña*, fenômeno oposto ao *El Niño*, é o fenômeno que causa resfriamento anômalo da temperatura da superfície do mar (TSM) do Pacífico Tropical. Os efeitos do *La Niña* são acompanhados, normalmente, por chuvas acima do normal. Cada um desses fenômenos será mais detalhado a seguir:

2.2.2.1.5.1 - La Niña

Este fenômeno corresponde ao resfriamento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Este fenômeno é natural que tem como consequência direta fortes mudanças na dinâmica geral da atmosfera, alterando assim o comportamento climático. Em função dessas alterações, os ventos alísios ficam mais intensos e as águas mais frias, situações que caracterizam o fenômeno. As alterações estendem-se numa faixa de largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador desde a costa peruana até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central (CPTEC, 2012).

Em geral um episódio de *La Niña* se inicia e atinge a intensidade máxima no mesmo ano em que se iniciou, vindo a dissipar-se no final do ano seguinte. Essa é a evolução geral, no entanto, esse fenômeno pode durar até dois anos (CPTEC, 2012).

Os episódios de *La Niña* acabam contribuindo para a chegada de frentes frias ao nordeste brasileiro, favorecendo a ocorrência de chuvas acima da média sobre o semiárido nordestino

quando associado ao Dipolo Térmico do Atlântico favorável, ou seja, com temperatura da superfície do mar acima da média no Atlântico Tropical Sul e abaixo da média no Atlântico Tropical Norte (CPTEC, 2012).

Durante os episódios de *La Niña*, os ventos alísios são mais intensos que a média. O Índice de Oscilação Sul (o indicador atmosférico que mede a diferença de pressão atmosférica na superfície, entre o Pacífico Ocidental e o Pacífico Oriental) apresenta valores positivos, os quais indicam a intensificação da pressão no Pacífico Central e Oriental, em relação à pressão no Pacífico Ocidental (CPTEC, 2012).

Ao analisar os eventos passados do *La Niña* levando em consideração características de tempo e clima, pode-se constatar que este tem mais variabilidade, contrastando com o *El Niño* que apresenta uma maior consistência. De acordo com o CPTEC (2012), o principal efeito de episódios do *La Niña* observado na área de influência do empreendimento é:

- Possibilidade de chuvas acima da média sobre a região semiárida do Nordeste do Brasil. Essas chuvas só ocorrem se, simultaneamente ao *La Niña*, as condições atmosféricas e oceânicas sobre o Oceano Atlântico mostrarem-se favoráveis, isto é, com temperatura da superfície do mar acima da média no Atlântico Tropical Sul e abaixo da média no Atlântico Tropical Norte.

No Quadro 2.2.2.1-2 é possível observar os anos de ocorrência de *La Niña*.

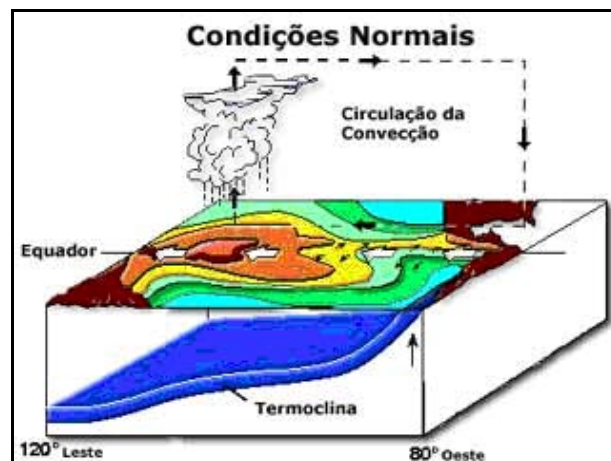
Quadro 2.2.2.1-2 - Anos de ocorrência do *La Niña*.

Anos de ocorrência	Intensidade
1886	Forte
1903 - 1904	Forte
1906 - 1908	Forte
1909 - 1910	Forte
1916 - 1918	Forte
1924 - 1925	Moderada
1928 - 1929	Forte
1938 - 1939	Forte
1949 - 1951	Forte
1954 - 1956	Forte
1964 - 1965	Moderada
1970 - 1971	Moderada
1973 - 1976	Forte
1983 - 1984	Fraco
1984 - 1985	Fraco
1988 - 1989	Forte

Anos de ocorrência	Intensidade
1995 - 1996	Fraco
1998 - 2001	Moderada
2007 - 2008	Forte

Fonte: CPTEC, 2012.

A Figura 2.2.2.1-14 mostra o comportamento dos ventos sobre o Pacífico Tropical em anos considerados normais. Nos anos sem a ocorrência de *La Niña*, pode-se ver a região com águas mais quentes representada pelas cores avermelhadas e mais frias pelas cores azuladas. Pode-se ver também a inclinação da termoclina, mais rasa junto à costa oeste da América do Sul e mais profunda no Pacífico Ocidental.



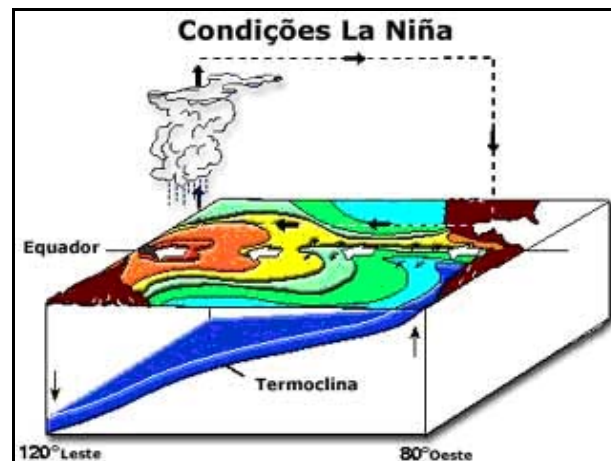
Fonte: CPTEC (2012).

Figura 2.2.2.1-14 - Circulação observada no oceano Pacífico equatorial em anos normais.

A Figura 2.2.2.1-15, por sua vez, mostra que em anos de ocorrência de *La Niña*, de acordo com o CPTEC (2012):

“Com os ventos alísios mais intensos, mais águas irão ficar “represadas” no Pacífico Equatorial Oeste e o desnível entre o Pacífico Ocidental e Oriental irá aumentar. Com os ventos mais intensos a ressurgência (que faz com que as águas das camadas inferiores do Oceano, junto à costa oeste da América do Sul aflorem, trazendo nutrientes e que por isso, é uma das regiões mais piscosas do mundo) também irá aumentar no Pacífico Equatorial Oriental e, portanto, virão mais nutrientes das profundezas para a superfície do Oceano, aumentando então, a chamada

ressurgência no lado Leste do Pacífico Equatorial. Por outro lado, devido a maior intensidade dos ventos alísios as águas mais quentes irão ficar represadas mais a oeste do que o normal e, portanto, novamente teríamos aquela velha história: águas mais quentes geram evaporação e conseqüentemente movimentos ascendentes, que por sua vez geram nuvens de chuva e que geram a célula de Walker, que em anos de La Niña fica mais alongada que o normal. A região com grande quantidade de chuvas é do nordeste do Oceano Índico à oeste do Oceano Pacífico passando pela Indonésia, e a região com movimentos descendentes da célula de Walker é no Pacífico Equatorial Central e Oriental. É importante ressaltar que tais movimentos descendentes da célula de Walker no Pacífico Equatorial Oriental ficam mais intensos que o normal o que inibe, e muito, a formação de nuvens de chuva.”



Fonte: CPTEC (2012).

Figura 2.2.2.1-15 - Padrão de circulação observada em anos de La Niña na Região Equatorial do Oceano Pacífico.

2.2.2.1.5.2 - El Niño/ Oscilação Sul

De acordo com OLIVEIRA (2001), o *El Niño* constitui-se do aquecimento anômalo das águas superficiais do setor centro-leste do Oceano Pacífico, predominantemente na sua faixa equatorial. O *El Niño* também pode ser caracterizado por variações na atmosfera sobre a região de águas anormalmente aquecidas, ocorrendo em intervalos de 4 anos com duração de 6 a 15 meses. Este fenômeno oceânico-atmosférico afeta o clima regional e global, uma vez que ele muda a circulação geral da atmosfera, estando relacionado aos anos considerados secos ou muito secos.

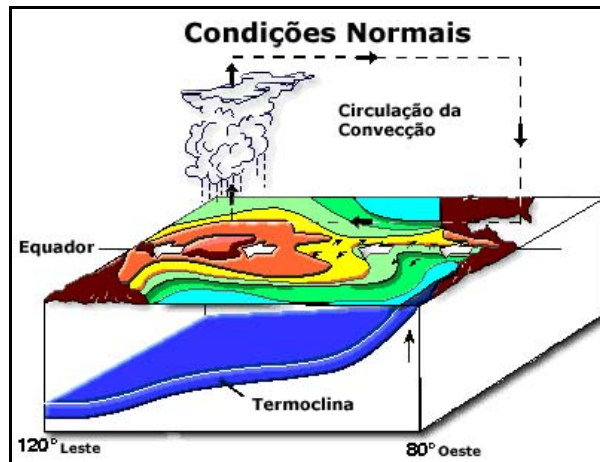
A Oscilação Sul, por sua vez, atua como um balanço atmosférico de massa de grande escala, balanço este que envolve trocas de ar entre os hemisférios leste e oeste, centradas nas latitudes tropicais e subtropicais (FUNCEME, 2005).

O *El Niño* é formado da seguinte maneira: em condições normais, os ventos Alísios sopram em direção à costa da Austrália e Indonésia, transportando as águas superficiais mais aquecidas do oceano Pacífico para essa direção. Com isso, as águas mais profundas e frias afloram na costa oeste da América do Sul, causando o fenômeno de ressurgência. O litoral do Peru é muito influenciado por essa ressurgência, e tem uma atividade pesqueira beneficiada por isso. O acúmulo de águas mais quentes próximo à costa leste da Oceania forma um Centro de Baixa Pressão, induzindo uma circulação conhecida como Célula de Walker. Nessa região ocorre formação de grandes nuvens e fortes chuvas, enquanto a circulação flui em direção a costa oeste da América do Sul, mais seca. Quando ocorre o *El Niño*, os ventos Alísios diminuem sua intensidade, ocorrendo o acúmulo das águas superficiais mais aquecidas no Pacífico central. Ocorre, portanto, diminuição das chuvas na Austrália e Indonésia. A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) torna-se mais quente em grande extensão do Oceano Pacífico Central e próximo à costa oeste da América do Sul. Com o aquecimento na parte central do oceano Pacífico, ocorre o deslocamento da Célula de Walker para essa região, mudando o padrão de circulação (CPTEC, 2012).

De acordo com o CPTEC (2012), os principais efeitos de episódios do *El Niño* observados na área de influência do empreendimento são:

- A célula de Walker (circulação atmosférica sentido oeste-leste) modifica-se totalmente ocasionando ar descendente sobre a Amazônia e Nordeste do Brasil (Figura 2.2.2.1-16);
- Sobre o Atlântico equatorial, incluindo o leste da Amazônia e Semiárido Nordeste, nota-se predominância de um ramo de ar descendente inibindo a formação de nuvens.

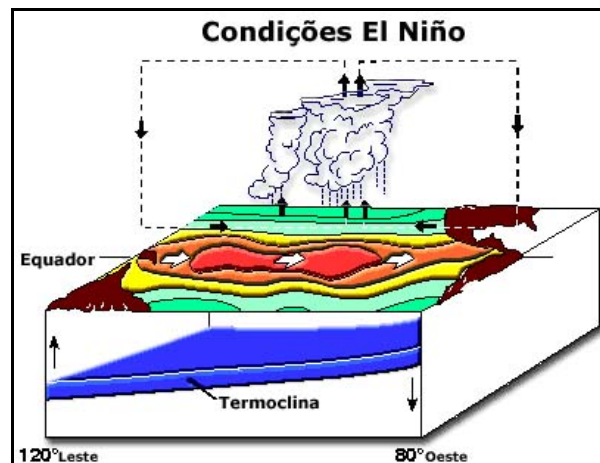
A Figura 2.2.2.1-16 mostra o comportamento dos ventos sobre o Pacífico tropical em anos considerados normais. Nos anos em que não ocorre o *El Niño* é possível observar a presença de águas mais quentes representadas pelas cores avermelhadas e mais frias pelas cores azuladas no Oceano Pacífico. Pode-se observar também a inclinação da termoclina, mais rasa, junto à costa oeste da América do Sul e mais profunda no Pacífico Oriental.



