

## ÍNDICE

3.6.3 -	Meio Físico.....	1/24
3.6.3.1 -	Metereologia e Climatologia .....	1/24
a.	Introdução .....	1/24
b.	Aspectos Metodológicos .....	2/24
c.	Características Climáticas da Região Amazônica .....	2/24
d.	Sistemas Atmosféricos e suas Influências na Região .....	4/24
e.	Parâmetros Meteorológicos .....	13/24



## Legendas

Quadro 3.6.3.1-1- Estações meteorológicas utilizadas para o estudo climato-meteorológico da AAR da LT 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas .....	2/24
Figura 3.6.3.1-1 - Circulação atmosférica em condições normais, e com El Niño.....	6/24
Figura 3.6.3.1-2 - Distribuição das condições climáticas em anos de El Niño para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (verão) e junho, julho e agosto (inverno) .....	7/24
Figura 3.6.3.1-3 - Condições atmosféricas em período de La Niña .....	9/24
Figura 3.6.3.1-4 - Distribuição das condições climáticas em períodos de La Niña para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro; junho, julho e agosto .....	10/24
Quadro 3.6.3.1-2 - Anos de ocorrência e intensidade do El Niño .....	11/24
Quadro 3.6.3.1-3 - Anos de ocorrência e intensidade do La Niña.....	11/24
Figura 3.6.3.1-5 - Densidade de raios/km <sup>2</sup> na região norte do Brasil (outubro, novembro, dezembro de 2006 e janeiro de 2007) .....	12/24
Figura 3.6.3.1-6 - Normal climatológica de precipitação média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista .....	15/24
Figura 3.6.3.1-7 - Comportamento espacial da precipitação média ao longo das estações primavera e verão.....	15/24
Figura 3.6.3.1-8 - Comportamento espacial da precipitação média ao longo das estações outono e inverno .....	16/24
Figura 3.6.3.1-9 - Normal climatológica de temperatura média mensal compensada de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas localizadas em Manaus e Boa Vista.....	17/24
Figura 3.6.3.1-10 - Normal climatológica de temperatura máxima média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista .....	18/24
Figura 3.6.3.1-11 - Normal climatológica de temperatura mínima média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista .....	18/24

Figura 3.6.3.1-12 - Normal climatológica de umidade relativa do ar média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista .....	20/24
Figura 3.6.3.1-13 - Normal climatológica de insolação média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista .....	21/24
Figura 3.6.3.1-14 - Normal climatológica de pressão atmosférica mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista .....	22/24
Quadro 3.6.3.1-4 - Normal climatológica da Intensidade média mensal e direção predominante dos ventos de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista .....	23/24
Figura 3.6.3.1-15 - Normal climatológica de direção predominante média dos ventos de 1961 a 1990 em Manaus .....	24/24
Figura 3.6.3.1-16 - Normal climatológica de direção predominante média dos ventos de 1961 a 1990 em Boa Vista .....	24/24

### 3.6.3 - Meio Físico

#### 3.6.3.1 - Meteorologia e Climatologia

##### a. Introdução

Este item abordará as características climáticas da Área de Abrangência Regional (AAR) da Linha de Transmissão (LT) 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas. A LT tem seu início na cidade de Manaus, no estado do Amazonas, e segue em direção à cidade de Boa Vista, no estado de Roraima. A LT possui aproximadamente 721 km de extensão e atravessa os municípios de Manaus, Rio Preto da Eva, Presidente Figueiredo, pertencentes ao estado do Amazonas, e Rorainópolis, Caracaraí, Cantá, São Luiz do Anauá, Mucajaí e Boa Vista, que fazem parte do estado de Roraima. Essa região está sob predomínio do clima Tropical quente úmido, e concentra riquíssima biodiversidade. Dentro desse contexto, o clima possui a importância de ser um elemento natural e influenciador na dinâmica do ambiente.

Para determinar o tipo climático de uma região, é necessário analisar fatores estáticos, como a latitude, o relevo, proximidade com o mar, correntes marítimas, altitude e os fatores dinâmicos como as massas de ar, os sistemas atmosféricos e os parâmetros meteorológicos. Neste capítulo serão tratados os valores médios, mínimos e máximos dos seguintes parâmetros: precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, insolação e ventos (direção e velocidade), conforme determinado no Termo de Referência emitido pelo IBAMA em 31 de janeiro de 2012 para este empreendimento. Serão analisados também os níveis cerânicos da AAR da LT.

É importante compreender que a climatologia é o estado médio e o comportamento estatístico da variabilidade dos parâmetros do tempo (temperatura, precipitação, ventos, etc.) sobre um período suficientemente longo em uma localidade (INMET, 2010). Com isso, avaliar, por exemplo, apenas um mês com forte precipitação, não pode ser reconhecido como um padrão de chuvas, e sim o estado momentâneo da atmosfera.

## b. Aspectos Metodológicos

Este estudo está fundamentado em dados secundários dos parâmetros meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), apresentando dados médios mensais de precipitação pluviométrica, temperatura (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar, insolação, pressão atmosférica, direção e velocidade dos ventos. O período da coleta dos dados é de 1961 a 1990, que constituem as Normais Climatológicas, e estas são obtidas através do cálculo das médias dos parâmetros meteorológicos, e obedecem a critérios da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Essas médias referem-se a um período padronizado de 30 anos (INMET, 2009).

Os dados meteorológicos consultados referem-se às estações meteorológicas mais próximas da LT, que são: Manaus e Boa Vista. No **Quadro 3.6.3.1-1** são apresentadas informações das estações.

**Quadro 3.6.3.1-1- Estações meteorológicas utilizadas para o estudo climato-meteorológico da AAR da LT 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas**

Estação / Código	Lat / Long	Alt (m)	Período dos dados
Manaus (AM) / 82331	03°07' S / 59°57' O	67	1961-1990
Boa Vista (RR) / 82024	02°49' N / 60°39' O	90	1961-1990

Fonte: INMET, 2009.

Além dos dados aqui apresentados, foram elaborados dois mapas (**Mapa Isoietas de Precipitação Primavera/Verão - 2517-00-EIA-MP-2013-01** e **Mapa Isoietas de Precipitação Outono/Inverno - 2517-00-EIA-MP-2014-01** apresentados no **Caderno de Mapas**) com as isoietas de precipitação, mostrando o comportamento sazonal (primavera/verão e no outono/inverno) da precipitação na AAR, e as estações meteorológicas que foram utilizadas como base de dados.

## c. Características Climáticas da Região Amazônica

A LT 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas está localizada na região central da Amazônia brasileira e por isso recebe forte influência da umidade gerada pela vegetação e da densa drenagem fluvial.

Durante o verão, a circulação atmosférica local está associada aos Centros de Baixa Pressão que acarretam no aumento da nebulosidade e fortes precipitações. Já no inverno pode ocorrer entrada de massas de ar fria e seca que penetram pelo sul do Brasil, conhecidas como "Friagens" (CAVALCANTI et al, 2009).

A região Amazônica é bem heterogênea em relação à espacialização e sazonalidade das chuvas, sendo que podemos encontrar precipitações entre 1.500 a 5.000 mm/ano. A estação chuvosa na Amazônia ocidental equatorial, e na porção norte, ocorre próximo ao equinócio de março, e na porção sul ocorre entre o equinócio de setembro e o início do verão (CAVALCANTI et al, 2009).

Com relação às temperaturas, essa região recebe altos valores de energia solar durante todo ano, e por isso, apresentam pequenas variações na temperatura durante o ano, com exceção da porção sul que recebe influência de incursões de massas de ar frias no inverno, as Friagens.

A classificação climática segundo Köppen (1948), que leva em consideração a precipitação e a temperatura, propõe três tipos climáticos para a região Amazônica:

- Af - Equatorial chuvoso

Caracterizado por grande precipitação anual acumulada, com índices médios acima de 2.000 mm, e por não apresentar período seco expressivo.