Fonte: CPTEC (2012).

Figura 2.2.2.1-16 - Circulação observada no oceano Pacífico equatorial em anos normais.

Nos anos em que ocorre o *El Niño*, o comportamento dos ventos alísios se modifica, ficando esses enfraquecidos. O enfraquecimento dos ventos alísios acaba por acumular águas mais quentes no setor centro-leste do Pacífico gerando aumento dos movimentos ascendentes do ar e, como consequência, maior formação de nuvens e chuva sobre a região (CPTEC, 2012). A Figura 2.2.2.1-17 mostra o comportamento dos ventos sobre o Pacífico tropical em anos com ocorrência de *El Niño*.



Fonte: CPTEC (2012).

Figura 2.2.2.1-17 - Padrão de circulação observada em anos de El Niño na região equatorial do oceano Pacífico.

Em anos de ocorrência de *El Niño*, os ventos em superfície, em alguns casos, chegam a mudar de sentido. Podem ser observadas águas quentes em praticamente toda extensão do Oceano Pacífico. A termoclina fica mais aprofundada junto à costa oeste da América do Sul, principalmente, devido ao enfraquecimento dos ventos alísios (CPTEC, 2012).

O Quadro 2.2.2.1-3 apresenta os anos de ocorrência e a intensidade de ocorrência do *El Niño*.

Quadro 2.2.2.1-3 - Anos de ocorrência e intensidade do *El Niño*.

Anos de ocorrência	Intensidade
1877 - 1878	Forte
1899	Forte
1923	Moderada
1932	Moderada
1951	Fraco
1953	Fraco
1963	Fraco
1888 - 1889	Moderada
1896 - 1897	Forte
1902 - 1903	Forte
1905 - 1906	Forte
1911 - 1912	Forte
1913 - 1914	Moderada
1918 - 1919	Forte
1925 - 1926	Forte
1939 - 1941	Forte
1946 - 1947	Moderada
1957 - 1959	Forte
1965 - 1966	Moderada
1968 - 1970	Moderada
1972 - 1973	Forte
1976 - 1977	Fraco
1977 - 1978	Fraco
1979 - 1980	Fraco
1982 - 1983	Forte
1986 - 1988	Moderada
1990 - 1993	Forte
1994 - 1995	Moderada
1997 - 1998	Forte
2002 - 2003	Moderada
2004 - 2005	Fraco
2006 - 2007	Fraco
2009 - 2010	Fraco

Fonte: CPTEC, 2012.

2.2.2.1.6 - Parâmetros Meteorológicos

Os parâmetros meteorológicos abordados no presente estudo foram: precipitação pluviométrica média, temperatura (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar, ventos (direção e velocidade) pressão atmosférica, insolação e nível ceráunico.

Em relação às linhas de transmissão, os parâmetros de maior impacto na operação de uma linha são a umidade local, a temperatura e a ação dos ventos. A conjunção desses fatores sobre outros parâmetros eleva a probabilidade da linha sofrer desligamentos por *flashover* (CUNHA, 2010).

Para a presente análise acerca dos parâmetros meteorológicos supracitados foram utilizados os dados das normais climatológicas do INMET (1961-1990), conforme solicitado pelo termo de referência do empreendimento, relativos às estações meteorológicas de Guramiranga, Fortaleza, Sobral, Acaraú, Parnaíba, Chapadinha e São Luís. O Quadro 2.2.2.1-4 apresenta os parâmetros obtidos das normais climatológicas do INMET, por estação consultada.

Quadro 2.2.2.1-4 - Parâmetros obtidos por estação consultada.

Estação/Código	Precipitação Pluviométrica	Temperatura			Umidade Relativa do Ar	Ventos (Direção e Velocidade)	Radiação Solar e Insolação	Pressão Atmosférica
		Mín.	Méd.	Máx.				
Guraramiranga/82487	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Fortaleza/82397	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sobral/82392	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Acaraú/82294	Sim	Sim	-	Sim	-	-	Sim	-
Parnaíba/82287	Sim	Sim	-	Sim	-	-	Sim	-
Chapadinha/82382	Sim	Sim	-	Sim	-	-	Sim	-
São Luís/82280	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: INMET (2009). Legenda: (Sim) Estações com dados consistentes. (-) estações em que os dados apresentaram inconsistência.

2.2.2.1.6.1 - Precipitação Pluviométrica

As normais climatológicas de precipitação média anual nas estações adotadas nos mostram que há uma sazonalidade marcada por um período seco e um período mais úmido. Conforme é possível observar no Quadro 2.2.2.1-4 e na Figura 2.2.2.1-18, os meses que apresentam as maiores precipitações médias variam entre janeiro e junho, com a ocorrência de pico chuvoso nos meses de março para as estações de Guramiranga (298,2 mm), Sobral (253,5 mm), Acaraú

(434,9 mm) e Chapadinha (346,0 mm) e abril para as estações de Fortaleza (356,1 mm), Parnaíba (405,7 mm) e São Luís (475,9 mm). A Figura 2.2.2.1-19, por sua vez, apresenta a precipitação média anual das estações avaliadas.

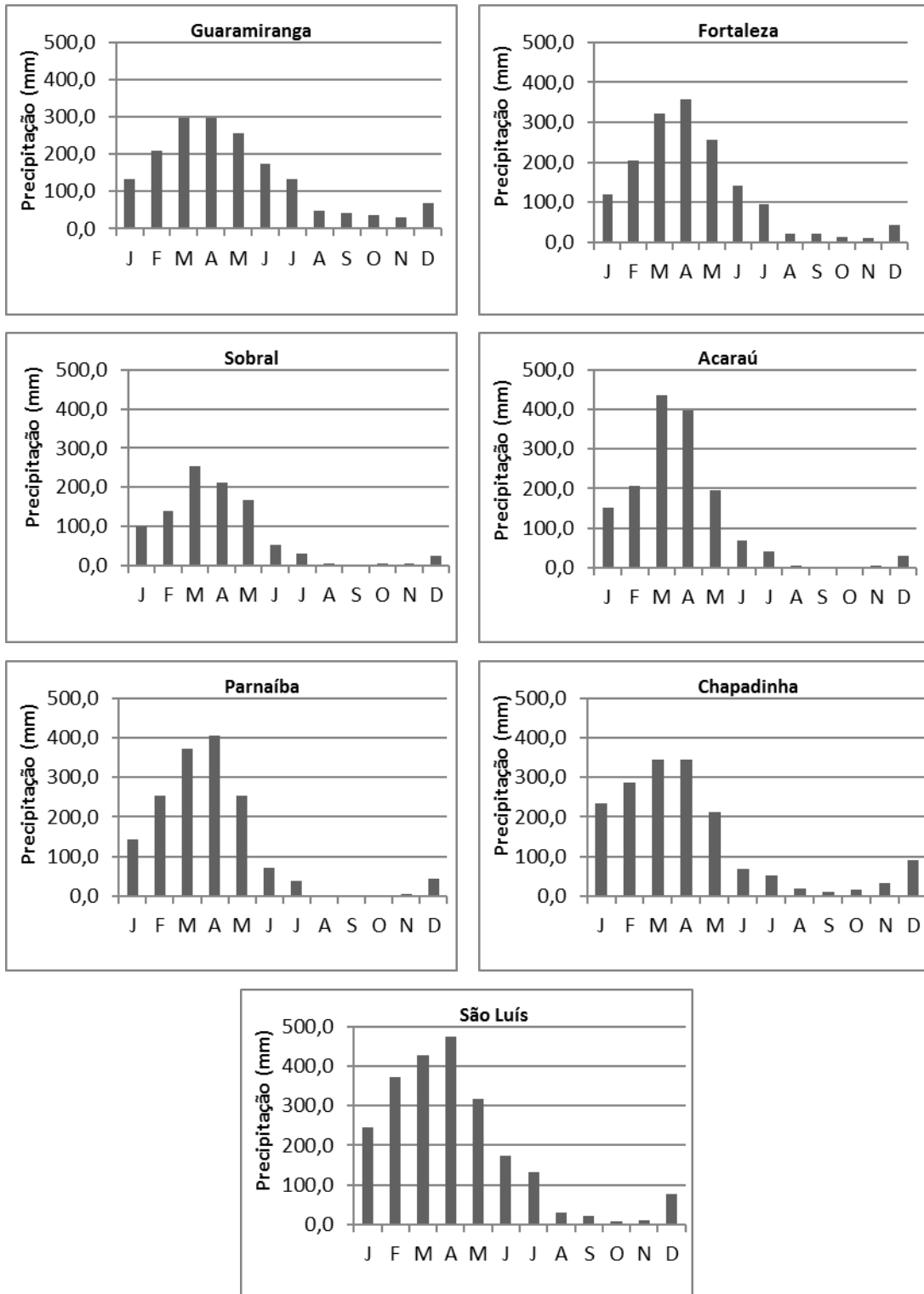
O período seco, por sua vez, ocorre entre os meses de julho e dezembro, onde é possível observar que os índices pluviométricos ficam bem menores, chegando a apenas 2,3 mm no mês de setembro para a estação de Sobral, 3,6 mm nos meses de setembro e outubro na estação de Acaraú, 1,1 mm no mês de agosto para a estação de Parnaíba e 7,6 mm em outubro na estação de São Luís.

A maior precipitação média anual observada na área de influência ocorre na estação de São Luís, que registra 2290,0 mm anuais de chuva, seguida das estações de Guaramiranga (1726,8 mm), Chapadinha (1716,9 mm), Fortaleza (1608,4 mm), Parnaíba (1596,4 mm), Acaraú (1545,2 mm) e Sobral, onde a precipitação média anual é de apenas 995,6 mm.

Quadro 2.2.2.1-5 - Dados de precipitação média acumulada mensal (mm) nas Estações Meteorológicas avaliadas.

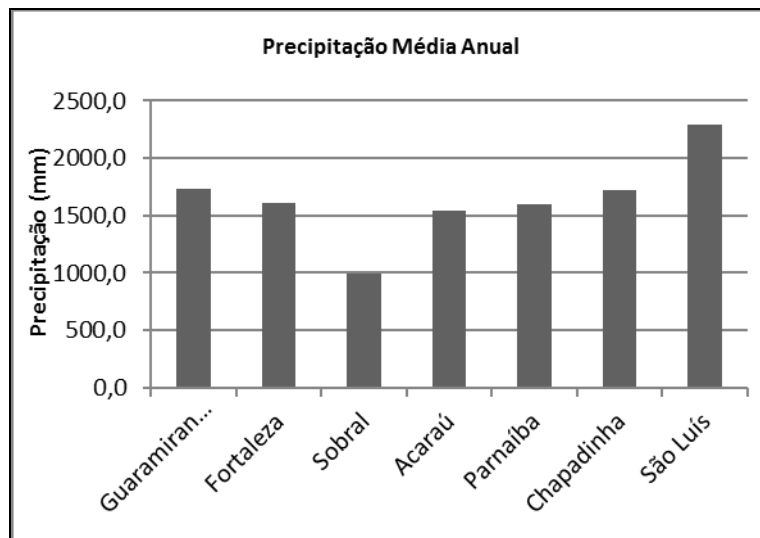
Mês	Guaramiranga	Fortaleza	Sobral	Acaraú	Parnaíba	Chapadinha	São Luís
Jan	132,5	119,1	100,3	152,3	142,5	235,5	244,2
Fev	209,2	204,6	138,6	207,2	254,8	287,7	373,0
Mar	298,2	323,1	253,5	434,9	371,1	346,0	428,0
Abr	297,1	356,1	210,9	397,8	405,7	344,8	475,9
Mai	255,7	255,6	168,0	194,5	255,1	211,3	316,5
Jun	174,5	141,8	52,1	68,3	72,8	69,0	173,3
Jul	134,5	94,7	31,8	42,4	37,4	51,5	131,1
Ago	48,8	21,8	4,7	6,0	1,1	18,6	29,4
Set	41,7	22,7	2,3	3,6	3,2	12,1	23,3
Out	37,5	13,0	4,5	3,6	3,4	15,8	7,6
Nov	29,5	11,8	4,7	4,1	5,6	33,1	10,5
Dez	67,6	44,1	24,2	30,6	43,7	91,5	77,4
Anual	1726,8	1608,4	995,6	1545,2	1596,4	1716,9	2290,0

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-18 - Gráficos da precipitação média mensal nas Estações Meteorológicas avaliadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-19 - Gráfico da precipitação média anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.

2.2.2.1.6.2 - Temperatura Média, Mínima e Máxima

De acordo com os dados da normal climatológica do INMET (Quadro 2.2.2.1-6), a maior temperatura média anual observada na área de influência ocorre na estação de Sobral (28,1 °C), nos meses de novembro e dezembro. De maneira geral, o regime térmico da região é composto por temperaturas com valores médios variando entre 26,9 °C, em Sobral, e 26,1 °C, em São Luís. A exceção se dá à estação de Guaramiranga, que registra uma temperatura média anual de 20,5 °C, a menor da área de influência.

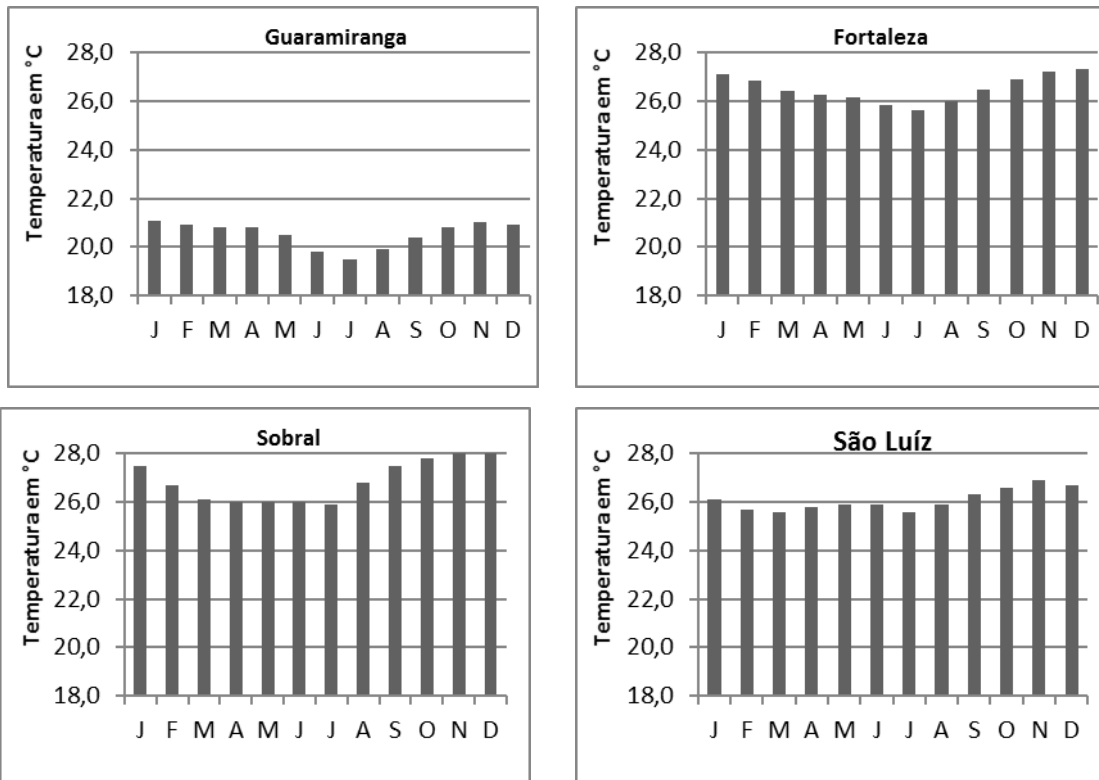
Para linhas de transmissão, temperaturas mais altas provocam um prolongamento da catenária dos condutores de fase e pára-raios, o que acarreta numa diminuição da altura da linha em relação ao solo. O aumento da temperatura também influencia na taxa de evaporação e de umidade, tendo como consequência a elevação da condutividade.

Ao fazer uma análise individual das estações por meio da Figura 2.2.2.1-20 pode-se concluir que as temperaturas se mostram relativamente estáveis ao longo da diretriz da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II, com amplitude térmica oscilando em torno de 3 °C ao longo do ano. Esse fato se deve à influência do oceano nessa região, que minimiza a amplitude térmica anual. A Figura 2.2.2.1-21 apresenta a temperatura média anual nas estações analisadas.

Quadro 2.2.2.1-6 - Dados de temperatura média (°C) nas Estações Meteorológicas avaliadas

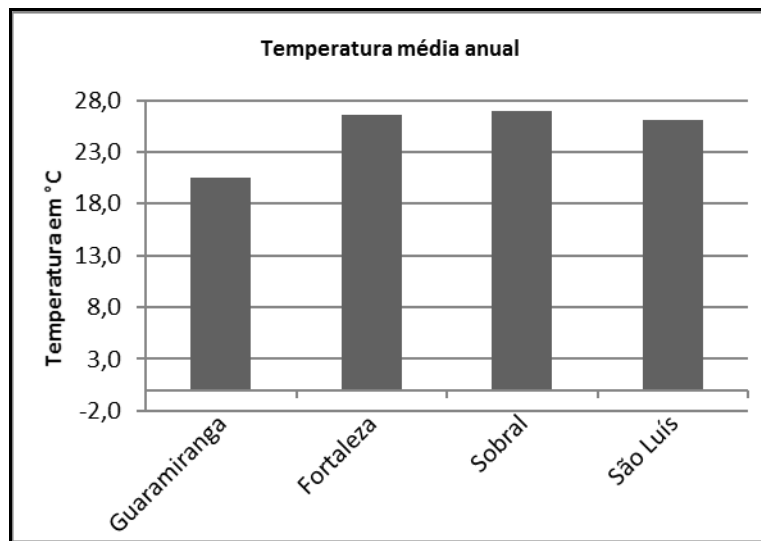
Mês	Guaramiranga	Fortaleza	Sobral	São Luís
Jan	21,1	27,1	27,5	26,1
Fev	20,9	26,9	26,7	25,7
Mar	20,8	26,4	26,1	25,6
Abr	20,8	26,2	26,0	25,8
Mai	20,5	26,2	26,0	25,9
Jun	19,8	25,8	26,0	25,9
Jul	19,5	25,6	25,9	25,6
Ago	19,9	26,0	26,8	25,9
Set	20,4	26,4	27,5	26,3
Out	20,8	26,9	27,8	26,6
Nov	21,0	27,2	28,1	26,9
Dez	20,9	27,3	28,1	26,7
Anual	20,5	26,6	26,9	26,1

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009. As estações meteorológicas de Acaraú, Chapadinha e Parnaíba não apresentaram dados consistentes para a avaliação deste parâmetro meteorológico.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-20 - Gráficos da temperatura média mensal nas Estações Meteorológicas avaliadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

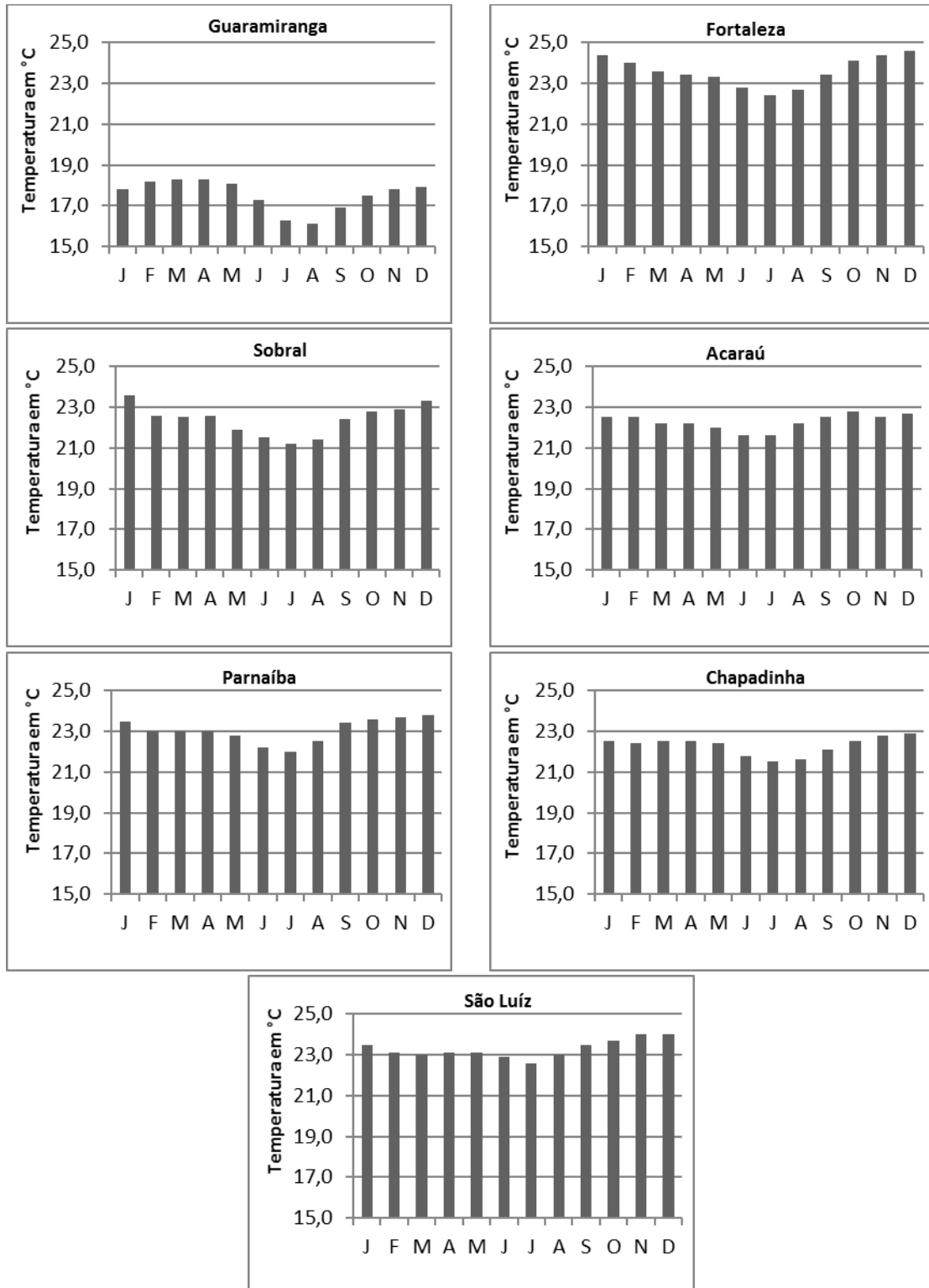
Figura 2.2.2.1-21 - Gráfico da temperatura média anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.

Em relação aos dados das temperaturas médias mínimas, pode-se observar no **Quadro 2.2.2.1-7** e da **Figura 2.2.2.1-22** que a menor temperatura média mínima ocorre na estação de Guaramiranga (16,1°C) e a maior ocorre na estação de Fortaleza (24,4 °C) no mês de janeiro. A **Figura 2.2.2.1-23** ilustra os dados de temperatura média mínima mensal nas estações analisadas.