- Am - Tropical úmido ou de monção

Também apresenta grandes índices pluviométricos, porém com período de 1 a 3 meses de seca. Pode se considerar que o clima Am é uma transição entre o Af e o Aw.

- Aw - Tropical com estação seca

Esse tipo climático apresenta períodos de seca (4 a 6 meses) e chuva mais bem definidos. Pela existência de um período maior de seca nesse tipo climático, a precipitação média anual é menor do que nos tipos Af e Am, variando entre 1.500 a 1.800 mm/ano (como observado, por exemplo, em Boa vista).

Para o caso específico da Área de Abrangência Regional da LT, a classificação climática de Köppen considera os tipos predominantes Am- Tropical úmido ou de monção, na porção de Manaus, e Aw - Tropical com estação seca em Boa Vista (Roraima).

Além dos aspectos da precipitação e temperatura, a circulação atmosférica também exerce influência sobre o clima de uma região. Sendo assim, serão abordados a seguir os principais sistemas de circulação do ar atuantes na região.

#### **d. Sistemas Atmosféricos e suas Influências na Região**

É importante conhecer os sistemas atmosféricos que atuam em uma região, pois eles influenciam fortemente as condições de tempo e clima. A seguir apresentam-se os principais sistemas atmosféricos que atuam na AAR da LT, mostrando suas influências sobre o regime de precipitação e temperatura na região.

##### **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)**

A Zona de Convergência Intertropical - ZCIT - é uma área de grande instabilidade atmosférica situada na zona equatorial onde há a convergência dos ventos alísios, que provêm da direção sudeste, no hemisfério sul, e de nordeste, no hemisfério norte. Nesta região, devido à convergência dos alísios com movimentos de ar ascendentes, forma-se um centro de baixa pressão do ar e muita umidade, ocasionando a formação de nuvens de grande extensão, do tipo cúmulos, e precipitações. Devido ao fato de a posição da ZCIT ser predominantemente sobre os oceanos, é observado que seu mecanismo modifica-se conforme se apresentam anomalias na temperatura da superfície da água (TSM). Como a água aquece o ar em contato com ela, a posição da ZCIT pode variar de acordo com o local mais aquecido.

Os efeitos da ZCIT são bem pronunciados no norte do país, acarretando o incremento das precipitações no período de verão na região da LT.

##### **Linhas de Instabilidade Tropicais (LIT)**

As Linhas de Instabilidade Tropicais (LITs) 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). As linhas de instabilidade podem anteceder a passagem de uma frente fria, e provocar fortes pancadas de chuva, granizo, descargas elétricas ou trovoadas. Formam-se, geralmente, no final da tarde e propagam-se no interior do continente com uma velocidade média de 12,8m/s, e seu comprimento e largura média é de, aproximadamente, 1500 km e 170 km, respectivamente. Os meses com maior frequência de ocorrência vão de janeiro a maio. As LITs provocam precipitações na região da LT 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas.

##### **Alta da Bolívia**

O sistema atmosférico Alta da Bolívia foi assim designado por situar-se sobre a região do altiplano boliviano. Esta região possui como característica o desenvolvimento de um anticiclone

em altos níveis na camada atmosférica durante os meses de verão, sendo associado com a forte convecção que ocorre na região Amazônica. Durante a época de inverno no Hemisfério Sul, não ocorre tal fenômeno. A localização geográfica da Alta da Bolívia apresenta variação intrasazonal e interanual, dependendo da convecção na área.

A manutenção deste centro quente anti-ciclônico ocorre devido à convergência dos ventos, em baixos níveis da umidade que vem de NW e E. A convergência provoca forte convecção, condensação e liberação de calor latente na média e alta troposfera, associada à atividade convectiva (MARENGO, 2003). Entretanto, esta atividade convectiva possui um ciclo anual de migração SE-NW, partindo da região Amazônica durante os meses de dezembro a fevereiro e deslocando-se até a América Central no trimestre de junho a agosto.

### **Brisa Fluvial**

A brisa fluvial é um mecanismo físico no qual o ar, devido ao contraste térmico entre água (nesse caso, dos rios) e terra, move-se na direção massa d'água-continente durante o dia e o inverso durante a noite. As nuvens formam-se preferencialmente sobre o continente durante o dia, com movimentos de subsidência na área dos rios (MARENGO, 2003). A brisa fluvial influencia também nas pequenas variações de temperatura e umidade na região em estudo.

O sistema de brisa fluvial é uma variável meteorológica difícil de ser medida, uma vez que possui erros instrumentais de exposição e mesmo de localização. Oliveira & Fitzjarrald (1993) denotam a existência de uma circulação fluvial em baixos níveis, possuindo o sentido floresta-rio à noite e invertendo o sentido durante o dia, com tendência a aumento das sequências de precipitação mensal.

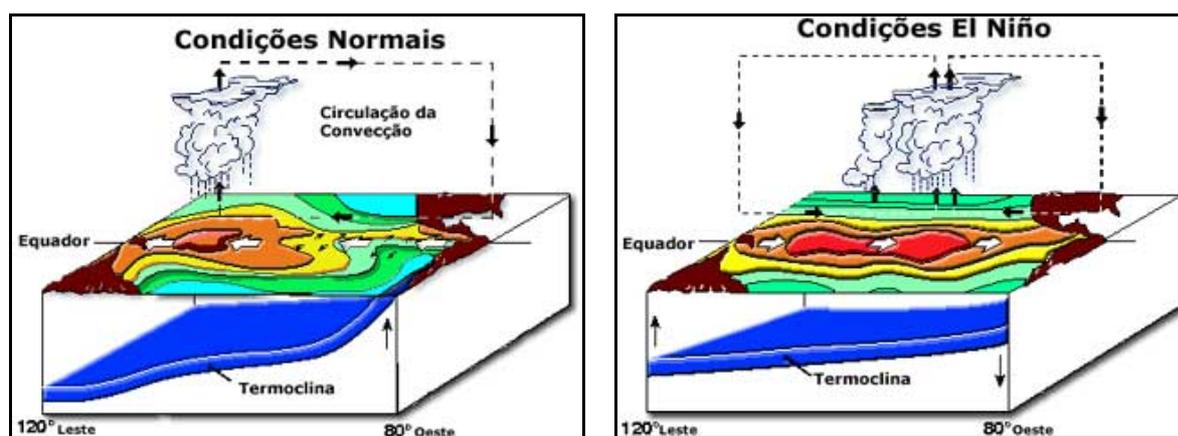
### **El Niño e La Niña**

#### ▪ El Niño

O El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais do Pacífico equatorial. Mesmo ocorrendo em um local específico, este fenômeno influencia na dinâmica oceano-atmosfera do planeta.