Quadro 2.2.2.1-7 - Dados de temperatura média mínima mensal (em °C) nas Estações Meteorológicas avaliadas

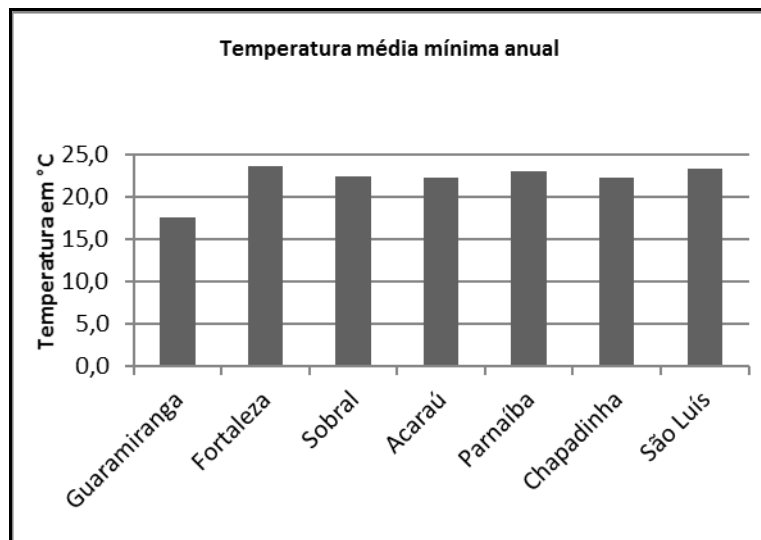
Mês	Guaramiranga	Fortaleza	Sobral	Acaraú	Parnaíba	Chapadinha	São Luís
Jan	17,8	24,4	23,6	22,5	23,5	22,5	23,5
Fev	18,2	24,0	22,6	22,5	23,0	22,4	23,1
Mar	18,3	23,6	22,5	22,2	23,0	22,5	23,0
Abr	18,3	23,4	22,6	22,2	23,0	22,5	23,1
Mai	18,1	23,3	21,9	22,0	22,8	22,4	23,1
Jun	17,3	22,8	21,5	21,6	22,2	21,8	22,9
Jul	16,3	22,4	21,2	21,6	22,0	21,5	22,6
Ago	16,1	22,7	21,4	22,2	22,5	21,6	23,0
Set	16,9	23,4	22,4	22,5	23,4	22,1	23,5
Out	17,5	24,1	22,8	22,8	23,6	22,5	23,7
Nov	17,8	24,4	22,9	22,5	23,7	22,8	24,0
Dez	17,9	24,6	23,3	22,7	23,8	22,9	24,0
Anual	17,5	23,6	22,4	22,3	23,0	22,3	23,3

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-22 - Gráficos da temperatura média mínima mensal nas Estações Meteorológicas avaliadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-23 - Gráfico da temperatura média mínima anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.

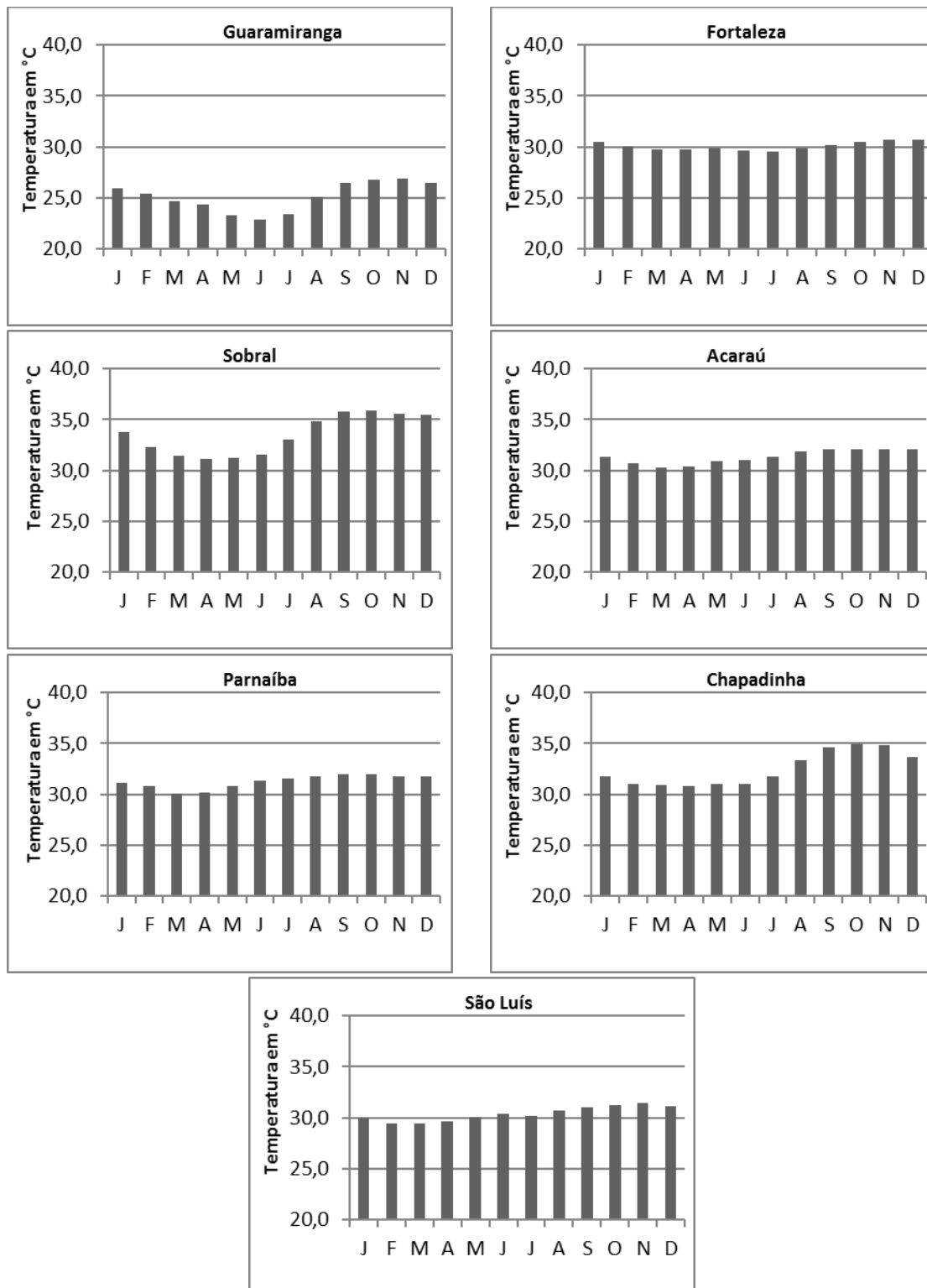
A média máxima mensal de temperatura nas estações utilizadas para a caracterização climatológica do empreendimento varia entre 22,9 °C na estação de Guaramiranga no mês de junho, chegando a 35,9 °C na estação de Sobral no mês de outubro, conforme pode ser visualizado no Quadro 2.2.2.1-8.

Na Figura 2.2.2.1-24 é possível observar que os maiores valores de temperatura média máxima ocorrem nos meses de agosto a janeiro. A maior temperatura média máxima anual registrada é de 33,5 °C na estação de Sobral, que constitui a porção da área de influência com as maiores temperaturas anotadas. A Figura 2.2.2.1-25 ilustra os valores de temperatura média máxima anual para as estações avaliadas.

**Quadro 2.2.2.1-8 - Dados de temperatura média máxima mensal
(em °C) nas Estações Meteorológicas avaliadas**

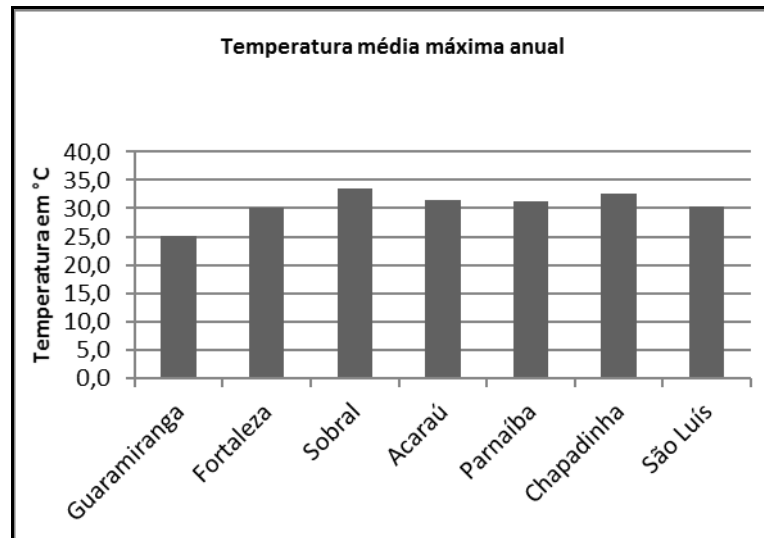
Mês	Guaramiranga	Fortaleza	Sobral	Acaraú	Parnaíba	Chapadinha	São Luís
Jan	25,9	30,5	33,8	31,3	31,1	31,8	30,0
Fev	25,4	30,1	32,3	30,7	30,8	31,0	29,4
Mar	24,7	29,7	31,4	30,3	30,1	30,9	29,4
Abr	24,4	29,7	31,1	30,4	30,2	30,8	29,6
Mai	23,3	29,9	31,2	30,9	30,8	31,0	30,1
Jun	22,9	29,6	31,6	31,0	31,3	31,0	30,4
Jul	23,4	29,5	33,0	31,3	31,5	31,8	30,2
Ago	25,1	29,9	34,8	31,9	31,8	33,3	30,7
Set	26,5	30,2	35,8	32,1	32,0	34,6	31,0
Out	26,8	30,5	35,9	32,1	32,0	34,9	31,2
Nov	26,9	30,7	35,6	32,1	31,8	34,8	31,4
Dez	26,5	30,7	35,5	32,1	31,8	33,7	31,1
Anual	25,2	30,1	33,5	31,4	31,3	32,5	30,4

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-24 - Gráficos das temperaturas médias máximas nas estações estudadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-25 - Gráfico da temperatura média máxima anual nas estações estudadas.

2.2.2.1.6.3 - Umidade Relativa do Ar

O parâmetro de umidade relativa (UR) mede quão próximo o ar está da saturação, e não a quantidade real de vapor d'água no ar, sendo a razão entre o conteúdo real de vapor d'água (e) e o conteúdo necessário para saturar (es) multiplicada por 100, que corresponde a porcentagem, conforme apresentado a seguir:

$$UR = \frac{e}{es} \times 100$$

A umidade absoluta (UA) do ar, quantidade real de vapor d'água no ar, é definida como a massa de vapor d'água (mv), por unidade de volume (V) em m³:

$$UA = \frac{mv}{V}$$

É difícil medir diretamente a UA e, por isso, usualmente, mede-se a UR. O aumento ou redução da UR não quer dizer que ocorreu mudança na concentração de vapor d'água no ar, pois a alteração na UR pode vir da alteração da temperatura ambiente, uma vez que a umidade relativa do ar é inversamente proporcional à temperatura do ar. Vale ressaltar que a variação anual da

UR também estará relacionada às condições atmosféricas locais, e fatores como localização das fontes e sumidouros de vapor d'água (VAREJÃO, 2006). É importante perceber que não é apenas a evaporação a responsável pelo teor de umidade relativa do ar.

A umidade relativa do ar, assim como outros parâmetros meteorológicos, pode ser associada aos diferentes tipos de cobertura vegetal, a condições de precipitação, e a condições favoráveis a incêndios florestais em períodos mais secos. A UR é a medida mais utilizada para mensurar a sensação térmica (conforto humano) em dias muito secos ou muito úmidos.