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

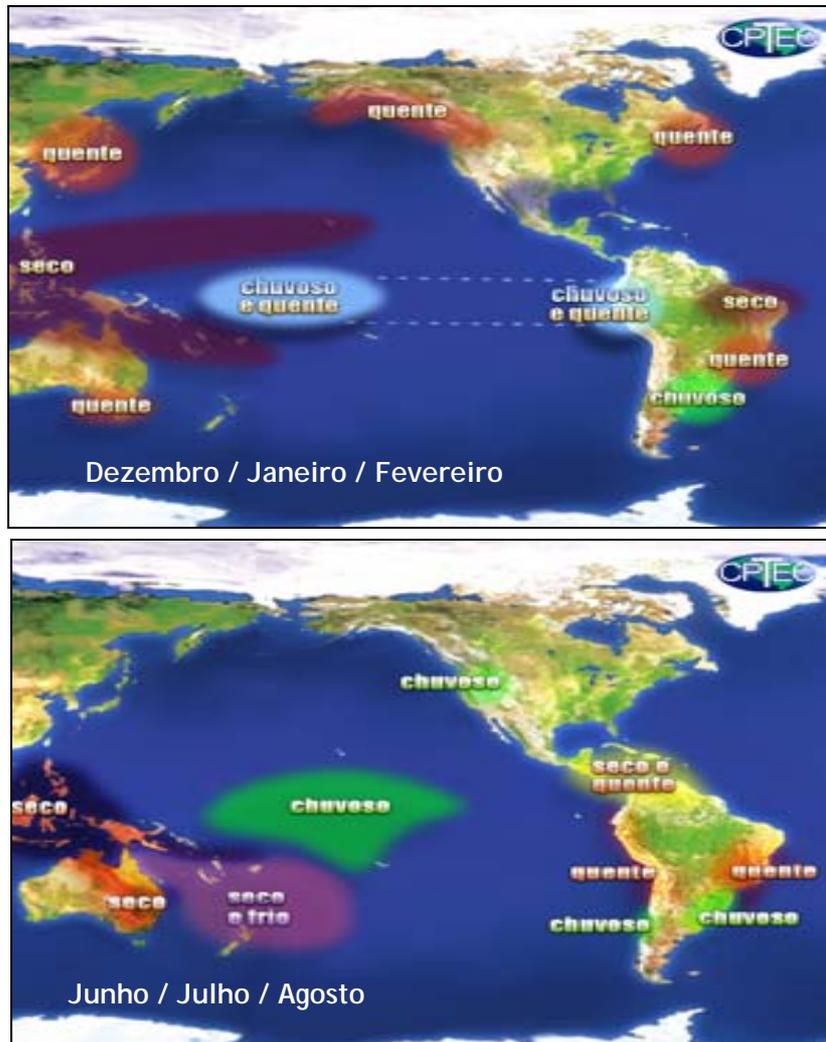
influenciado por essa ressurgência, e tem uma atividade pesqueira beneficiada por isso. O acúmulo de águas mais quentes próximo à costa leste da Oceania, forma um Centro de Baixa Pressão, induzindo uma circulação conhecida como Célula de Walker. Nessa região ocorre formação de grandes nuvens e fortes 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). A Figura 3.6.3.1-1 apresenta um esquema mostrando a circulação atmosférica em condições normais (sem El Niño) e em condições de El Niño.



Fonte: Oliveira, 2001.

Figura 3.6.3.1-1 - Circulação atmosférica em condições normais, e com El Niño

A região Amazônica, onde está localizada a LT, pode apresentar temperaturas mais altas e precipitações abaixo da média no período de El Niño. O aquecimento e o subsequente resfriamento num episódio típico de El Niño duram de 12 a 18 meses (CPTEC, 2010). A evolução típica do fenômeno mostra uma tendência de se iniciar no começo do ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro daquele mesmo ano e janeiro do ano seguinte, vindo a se enfraquecer na metade desse segundo ano. A Figura 3.6.3.1-2 apresenta a influência climática do El Niño para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (verão), junho, julho e agosto (inverno).



Fonte: CPTEC, 2012.

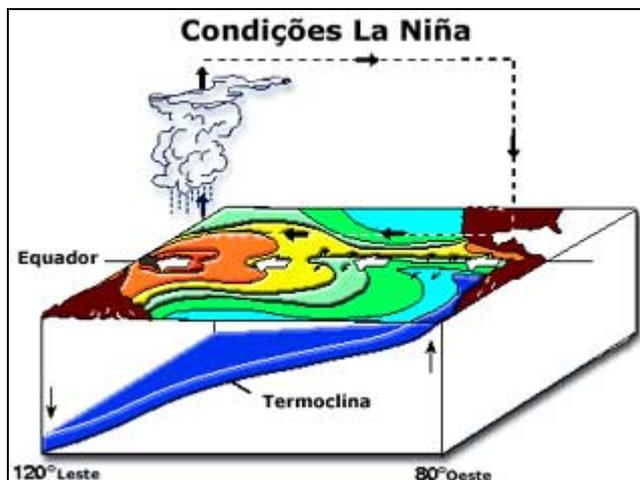
Figura 3.6.3.1-2 - Distribuição das condições climáticas em anos de El Niño para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (verão) e junho, julho e agosto (inverno)

O evento do El Niño de 1982-1983 foi um dos mais intensos já registrados, e afetou o clima da América do Sul de diversas maneiras (MARENGO, 2003). No caso da região Amazônica, este episódio provocou um período extremamente seco entre janeiro e fevereiro, durante a estação chuvosa na Amazônia Central. Como exemplo, constatou-se que o desvio da precipitação neste período apresentou valores de até -70% na área de Óbidos (AM), com um valor menor na parte mais próxima do Oceano Atlântico (-20% em Belém). Este comportamento ocorreu por causa do deslocamento da Célula de Walker para a região sobre a Amazônia, inibindo a formação de atividades convectivas (Nobre & Oliveira, 1986).

O período de janeiro e fevereiro (1982-1983) foi caracterizado por apresentar o menor índice pluviométrico dos 50 anos anteriores. Em algumas cidades do estado do Amazonas, por exemplo, o total mensal de precipitação foi nulo, época em que a normal climatológica apresenta um valor superior a 300 mm. Em um estudo complementar a este, Kayano & Moura (1986) *apud* Marengo (2003) analisaram a precipitação na América do Sul durante todo o evento do El Niño (junho de 1982 a agosto 1983), indicando que a Amazônia sofreu uma seca durante todo este período.

- La Niña

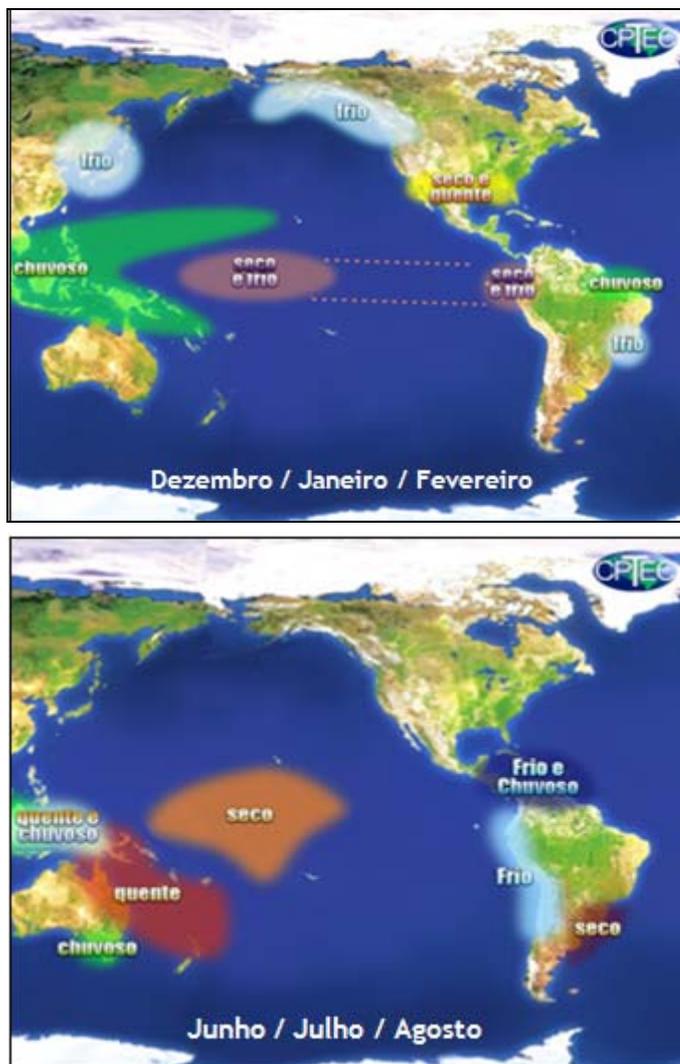
O resfriamento anômalo da temperatura da superfície do mar (TSM) do Pacífico Tropical resulta no fenômeno La Niña. O La Niña torna a Célula de Walker responsável pela circulação atmosférica local mais “alongada”, e muito mais intensa, caracterizando incremento no índice pluviométrico nas áreas de convectividade (costa Australiana), e decréscimo pluviométrico nas áreas de movimento descendente da Célula de Walker (Costa Americana). Quando ocorre La Niña, os ventos alísios sopram com maior intensidade, transportando uma grande massa de água para a costa da Austrália. Essa “massa d’água”, por ser superficial, é mais aquecida. Com isso, o volume de águas profundas e frias que afloram na costa oeste da América do Sul é bem maior. Em geral, o episódio começa a se desenvolver em meados do ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele mesmo ano e dissipa-se cerca de 6 meses depois (MARENGO, 2007). A Figura 3.6.3.1-3 mostra um esquema com a circulação atmosférica em período de La Niña.