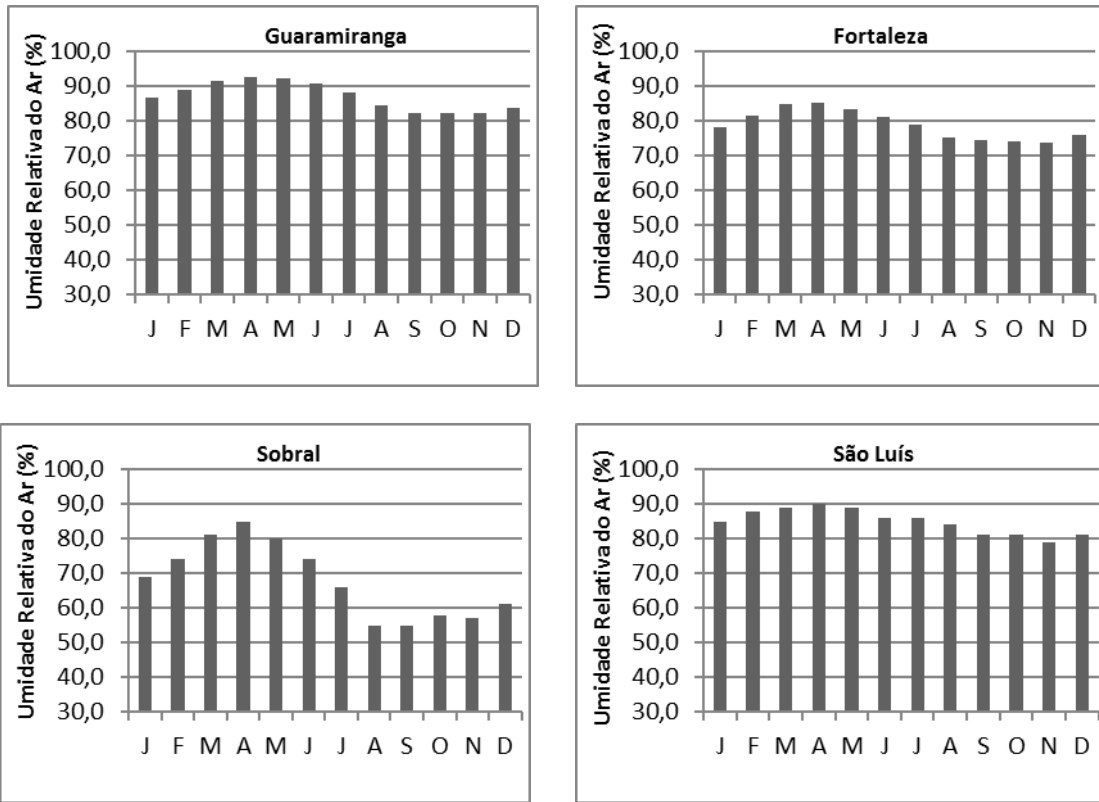
Em relação às linhas de transmissão, é preciso considerar que a rigidez dielétrica do ar é diretamente relacionada ao teor de umidade, que quanto mais elevado pode colaborar na diminuição da tensão de disrupção em superfícies isolantes.

A partir do Quadro 2.2.2.1-9, da Figura 2.2.2.1-26 e da Figura 2.2.2.1-27, para as estações analisadas, é possível observar que a umidade relativa média anual varia entre 67,9 e 87,2%. No verão as médias variam entre 90,0 e 74,0%, já no inverno as médias ficam entre 55,0 e 84,6%. Os meses que apresentam as maiores médias de umidade são fevereiro, março, abril, maio e junho, em Guaramiranga, e a menor média ocorre em agosto e setembro, em Sobral.

Quadro 2.2.2.1-9 - Dados de Umidade Relativa do Ar (%) nas Estações Meteorológicas avaliadas

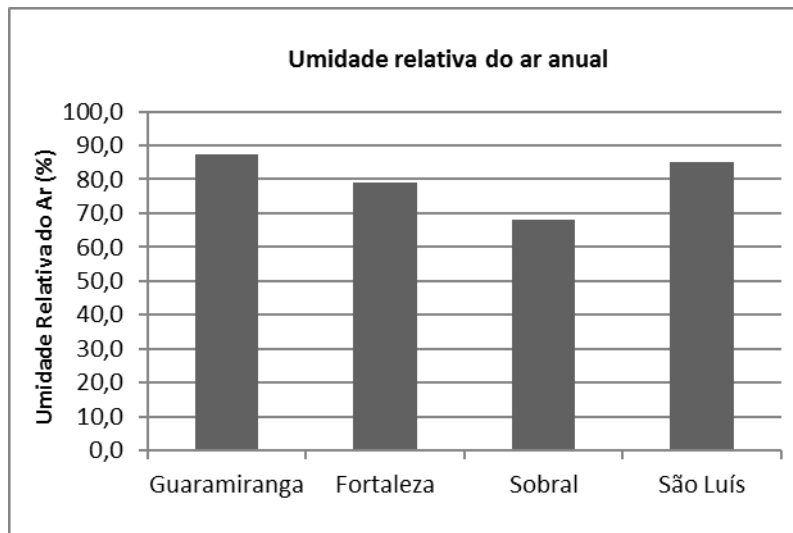
Mês	Guaramiranga	Fortaleza	Sobral	São Luís
Jan	86,7	78,1	69,0	85,0
Fev	89,1	81,4	74,0	88,0
Mar	91,7	84,7	81,0	89,0
Abr	92,5	85,2	85,0	90,0
Mai	92,2	83,6	80,0	89,0
Jun	90,8	81,0	74,0	86,0
Jul	88,2	78,8	66,0	86,0
Ago	84,6	75,3	55,0	84,0
Set	82,4	74,4	55,0	81,0
Out	82,2	74,0	58,0	81,0
Nov	82,4	73,7	57,0	79,0
Dez	83,9	75,9	61,0	81,0
Anual	87,2	78,8	67,9	84,9

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009. As estações meteorológicas de Acaraú, Chapadinha e Parnaíba não apresentaram dados consistentes para a avaliação deste parâmetro meteorológico.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-26 - Gráficos da umidade relativa do ar nas Estações Meteorológicas avaliadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-27 - Gráfico da umidade relativa do ar anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.

2.2.2.1.6.4 - Ventos - Direção e Velocidade

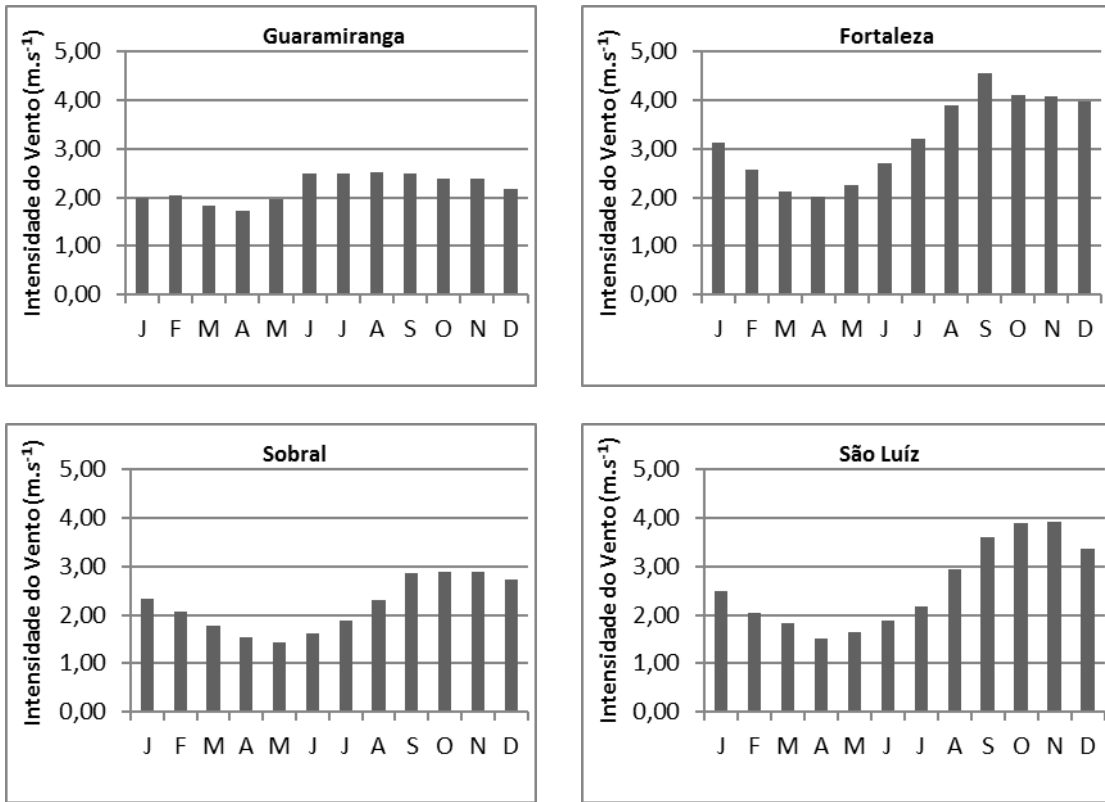
Para linhas de transmissão, a ação do vento pode impactar na diminuição das distâncias entre as fases e, conseqüentemente, na redução das distâncias de isolamento da linha. Da mesma forma, ventos de alta intensidade podem afetar as estruturas das torres, com a possibilidade de interrupção do fornecimento de energia.

A partir dos dados contidos no **Quadro 2.2.2.1-10**, na **Figura 2.2.2.1-28** e na **Figura 2.2.2.1-29**, observa-se que a velocidade média dos ventos, de acordo com a escala Beaufort, pode ser considerada fraca na área de influência, alternando entre brisa leve e brisa fraca. Pode-se observar que os ventos têm intensidades diferentes nas estações, sendo mais fortes em Fortaleza com velocidades médias anuais de 3,21 m/s.

Quadro 2.2.2.1-10 - Intensidade do Vento (m.s⁻¹) nas Estações Meteorológicas avaliadas

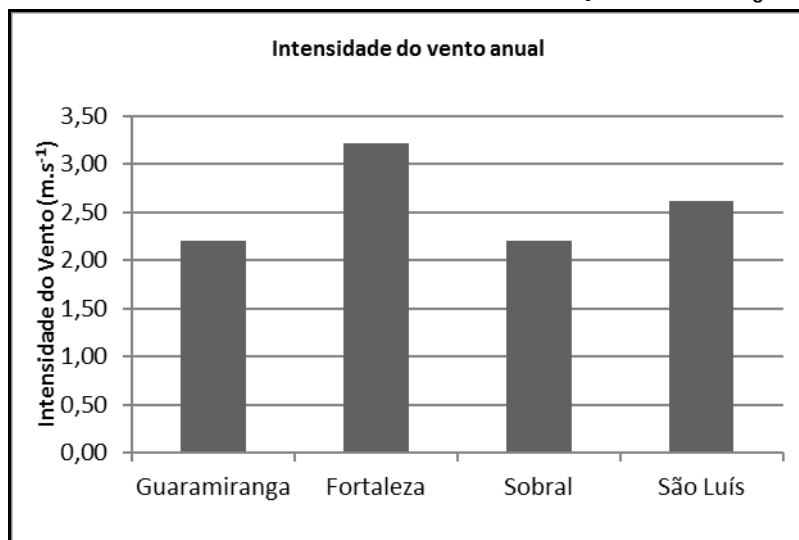
Mês	Guaramiranga	Fortaleza	Sobral	São Luís
Jan	1,98	3,13	2,34	2,49
Fev	2,03	2,58	2,07	2,03
Mar	1,83	2,13	1,78	1,82
Abr	1,73	2,02	1,54	1,51
Mai	1,96	2,25	1,44	1,65
Jun	2,49	2,70	1,62	1,88
Jul	2,48	3,20	1,88	2,18
Ago	2,51	3,89	2,31	2,93
Set	2,48	4,55	2,86	3,61
Out	2,39	4,10	2,88	3,90
Nov	2,39	4,07	2,90	3,93
Dez	2,17	3,96	2,74	3,36
Anual	2,20	3,21	2,20	2,61

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009. As estações meteorológicas de Acaraú, Chapadinha e Parnaíba não apresentaram dados consistentes para a avaliação deste parâmetro meteorológico.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-28 - Gráficos de intensidade do vento nas Estações Meteorológicas avaliadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-29 - Gráfico de intensidade do vento anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.