Fonte: Oliveira, 2001.

Figura 3.6.3.1-3 - Condições atmosféricas em período de La Niña

Na região em estudo podem ocorrer precipitações acima da média no período de dezembro a fevereiro. Já no período de inverno, os efeitos da La Niña são menos pronunciados na região. A **Figura 3.6.3.1-4** apresenta a influência climática do La Niña para o período entre dezembro e fevereiro, e junho a agosto.



Fonte: CPTEC, 2012.

Figura 3.6.3.1-4 - Distribuição das condições climáticas em períodos de La Niña para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro; junho, julho e agosto

São apresentados no **Quadro 3.6.3.1-2** os anos de ocorrência e a intensidade que ocorreram o fenômeno El Niño, e no **Quadro 3.6.3.1-3** os anos de ocorrência do La Niña.

**Quadro 3.6.3.1-2 - Anos de ocorrência e intensidade do El Niño**

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

Fonte: CPTEC, 2012.

**Quadro 3.6.3.1-3 - Anos de ocorrência e intensidade do La Niña**

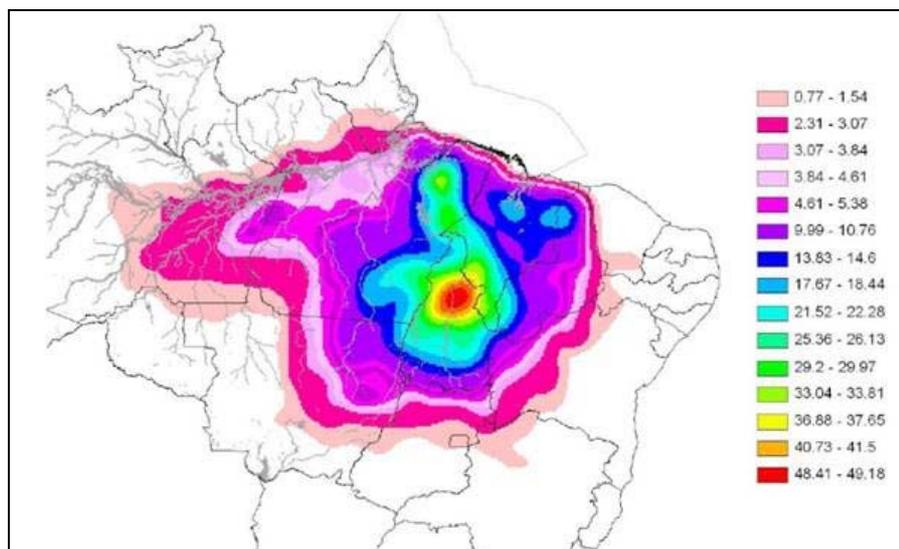
Ocorrência do La Niña			
1886		1903 - 1904	
1906 - 1908		1909 - 1910	
1916 - 1918		1924 - 1925	
1928 - 1929		1938 - 1939	
1949 - 1951		1954 - 1956	
1964 - 1965		1970 - 1971	
1973 - 1976		1983 - 1984	
1984 - 1985		1988 - 1989	
1995 - 1996		1998 - 2001	
2007 - 2008		-	
Legenda:	Forte	Moderada	Fraco

Fonte: CPTEC, 2012

## 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, através da 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.

O Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) possui uma rede de 12 sensores de descargas atmosféricas que cobrem parte dos estados do norte do país, constituindo a atual Rede de Detecção de Raios (RDR). A RDR, a partir da coleta e processamento de dados coletados entre outubro, novembro, dezembro de 2006 e janeiro de 2007, produziu o mapa de densidade de ocorrência de raios por km<sup>2</sup> na região norte do país, apresentado na **Figura 3.6.3.1-5**.



Fonte: SIPAM, 2010.

**Figura 3.6.3.1-5 - Densidade de raios/km<sup>2</sup> na região norte do Brasil (outubro, novembro, dezembro de 2006 e janeiro de 2007)**

De acordo com a **Figura 3.6.3.1-5**, a área de estudo da LT 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas não é totalmente coberta por esse monitoramento, e apenas na porção de Manaus podemos identificar a densidade de raios que está entre 0,77 e 3,07 raios/Km<sup>2</sup>, sendo esses os menores índices de densidade das descargas atmosféricas da região norte do país.

As descargas atmosféricas são responsáveis por um grande número de desligamentos das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além da queima de um número considerável de transformadores de distribuição. No Brasil, cerca de 70% dos desligamentos na transmissão e 40% na distribuição, são provocados por raios, sendo o número de transformadores queimados em torno de 40% (ELAT, 2010).

Mesmo possuindo um índice baixo de descargas atmosféricas, uma medida que contribui para minimizar a ocorrência de desligamentos provocados por raios nas LTs, é o aperfeiçoamento dos sistemas de aterramento de modo a minimizar a impedância de aterramento, além do uso de para-raios (ELAT, 2010). Tais técnicas podem ser aplicadas em regiões críticas das linhas onde a incidência de descargas é maior.

Outra alternativa para se minimizar os desligamentos de LTs é através de um mapeamento da região do empreendimento, que contenha a probabilidade de queda de raios. Para tal, é necessário se traçar as linhas isocerânicas - que delimitam as áreas territoriais com um mesmo nível cerâmico. É possível também se estimar o desempenho de linhas de transmissão frente às descargas atmosféricas através de *softwares*, como por exemplo, o *Flash*, que é capaz de estimar, a partir de informações sobre a linha de transmissão e seu ambiente geográfico, as taxas de falha de blindagem e de *Backflashover* da LT submetida a surtos atmosféricos (DIAS et al, 2009).

#### e. Parâmetros Meteorológicos

As informações apresentadas a seguir estão fundamentadas nos dados das Normais Climatológicas, disponibilizados pelo INMET. Os dados são obtidos através do cálculo das médias dos seguintes parâmetros: precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, insolação, pressão atmosférica e direção e velocidade dos ventos.

#### Precipitação

Segundo os dados das estações climatológicas Manaus e Boa Vista, o regime de chuvas na região da LT recebe influência dos sistemas atmosféricos, como massas de ar, frentes-frias, Zona de Convergência Intertropical, e também de brisa fluvial (em escala local). No verão, o continente é influenciado pelo Centro de Baixa Pressão, sendo que o maior aquecimento nessa época faz com que o ar se aqueça e ocorram movimentos convectivos, formando nuvens do tipo *cumulonimbus*, sendo comuns as fortes precipitações no final do dia.

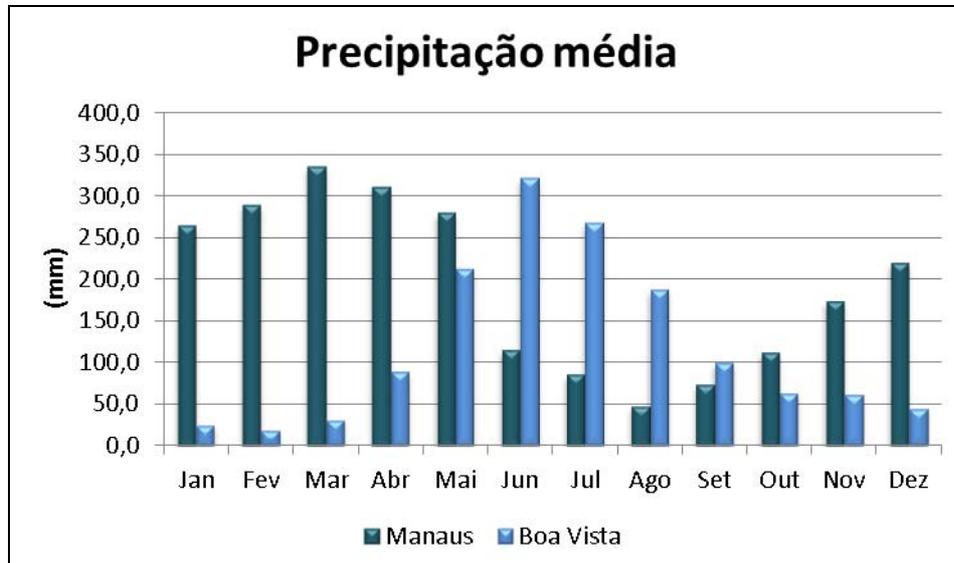
Segundo Molion (1993), ao estudar circulações de macro e meso-escala na região, os principais mecanismos condicionantes de chuvas na região Amazônica são:

- Convecção causada pelo aquecimento da superfície durante o dia;
- Linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral do Atlântico;
- Aglomerados convectivos de meso e larga escala, associados com a penetração de sistemas frontais nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil e interagindo com a região Amazônica;
- O contraste térmico entre água e solo provoca convecção, movendo brisa em direção ao continente no período diurno e de modo contrário durante a noite, com movimentos de subsidência na área dos rios.

A análise das médias de precipitação na região de estudo será apresentada com base nos dados das estações meteorológicas, localizadas no início e final do traçado da LT. É possível perceber que o índice pluviométrico é praticamente oposto entre a estação de Manaus e Boa Vista.

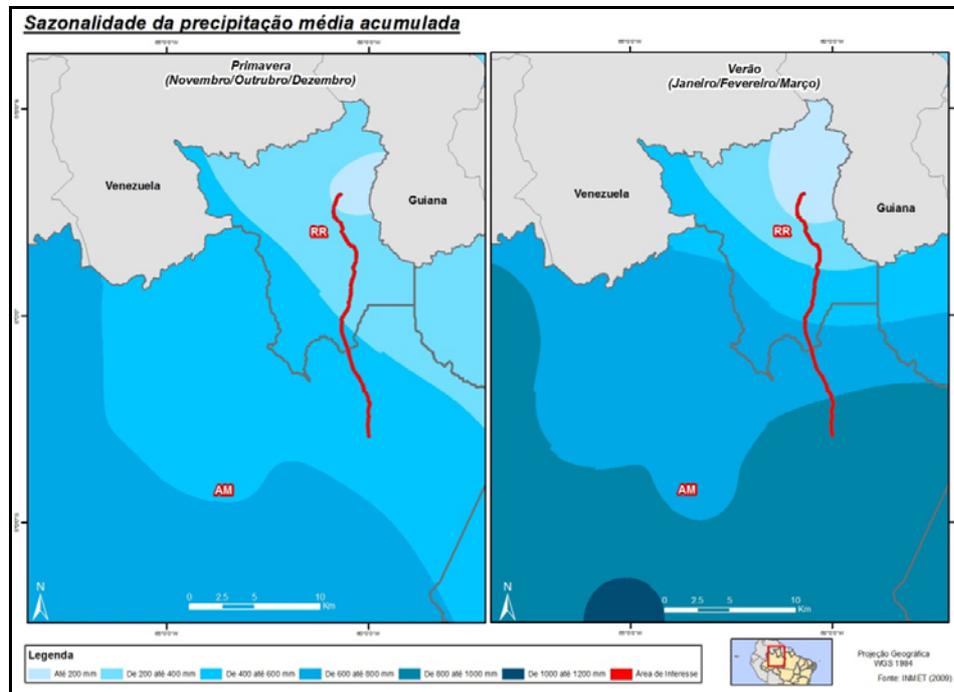
No período de novembro a maio é quando ocorre o maior índice de chuvas em Manaus, enquanto em Boa Vista esse período é entre maio e agosto. As menores precipitações em Manaus ocorrem entre junho e outubro, com média histórica mínima de 47,3 mm em agosto. O período seco em Boa Vista (de outubro a março) é muito mais intenso, com médias que variam entre 88 e 18 mm. Na **Figura 3.6.3.1-6** observa-se a distribuição dos valores médios mensais de precipitação ao longo do ano. A **Figura 3.6.3.1-7** e **Figura 3.6.3.1-8** apresentam o comportamento espacial da precipitação média ao longo do traçado da LT, respectivamente, na primavera e verão e no outono e inverno.

A precipitação média anual em Manaus é de 2.307,4 mm, e em Boa Vista é de 1.420,4 mm. A precipitação mínima média em Manaus é em torno de 47,3 mm e ocorre normalmente em agosto, conforme mencionado acima, e as máximas médias são em torno de 335 mm, com ocorrência em março. Já em Boa Vista as mínimas médias podem chegar a 18 mm em fevereiro, e as máximas médias chegam a 321 mm em junho.



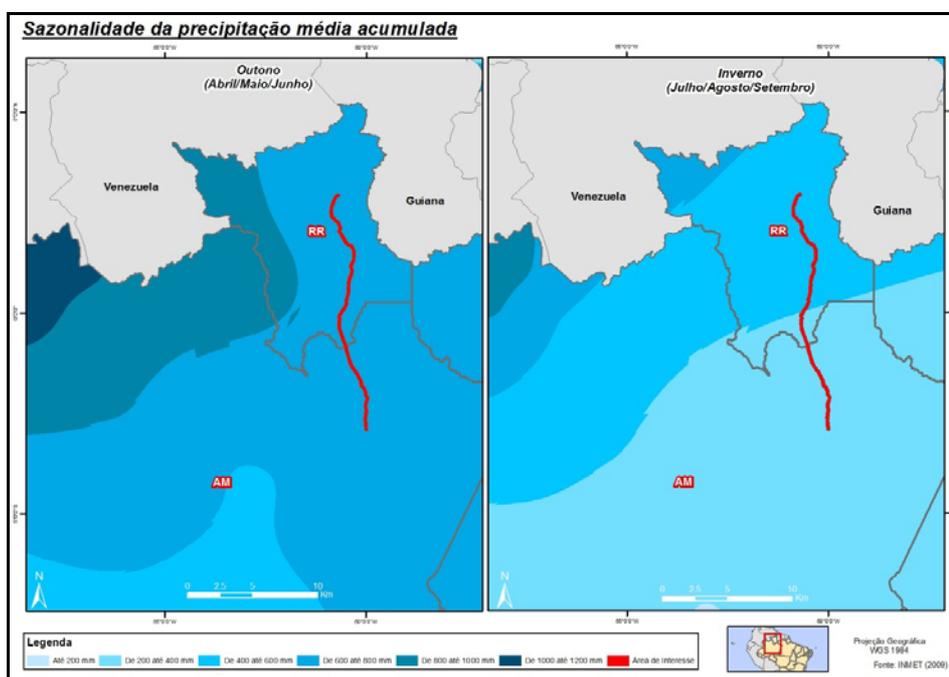
Fonte: INMET, 2009

Figura 3.6.3.1-6 - Normal climatológica de precipitação média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista



Fonte: INMET, 2009

Figura 3.6.3.1-7 - Comportamento espacial da precipitação média ao longo das estações primavera e verão