Com relação à Direção Predominante do Vento, na região do empreendimento, os ventos apresentam-se bastante constantes, com direção predominante nordeste para as estações de Sobral e São Luís, Leste para Fortaleza e calmo para Guaratinga (Quadro 2.2.2.1-11).

Quadro 2.2.2.1-11 - Direção Predominante do Vento (pontos cardeais e colaterais) nas Estações Meteorológicas avaliadas

Mês	Guaratinga	Fortaleza	Sobral	São Luís
Jan	Calmo	E	NE	NE
Fev	Calmo	E	NE	NE
Mar	Calmo	Calmo	NE	NE
Abr	Calmo	Calmo	NE	Calmo
Mai	Calmo	Calmo	NE	Calmo
Jun	SE	E	NE	E
Jul	SE	E	NE	NE
Ago	Calmo	E	NE	NE
Set	Calmo	E	NE	NE
Out	Calmo	E	NE	NE
Nov	Calmo	E	NE	NE
Dez	Calmo	E	NE	NE
Anual	Calmo	E	NE	NE

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009. As estações meteorológicas de Acaraú, Chapadinha e Parnaíba não apresentaram dados consistentes para a avaliação deste parâmetro meteorológico.

2.2.2.1.6.5 - Radiação Solar e Insolação

A radiação solar constitui-se um parâmetro fundamental para a tipologia climática de uma região (PORFIRIO et al., 2011). A insolação é a radiação solar recebida pela Terra, e sua medição representa a quantidade de horas de brilho solar que uma superfície recebeu. Essa energia que a Terra recebe é imprescindível para a ocorrência dos processos termodinâmicos, como o aquecimento e resfriamento de uma parcela de ar. A energia solar tem sido relacionada às fontes de energia limpa, e que pode ser aproveitada em muitos setores energéticos. Para a caracterização climatológica do empreendimento foram contabilizadas quantas horas em média de radiação são recebidas durante cada mês do ano, assim como o total dessas horas ao longo do ano.

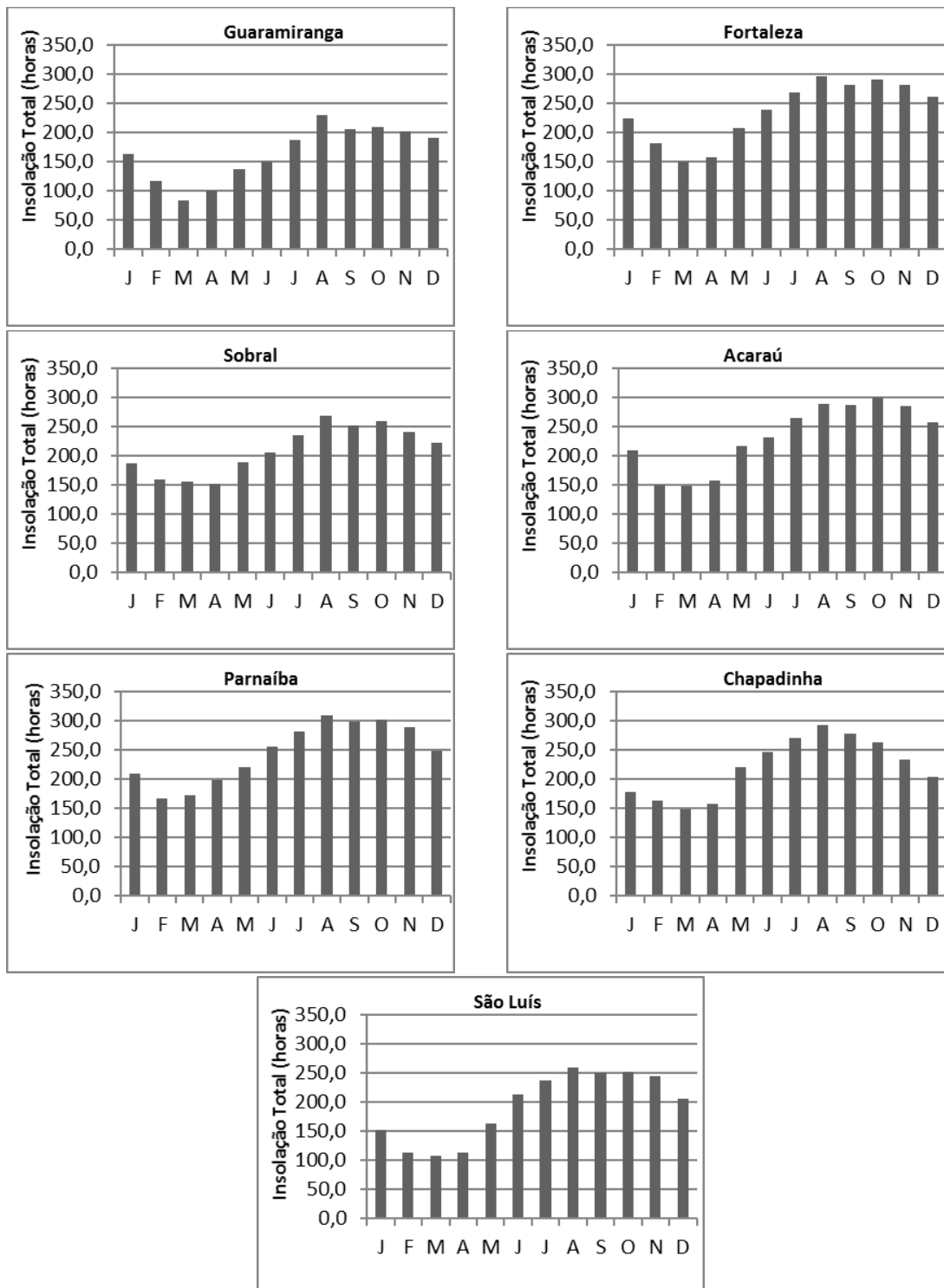
A maior média anual de insolação nas estações analisadas é a de Parnaíba, que registrou 2.956,2 horas por ano de insolação. A menor, por sua vez, foi registrada na estação que Guaramiranga, que possui a média anual de insolação de 1972,5 horas (Quadro 2.2.2.1-12).

Normalmente, o período mais seco e com menor nebulosidade apresenta os maiores índices de insolação, pois as nuvens são como “barreiras” para insolação direta na superfície. Usualmente, nesse período dentro da área de influência ocorrem os menores índices pluviométricos e maiores temperaturas, pois é um período em que a atmosfera encontra-se mais estável, sob influência de Altas Pressões. A distribuição das horas de insolação por mês pode ser observada na **Figura 2.2.2.1-30** e a insolação total anual pode ser visualizada na **Figura 2.2.2.1-31**.

Quadro 2.2.2.1-12 - Insolação Total (horas) nas Estações Meteorológicas avaliadas

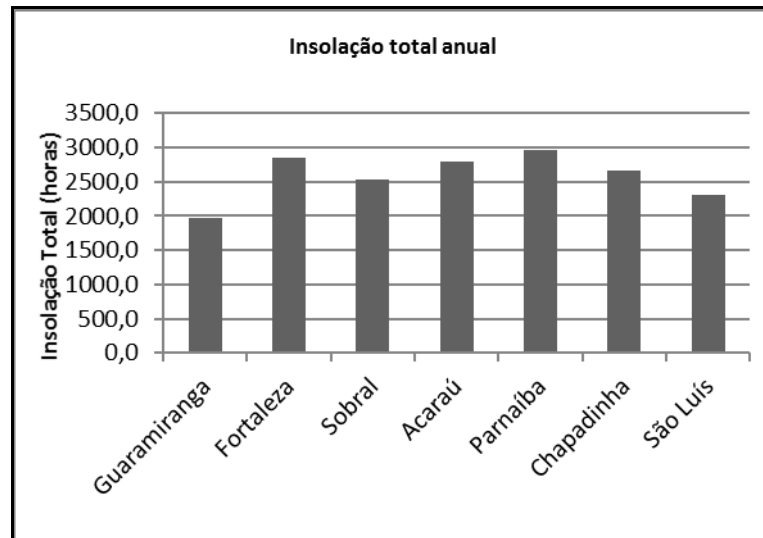
Mês	Guaramiranga	Fortaleza	Sobral	Acaraú	Parnaíba	Chapadinha	São Luís
Jan	164,0	225,2	188,1	209,5	209,5	177,6	152,6
Fev	116,1	182,3	159,5	150,1	166,4	163,1	113,7
Mar	83,0	150,0	155,0	148,6	172,0	149,0	107,2
Abr	101,0	157,1	151,7	157,1	198,5	157,9	113,7
Mai	137,0	208,4	189,3	216,2	221,2	219,8	162,6
Jun	149,7	238,7	205,4	231,0	255,6	247,2	213,1
Jul	186,4	268,3	234,7	266,0	281,8	269,9	237,6
Ago	229,1	295,9	268,2	290,0	309,7	293,1	260,3
Set	205,1	281,6	251,4	287,2	299,3	277,5	249,9
Out	208,9	291,4	258,9	300,2	303,1	262,8	251,8
Nov	201,8	282,2	241,1	285,7	289,8	234,0	244,1
Dez	190,6	262,3	221,9	258,2	249,3	204,7	206,3
Anual	1972,5	2843,4	2525,2	2799,8	2956,2	2656,6	2312,9

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-30 - Gráficos de Insoluação Total (horas) nas Estações Meteorológicas avaliadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-31 - Gráficos de Insolação Total anual nas Estações Meteorológicas avaliadas. Pressão Atmosférica

Sob o ponto de vista dinâmico, a pressão atmosférica é um importante elemento de caracterização dos sistemas de circulação de larga e mesoescalas. As variações temporais da pressão atmosférica estão associadas a ciclos bem definidos e às incursões do ar com distintas características termodinâmicas. Numa base diária, pequenas variações ocorrem por conta da chamada “maré barométrica”, resultando em dois momentos de máximos valores relativos entre dois outros momentos de mínimos relativos.

Na prática meteorológica, a pressão atmosférica é reduzida ao nível do mar para eliminar os efeitos de altitude e torná-la comparável espacialmente, e também para permitir a identificação das configurações dos sistemas atmosféricos.

Sazonalmente, os valores de pressão atmosférica são maiores no inverno que no verão, graças à interação de diversos fatores, tais como a posição relativa do sol, proporcionando energia solar incidente de menor intensidade e, por conseguinte, menor convecção continental, associados às maiores intensidades das massas polares migratórias de origem Antártica. A partir do Quadro 2.2.2.1-13 e da Figura 2.2.2.1-32 é possível observar que entre os meses de junho e setembro são registradas as maiores pressões atmosféricas dentro da área de influência. Na Figura 2.2.2.1-33 estão os dados de pressão atmosférica anual das estações analisadas.