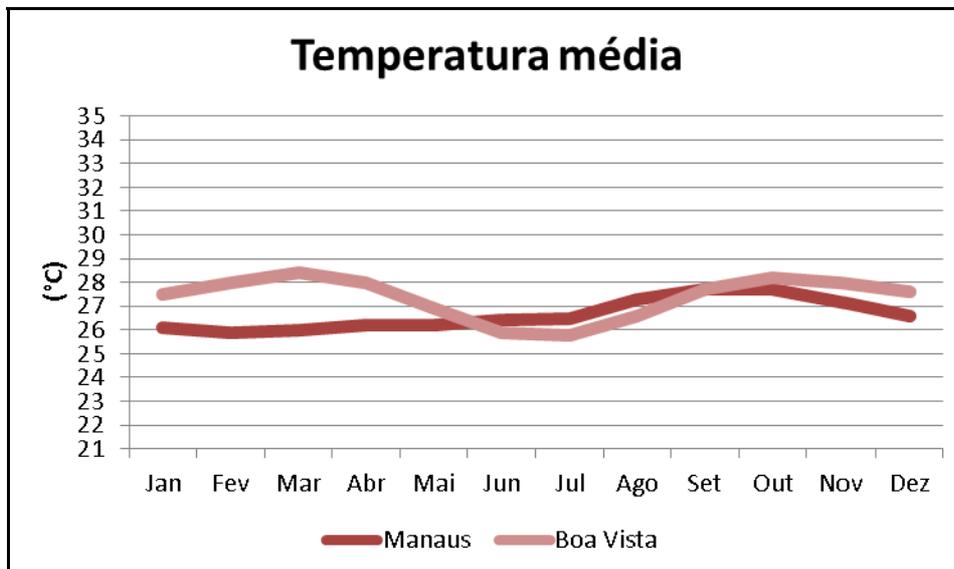
Fonte: INMET, 2009

Figura 3.6.3.1-8 - Comportamento espacial da precipitação média ao longo das estações outono e inverno

## Temperatura

A temperatura do ar reflete os resultados dos impactos energéticos da radiação solar sobre o sistema superfície-atmosfera combinados com aspectos astronômicos e dinâmicos de micro, meso e macro-escalas. Particularmente, a avaliação do comportamento das temperaturas médias ao longo do ano permite a identificação da sazonalidade, em função da plotagem das curvas referentes às médias das máximas temperaturas, médias compensadas e médias das mínimas temperaturas a partir das informações de cada mês. As curvas resultantes dos valores das médias das máximas e mínimas temperaturas apresentam estreita correlação com as curvas das médias compensadas e as de valores relativos máximos e mínimos.

Em Manaus os valores da temperatura média compensada apresentam pouca variabilidade nos meses de janeiro a março, com estabilidade e, posteriormente, com variabilidade crescente entre os meses de abril a outubro, vindo a decrescer a partir deste. Em Manaus, as médias ficam em torno de 25,9 e 27,7°C durante todo ano, com amplitude inferior a 2°C. Já em Boa Vista, as temperaturas apresentam um comportamento mais variável, com valores entre 28,4 e 25,8°C (amplitude térmica de aproximadamente 2,6°C) (Figura 3.6.3.1-9).

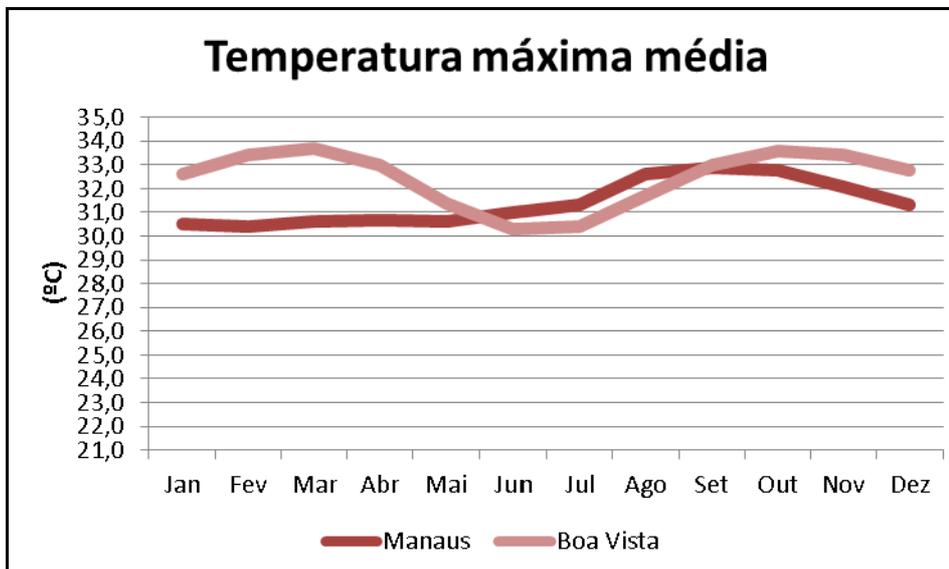


Fonte: INMET, 2009.

Figura 3.6.3.1-9 - Normal climatológica de temperatura média mensal compensada de 1961 a 1990 nas estações meteorológicas localizadas em Manaus e Boa Vista

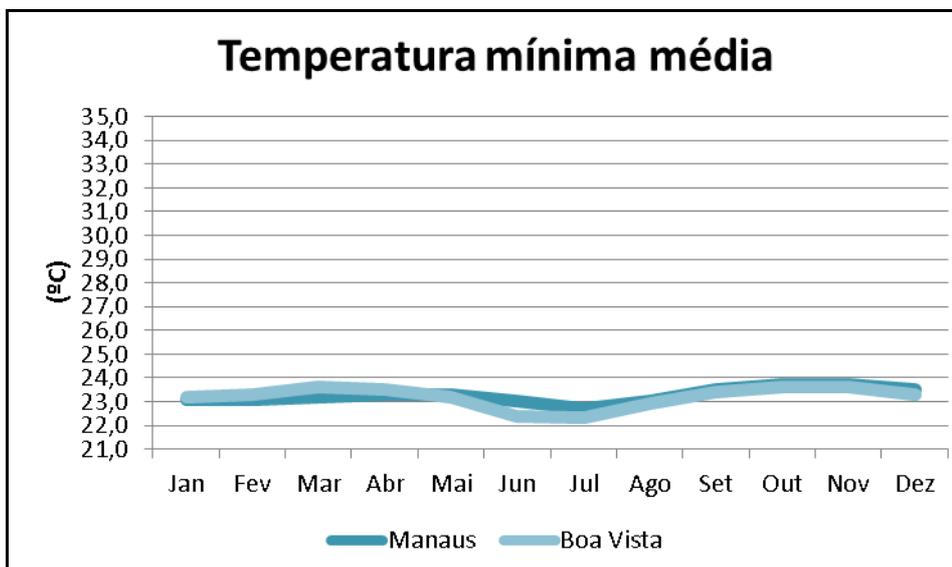
As curvas resultantes dos valores das médias das máximas e mínimas temperaturas apresentam estreita correlação com as curvas das médias compensadas e as de valores relativos máximos e mínimos. Em Manaus as máximas médias ficam entre 30,4 e 32,8°C. Em Boa Vista as máximas médias ficam entre 30,3 e 33,7°C. A Figura 3.6.3.1-10 apresenta os valores médios das temperaturas máximas.

Já em relação às temperaturas mínimas médias na região em estudo, observa-se através da Figura 3.6.3.1-11 que as curvas da temperatura mínima de Manaus e Boa Vista são mais próximas do que as médias compensadas e máximas. Em Manaus as mínimas médias ficam em torno de 22,7 e 23,7°C, mostrando mais uma vez a pequena variabilidade térmica dessa região, e em Boa Vista ficam entre 22,3 e 23,6°C.



Fonte: INMET, 2009.

Figura 3.6.3.1-10 - Normal climatológica de temperatura máxima média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista



Fonte: INMET, 2009

Figura 3.6.3.1-11 - Normal climatológica de temperatura mínima média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista

É possível ver, através da Figura 3.6.3.1-9, Figura 3.6.3.1-10 e Figura 3.6.3.1-11, que a região de estudo não apresenta grandes contrastes térmicos ao longo do ano, e isso se deve, em grande parte, ao aporte de umidade e energia que se concentra nas regiões equatoriais.

## Umidade Relativa do Ar

O parâmetro de umidade relativa (UR) consiste em 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 que deveria ter para saturar ( $e_s$ ) multiplicados por 100 que corresponde a porcentagem, onde:

$$UR = e / e_s \times 100$$

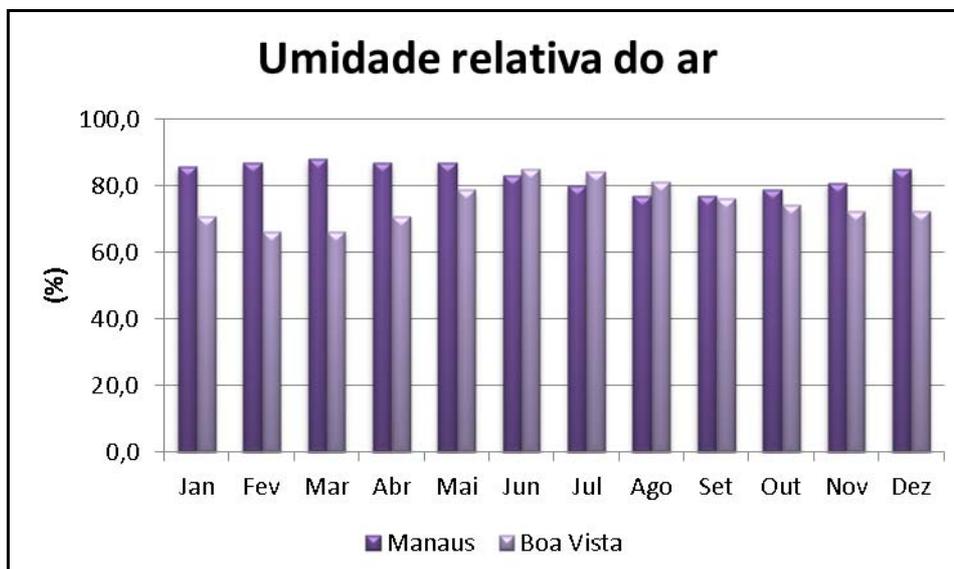
A umidade absoluta (UA) do ar - quantidade real de vapor d'água no ar - é definida como a massa de vapor d'água ( $mv$ ), por unidade de volume ( $V$ ) em  $m^3$ , onde:

$$UA = mv / V$$

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.

O índice de UR é muito utilizado para estabelecer o "conforto térmico" humano.

O índice da umidade relativa do ar média em Manaus fica acima de 80% de novembro a julho, e entre agosto e outubro fica entre 77 e 79%. Em Boa Vista esse índice fica acima de 80% entre junho e agosto, e entre setembro e abril o índice fica entre 76 e 66%. O índice mais baixo, de 66%, pode ser observado nos meses de fevereiro e março. A **Figura 3.6.3.1-12** apresenta os valores médios mensais de umidade relativa do ar nas estações em estudo.



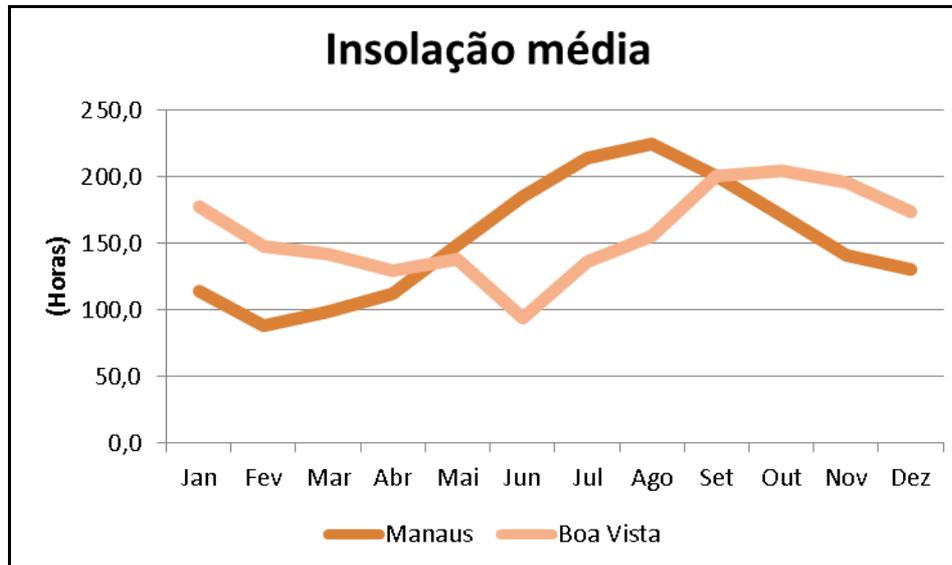
Fonte: INMET, 2009.

Figura 3.6.3.1-12 - Normal climatológica de umidade relativa do ar média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista

### Insolação

O número de horas de brilho solar (insolação) em cada mês do ano é função não somente da nebulosidade existente, mas também do período dito diurno dos dias (mais longos no verão e mais curtos no inverno). A distribuição anual do brilho solar pode estar relacionada com a distribuição anual das chuvas, que por sua vez relaciona-se com a nebulosidade. Em geral, o período em que ocorre o menor número de horas pode estar associado a épocas de maior aquecimento, onde há formações de nuvens que impedem a penetração direta da luz solar. Já o período em que apresenta maior número de horas de brilho solar, pode ser associado a períodos de dias sem nebulosidade e sobre influência de ar subsidente.

A insolação média em Manaus fica acima de 110 horas/mês durante a maior parte do ano, e apenas em fevereiro e março fica entre 87 a 98 horas, respectivamente. Em Boa Vista os índices médios de insolação são maiores, ficando acima de 120 horas/mês durante todo o ano (com exceção de junho, que apresenta média de 93 horas). A diferença entre os valores de Manaus e Boa Vista pode estar relacionada com a presença de muitas nuvens na região de Manaus. A Figura 3.6.3.1-13 apresenta a insolação média mensal nas estações da área de estudo.



Fonte: INMET, 2009

Figura 3.6.3.1-13 - Normal climatológica de insolação média mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista

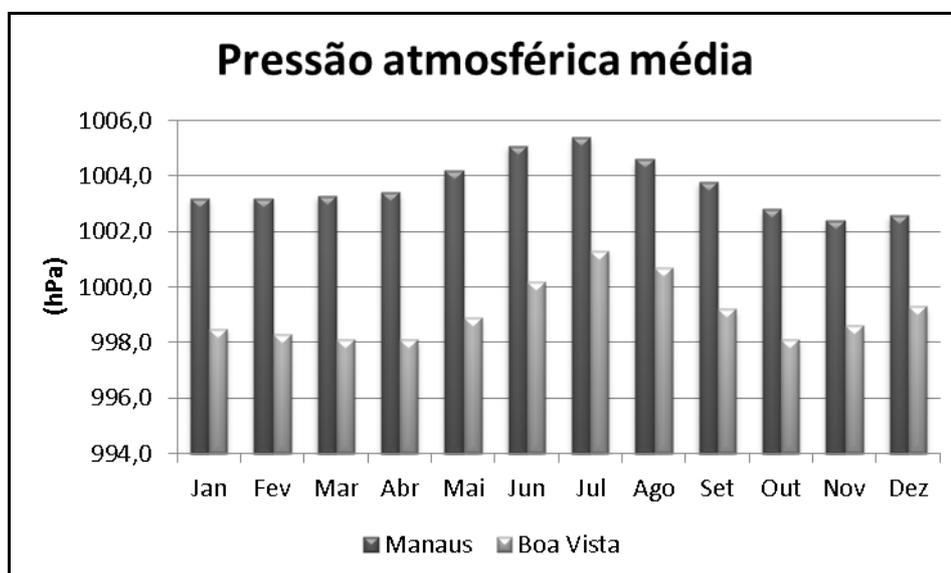
### Pressão Atmosférica

Sob o ponto de vista dinâmico, a pressão atmosférica é um importante elemento de caracterização dos sistemas de circulação de larga e meso-escalas.