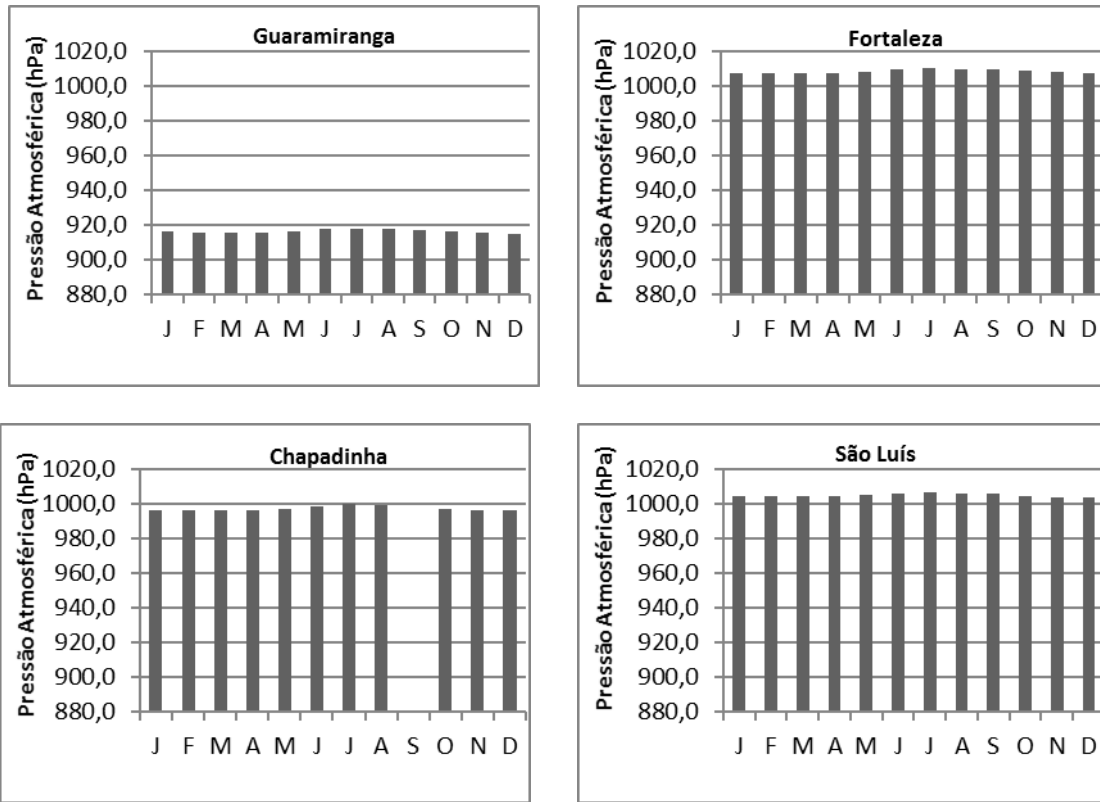
Entre os meses de dezembro e maio, no verão, o aquecimento solar mais intensificado incide na área de influência sobre a superfície, criando movimentos verticais ascendentes, que podem ou não formar nuvens, contrapondo-se ao peso do ar atmosférico, acarretando na redução da pressão atmosférica sobre a superfície.

A partir dos dados analisados, pode-se observar uma pequena variação de valores entre as estações localizadas no litoral em relação às situadas em porções mais continentais, como a estação de Chapadinha e Guaramiranga, esta última sob influência do relevo.

**Quadro 2.2.2.1-13 - Dados de pressão atmosférica do ar (hPa)
nas Estações Meteorológicas avaliadas**

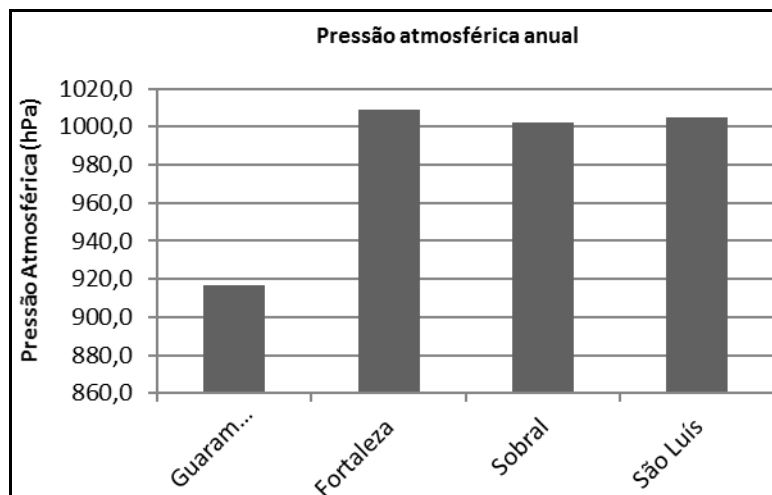
Mês	Guaramiranga	Fortaleza	Sobral	Chapadinha	São Luís
Jan	916,3	1007,4	1001,2	996,6	1004,4
Fev	915,8	1007,5	1001,6	996,7	1004,4
Mar	915,7	1007,6	1001,2	996,7	1004,5
Abr	915,8	1007,8	1001,6	996,6	1004,6
Mai	916,6	1008,5	1002,2	997,4	1005,2
Jun	917,6	1009,9	1003,7	998,9	1006,2
Jul	918,2	1010,6	1004,5	999,8	1006,8
Ago	917,7	1010,0	1004,0	999,3	1006,3
Set	917,4	1009,9	1003,3	-	1005,8
Out	916,0	1008,7	1002,0	997,3	1004,8
Nov	915,7	1008,2	1000,9	996,7	1004,1
Dez	915,1	1007,8	1000,9	996,7	1004,0
Anual	916,5	1008,7	1002,3	-	1005,1

Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009. As estações meteorológicas de Acaraú, Chapadinha e Parnaíba não apresentaram dados consistentes para a avaliação deste parâmetro meteorológico.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009. A estação meteorológica de Chapadinha não apresentou dados consistentes para a avaliação deste parâmetro no mês de setembro.

Figura 2.2.2.1-32 - Gráficos de pressão atmosférica do ar (hPa) nas Estações Meteorológicas avaliadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009. A estação meteorológica de Chapadinha não apresentou dados consistentes para a avaliação deste parâmetro.

Figura 2.2.2.1-33 - Gráfico de pressão atmosférica do ar anual nas Estações Meteorológicas avaliadas.

2.2.2.1.6.6 - Nível Ceráunico

O Nível Ceráunico representa a contagem dos “dias de trovoadas por ano”, ou seja, são registrados os números de dias no ano em que foi ouvido o trovão de ao menos uma descarga (DIAS *et al.*, 2009). Em períodos sazonais de maior temperatura atmosférica, a ascensão do ar forma nuvens convectivas típicas de verão, quando o solo é aquecido mais rapidamente por radiação solar, perdendo para a atmosfera, pela irradiação, o calor armazenado durante o dia. O aumento de convecção está relacionado à formação de nuvens propícias às descargas atmosféricas. Nas regiões tropicais é frequente a incidência de raios, e o Brasil, em função de sua extensão territorial de dimensões continentais associada a um clima predominantemente quente, conta com uma enorme quantidade de descargas anuais em seu território.

O ELAT (Grupo de Eletricidade Atmosférica) publicou os valores da densidade de descargas atmosféricas por município brasileiro para o período entre 1998 a 2011, e nessa publicação, a densidade de descargas para os municípios onde está alocada a LT500 kV Bacabeira - Pecém II está descrita no **Quadro 2.2.2.1-14**.

Quadro 2.2.2.1-14 - Densidade de Descargas Elétricas por Município

Município	Estado	Densidade de descargas/km ² .Ano
Água Doce do Maranhão	MA	1.78
Araioses	MA	1.66
Axixá	MA	6.06
Bacabeira	MA	8.90
Barreirinhas	MA	2.40
Cachoeira Grande	MA	6.32
Humberto de Campos	MA	2.70
Icatu	MA	2.98
Morros	MA	2.86
Paulino Neves	MA	2.72
Presidente Juscelino	MA	6.62
Primeira Cruz	MA	2.52
Rosário	MA	7.81
São Bernardo	MA	6.86
Santana do Maranhão	MA	3.47
Santo Amaro do Maranhão	MA	1.08
Tutóia	MA	2.07
Bom Princípio do Piauí	PI	2.08
Buriti dos Lopes	PI	4.38
Luís Correia	PI	1.46
Acaraú	CE	0.73
Amontada	CE	0.97

Município	Estado	Densidade de descargas/km ² .Ano
Barroquinha	CE	1.73
Bela Cruz	CE	0.98
Camocim	CE	1.93
Chaval	CE	1.67
Cruz	CE	1.24
Granja	CE	4.22
Ibiapina	CE	2.84
Itapipoca	CE	0.50
Itarema	CE	0.41
Marco	CE	1.62
Martinópolis	CE	3.42
Moraújo	CE	3.69
Paraipaba	CE	0.48
São Gonçalo do Amarante	CE	0.13
Senador Sá	CE	2.94
Tianguá	CE	3.78
Trairi	CE	0.55
Ubajara	CE	2.85
Uruoca	CE	3.64
Viçosa do Ceará	CE	4.01

Fonte: ELAT (2014)

Considerando todos os municípios, a densidade média é de 2,8 descargas por km² ano. Os valores oscilam entre 0,13 descargas/km².ano em São Gonçalo do Amarante (CE) e 8,9 descargas/ km².ano em Bacabeira (MA).

Para minimizar o elevado número de desligamentos provocados por raios, diversas técnicas têm sido desenvolvidas, destacando-se entre elas o aperfeiçoamento dos sistemas de aterramento, de modo a minimizar a impedância de aterramento, e o uso de para-raios. Tais técnicas podem ser aplicadas em regiões críticas das linhas onde a incidência de descargas é maior, tais como os municípios de Bacabeira, Rosário, São Bernardo, Axixá, Cachoeira Grande e Viçosa do Ceará que contam com a maior densidade de raios entre os municípios perpassados pela LT 500 kV Bacabeira - Pecém II.

2.2.2.1.6.7 - A Diversidade Topográfica e o Clima

A influência do clima sobre os diversos compartimentos topográficos existentes ao longo da diretriz da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II pode ser analisada a partir do conceito de domínios morfoclimáticos (AB'SABER, 1997). Estes domínios são compostos por um conjunto de ecossistemas com semelhanças entre si, tanto em relação às suas características ecológicas, quanto fisiogeográficas, formando paisagens onde existe uma correlação entre as feições do relevo, dos tipos de solos, das formas da vegetação e das condições climático-hidrológicas.

Sob esta ótica, na área de influência da LT 500 kV Bacabeiras - Pecém II podem ser observados os domínios da Caatinga, Cerrado, Restingas e, em sua porção mais oeste, a Floresta Amazônica. Cada um destes domínios apresenta uma diversidade de meso-ambientes, formados por savanas e florestas, assim como áreas naturais abertas e antropizadas.

Para o trecho da LT 500 kV Acaraú III - Pecém II a paisagem é marcada pelo domínio da Caatinga, com topografia suave, recoberta por vegetação de tabuleiro litorâneo, com diferentes estágios de conservação, que recobre solos arenosos sob a ação de um clima semiárido, quente, com seis meses secos e temperatura média anual acima dos 20°C. Neste trecho da LT é possível observar as planícies arenosas revestidas por vegetação de caatinga, conforme pode ser visualizado na **Figura 2.2.2.1-34** e na **Figura 2.2.2.1-35**.



Figura 2.2.2.1-34 - Planície arenosa revestida por caatinga.



Figura 2.2.2.1-35 - Remanescente de caatinga arborizada com palmeira

Este ambiente de clima semiárido é caracterizado pela recorrente irregularidade climática. A série altamente irregular de chuvas, marcada por períodos de forte evaporação, define secas prolongadas.

Apenas as drenagens que possuem suas cabeceiras distantes, alimentadas por chuva e umidade em suas nascentes, possuem força durante a longa estação seca para atravessar os sertões. Durante a estiagem, a maioria dos rios seca, e os leitos são utilizados para a produção agrícola e acessos. Estes rios intermitentes possuem planícies aluviais pequenas, de forma que as áreas ditas de “sequeiro” são utilizadas para o plantio de roças de mandioca ou de milho. Em relação à pecuária, pode-se observar na área de influência que as velhas práticas de pastoreio extensivo são adotadas, com o gado solto entre os arbustos da caatinga, sobretudo nos espaços colinosos.

O trecho da LT 500 kV Parnaíba III - Acaraú III apresenta as mesmas características do domínio da Caatinga descrito anteriormente, entretanto, neste segmento, a linha atravessa o rio Parnaíba (Figura 2.2.2.1-36), que além de ser um importante rio perene a atravessar a paisagem dominada por caatingas extensivas e drenagens intermitentes forma em sua foz um notável delta (Figura 2.2.2.1-37).

O Delta do Parnaíba é resultante de um processo de sedimentação majoritariamente arenoso que forma um complexo de ecossistemas de importância ambiental para os estados do Piauí e Maranhão, apresentando uma grande diversidade de transições entre o ambiente terrestre e marinho.



Figura 2.2.2.1-36 - Rio Parnaíba com pequenos remanescentes de vegetação as margens do rio, composta por estreita faixa de vegetação ciliar (mata ciliar) e a partir destas áreas de parque de caatinga com presença de manchas de caatinga arborizada, no ponto 101.



Figura 2.2.2.1-37 - Delta do Parnaíba

Entre as cidades de Parnaíba e Jericoacoara é possível observar a presença de extensos campos de dunas frontais, que localmente barram as drenagens formando lagoas interiores, como as existentes nas cidades de Carnaubal, Sobradinho e Barrinha, por exemplo. Estes campos de dunas transgressivos podem ser classificados como livres, que via de regra migram da praia rumo ao interior.

Por sua vez, o trecho LT 500 kV Bacabeira - Parnaíba III C1 e C2, situado majoritariamente no estado do Maranhão, é marcado pelos mesmos tabuleiros costeiros formados por depósitos sedimentares quaternários dos segmentos anteriores do empreendimento, entretanto, localmente é denominado de tabuleiro de barreirinhas (**Figura 2.2.2.1-38**). Próximo à cidade homônima estão os lençóis maranhenses, que constituem um dos mais notáveis campos de dunas costeiras brasileiros.

Toda esta região está suscetível a uma dinâmica eólica muito ativa, com ventos de direção predominante NE e média anual de intensidade superior a $2,5 \text{ m.s}^{-1}$. Os solos arenosos friáveis desta área associados à intensa dinâmica eólica transformam esta região sensível no que diz respeito à deflagração de processos erosivos eólicos. Entre as cidades de Bacabeira e Barreirinhas ainda pode ser observada a formação de lagoas nas planícies arenosas alagadas, recobertas por vegetação paludosa e aquática (**Figura 2.2.2.1-39**). Estas lagoas, que formam as cabeceiras de drenagem de diversos igarapés, tais como o da Mata, do Brejo, Arruda, Contrato e Atoleiro, ainda alimentam drenagens importantes como a do rio Mapari. De dezembro a junho estas lagoas enchem com as precipitações pluviais de verão e esvaziam na estiagem, entre os meses de julho e novembro.



Figura 2.2.2.1-38 - Planície arenosa recoberta por tipologia de floresta baixa



Figura 2.2.2.1-39 - Planície arenosa alagada com vegetação paludosa e aquática

Em seu trecho final, próximo à cidade de Bacabeira, a LT aproxima-se ao domínio da Floresta Amazônica, em sua porção mais oriental do bioma, no Estado do Maranhão, onde os índices pluviométricos anuais são os mais expressivos da área de influência, sendo a média de precipitação anual de 2290,0 mm.

Por fim, para o seccionamento LT 500 kV Acaraú III - Tianguá II é possível observar uma paisagem composta por uma topografia predominantemente suave, entretanto, entre as cidades de Viçosa do Ceará e Campanário se destacam as seguintes barreiras topográficas:

- Serra de São Joaquim cume: 456 m, amplitude de relevo: 376 m
- Serra da Gurgueia cume: 453 m, amplitude de relevo: 373 m
- Serra da Goiana cume: 490 m, amplitude de relevo: 410 m
- Serra do Saim cume: 304 m, amplitude de relevo: 224 m
- Serra do Baixo cume: 270 m, amplitude de relevo: 190 m
- Serra de Dom Simão cume: 766 m, amplitude de relevo: 666 m
- Serra de Umari cume: 582 m, amplitude de relevo: 382 m
- Serra de Timabuda cume: 588 m, amplitude de relevo: 468 m
- Serra da Gameleira cume: 400 m, amplitude de relevo: 200 m
- Serra de Ibiapaba cume: 680 m, amplitude de relevo: 520 m

Estas serras, em sua maioria formada por lentes de quartzitos resistentes ao intemperismo, atuam como barreiras fazendo com que a circulação do ar e da umidade ocorra de maneira diferente. Barreiras topográficas podem influenciar significativamente o clima regional, cadeias de montanhas podem ter o papel de anteparo impedindo ou dificultando que nuvens perpassem entre as suas vertentes, estando associadas diretamente na ocorrência de chuvas orográficas.

A LT 500 kV Bacabeira - Pecém II atravessa o vale formado por essas serras, que atuam como divisores de águas do rio Itacolomi, sendo a Serra de Ibiapaba o único trecho de maior amplitude de relevo atravessado pela linha (Figura 2.2.2.1-40). A Serra de Ibiapaba marca um contraste em relação ao ambiente circundante, ao que Ab'Saber (2003) se refere como "paisagens de

exceção". Nesta serra são observados fragmentos de florestas úmidas, localizadas nas cotas mais elevadas, abrigando várias espécies de fauna e flora das florestas tropicais que são incapazes de habitar as condições semiáridas do domínio morfoclimático da Caatinga adjacente (Figura 2.2.2.1-41). Na borda do planalto da serra de Ibiapaba é possível observar uma escarpa de arenitos na forma de anfiteatro, que apresentam blocos tombados em sua base, assim como abrigos e cavidades. Em trechos isolados é possível identificar cicatrizes provocadas por movimentos de massa.

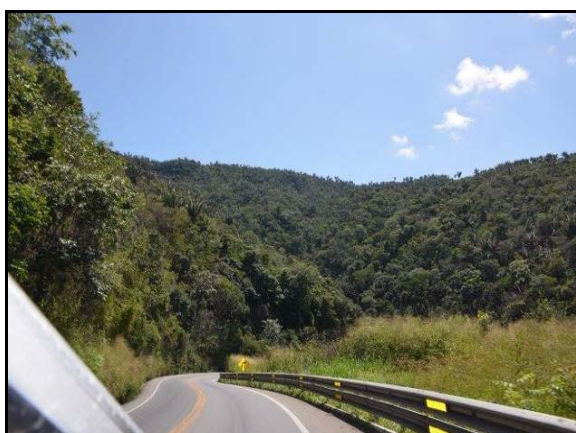


Figura 2.2.2.1-40 - Borda Planalto da Ibiapaba com mancha de floresta estacional.

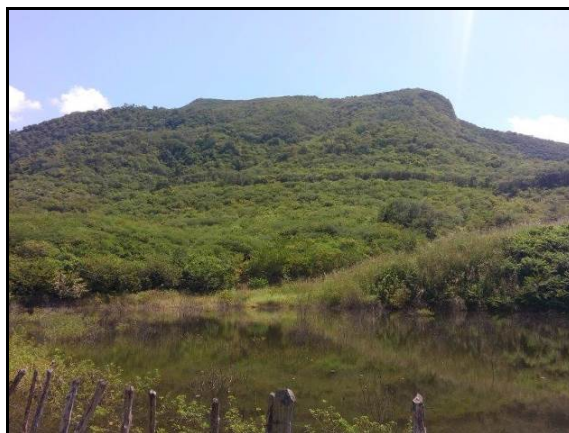
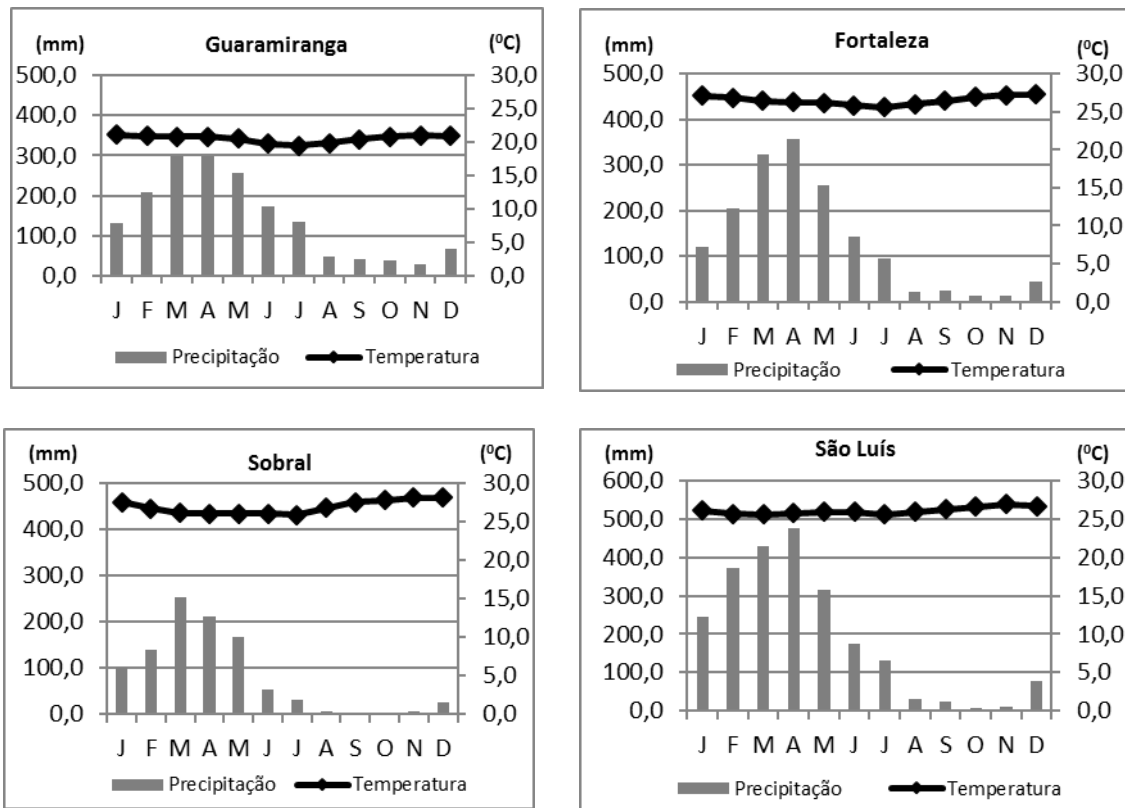


Figura 2.2.2.1-41 - Serra de Umari, revestida pelas caatingas arborizadas

2.2.2.1.7 - Considerações Finais

Com base na análise dos dados meteorológicos apresentados, é possível concluir que a área de influência apresenta clima quente todo o ano, com significativa regularidade térmica anual. As temperaturas médias anuais ao longo da diretriz da LT Bacabeira - Pecém II são altas, sendo, em sua maioria, superiores a 25°C.

Em relação à pluviosidade, 02 (dois) períodos distintos marcam a AE, onde ocorrem chuvas concentradas entre os meses de janeiro e maio, com picos de chuvas em março e abril. De agosto a novembro, por sua vez, a região passa por uma forte escassez hídrica, decorrente dos baixos índices pluviométricos deste período. A partir dos climatogramas representados na Figura 2.2.2.1-42 é possível visualizar o comportamento da temperatura média em junção da precipitação média nas estações meteorológicas avaliadas.



Fonte: Compilação de dados das Normais Climatológicas do INMET, 2009.

Figura 2.2.2.1-42 - Climatogramas de precipitação (mm) e temperatura (°C) nas estações avaliadas.

Sendo assim, de acordo com as análises feitas no presente diagnóstico, é possível concluir que a distribuição das chuvas ao longo da diretriz da LT Bacabeira - Pecém II ocorre de maneira irregular, controlada, sobretudo, por Sistemas Atmosféricos tais como: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), as Linhas de Instabilidade (LITs), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), as Ondas de Leste e as Oscilações 30-60 dias, que influenciam sobremaneira na configuração da paisagem dos diversos domínios morfoclimáticos atravessados pelo empreendimento. No entanto, há de se frisar que a ocorrência do *El Niño* e do *La Niña* são determinantes nos anos de maior seca ou maior pluviosidade na área de influência.

Tendo como base o exposto anteriormente, é possível considerar que a LT 500 kV Bacabeira - Pecém II não impactará o clima da região de inserção do empreendimento, considerando que o mesmo não influenciará no microclima, ou mesmo causará mudanças das dinâmicas hidrológicas e atmosféricas locais.