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.

Sazonalmente, os valores de pressão atmosférica são maiores no inverno do que no verão, graças à interação de diversos fatores, tais como a posição relativa do sol no Hemisfério Norte, para a porção da LT inserida no Estado de Roraima - proporcionando energia solar incidente de menor intensidade e, por conseguinte, menor convecção continental -, e as maiores intensidades das massas polares migratórias de origem Antártica. No verão, o aquecimento solar mais intensificado, incidindo sobre a superfície, cria movimentos verticais ascendentes, que podem ou não formar nuvens, contrapondo-se ao peso do ar atmosférico e acarretando na redução da pressão atmosférica sobre a superfície. 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.

A Figura 3.6.3.1-14 apresenta os valores médios de pressão na região da LT 500 kV Manaus - Boa Vista e Subestações Associadas.



Fonte: INMET, 2009

Figura 3.6.3.1-14 - Normal climatológica de pressão atmosférica mensal de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista

A pressão atmosférica referente às estações Manaus e Boa Vista, apresentou os maiores valores no inverno (junho, julho e agosto) devido às menores temperaturas provocadas por massas de ar frio procedentes das regiões polares e Centros de Alta Pressão, e os menores valores no verão, tanto para Manaus quanto para Boa Vista. As variações são um pouco maiores em Boa Vista, possivelmente devido à elevação de terreno ser maior do que em Manaus.

### Direção e Velocidade dos Ventos

As diferentes condições de pressão atmosférica fazem com que o ar seja deslocado de uma área de maior pressão (Alta Pressão), para uma área de menor pressão (Baixa Pressão), e esse movimento dá origem aos ventos (MUNHOZ & GARCIA, 2008). Os ventos também são influenciados pelo movimento de rotação da Terra, pela topografia, e conseqüentemente, pelo atrito do ar com a superfície. A direção do vento também é muito variável no tempo e no espaço, quando levado em consideração os aspectos geográficos do local como rugosidade do terreno, a topografia, a vegetação, e a época do ano (sazonalidade).

Os ventos apresentam pequena variação na intensidade durante o ano, na região em estudo. Segundo a escala de ventos *Beaufort*, a calmaria tem a característica de ventos muito fracos, com intensidade menor que 1 Km/h (ou 0,27 m.s<sup>-1</sup>). Em Manaus a maior intensidade média aparece com 2,79 m.s<sup>-1</sup> no mês de setembro, mas varia menos de 1 m.s<sup>-1</sup> durante o ano. Essa intensidade é considerada “aragem” pela Escala *Beaufort* de ventos, ou seja, de pouca intensidade. Em Boa vista a maior intensidade aparece em fevereiro, com 3,40 m.s<sup>-1</sup>, sendo considerado vento fraco.

As direções predominantes são semelhantes em Manaus e Boa Vista, onde predominam os ventos de NE, tanto ao norte quanto ao sul da linha do equador. Apenas nos meses de junho e julho, no estado de Manaus, ocorrem ventos predominantes na direção SE.

O Quadro 3.6.3.1-4 mostra a intensidade média e direção predominante dos ventos nas duas estações meteorológicas. A Figura 3.6.3.1-15 e Figura 3.6.3.1-16 ilustram em forma de rosa dos ventos, o comportamento das direções predominantes em cada estação.

Quadro 3.6.3.1-4 - Normal climatológica da Intensidade média mensal e direção predominante dos ventos de 1961 a 1990 em Manaus e Boa Vista

Meses do ano	Manaus		Boa Vista	
	Intensidade média (m.s <sup>-1</sup> )	Direção predominante	Intensidade média (m.s <sup>-1</sup> )	Direção predominante
Jan	2,38	NE	3,32	NE
Fev	2,34	NE	3,40	NE
Mar	2,39	NE	3,17	NE
Abr	2,37	NE	2,53	NE
Mai	2,27	NE	1,68	NE
Jun	2,41	SE	1,20	NE
Jul	2,47	SE	1,12	NE
Ago	2,71	NE	1,30	NE
Set	2,79	NE	1,67	NE
Out	2,71	NE	1,80	NE
Nov	2,65	NE	1,93	NE
Dez	2,46	NE	2,63	NE

Fonte: INMET, 2009

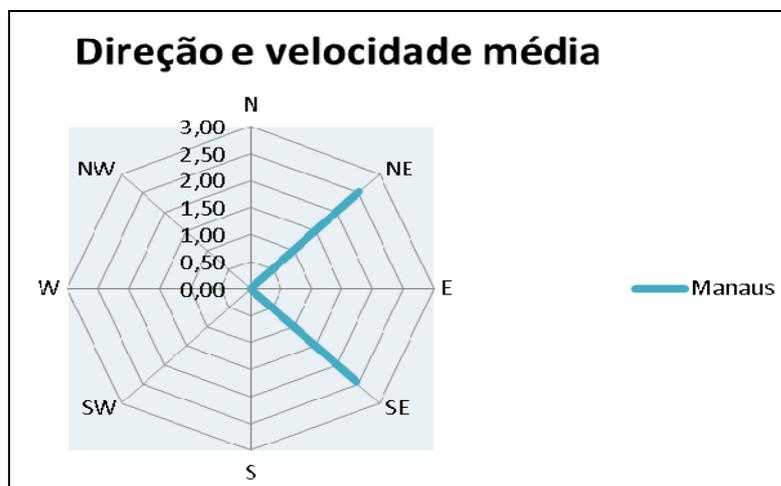


Figura 3.6.3.1-15 - Normal climatológica de direção predominante média dos ventos de 1961 a 1990 em Manaus

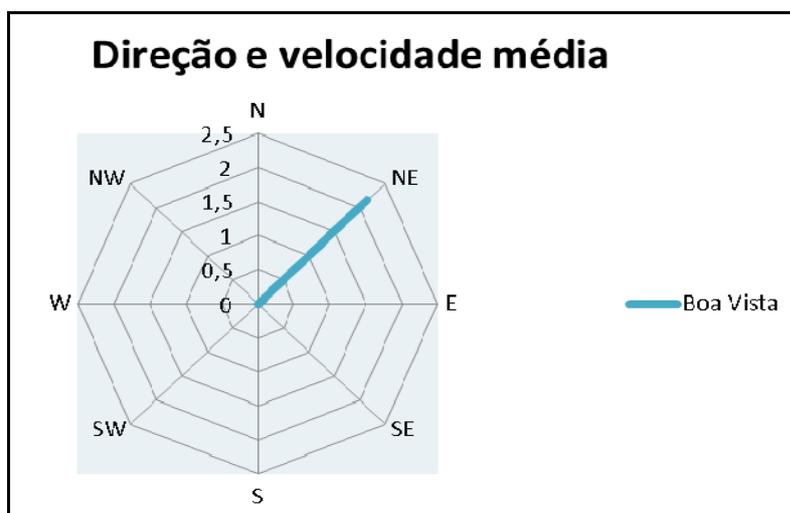


Figura 3.6.3.1-16 - Normal climatológica de direção predominante média dos ventos de 1961 a 1990 em Boa Vista