



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

HAROLDO MAGANO JÚNIOR

**ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA INCIDÊNCIA DE CHUVA NO MUNICÍPIO
DE ALTAMIRA-PA, NO PERÍODO DE 1981 A 2011.**

Nº 347

BELÉM-PA

JUNHO-2014

HAROLDO MAGANO JÚNIOR

**ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA INCIDÊNCIA DE CHUVA NO MUNICÍPIO
DE ALTAMIRA-PA, NO PERÍODO DE 1981 A 2011**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Faculdade de Meteorologia (FAME), do Instituto de Geociências (IG), da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito para obtenção do grau Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Paulino da Rocha
Co-orientador: Esp. Adriana Alves Carvalho

BELÉM-PA

JUNHO-2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M188a Magano Júnior, Haroldo

Análise climatológica da incidência de chuva no município de Altamira-Pa, no período de 1981 a 2011 / Haroldo Magano Júnior
– 2014

59 f. : il

Orientador: Edson Paulino da Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em meteorologia) – Faculdade de meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

1. Climatologia – Altamira (Pa). 2. Precipitação. 3. Estatística. 4. Geoprocessamento. I. Título.

CDD 22. ed.: 551.6098115

HAROLDO MAGANO JÚNIOR

ANÁLISE CLIMATOLÓGICA DA INCIDÊNCIA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE ALTAMIRA-PA, NO PERÍODO DE 1981 A 2011

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Faculdade de Meteorologia (FAME), do Instituto de Geociências (IG), da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito para obtenção do grau Bacharel em Meteorologia.

Aprovado em: ___/___/2014

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Edson Paulino da Rocha (Orientador)
Doutor em Meteorologia
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Esp. Adriana Alves Carvalho
Especialista em Geoprocessamento
Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia e
Universidade Federal do Pará (SUDAM/UFA)

Prof.: Hernani José Brazão Rodrigues
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof.: João Batista Miranda Ribeiro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

BELÉM-PA
JUNHO-2014

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre estar presente em minha vida, pois sem ele nada disso seria possível.

Ao meu pai Haroldo Magano, a minha mãe Maria de Nazaré dos Santos Pequeno Magano, a minha irmã Aline dos Santos Magano e seu marido Anderson Botelho, que sempre me incentivaram e apoiaram incondicionalmente em todos os momentos da minha vida.

Ao meu Professor orientador Dr.: Edson José Paulino da Rocha, aos Grandes Mestres com carinhos professora Maria do Carmo e professor Danilo Filho, a minha grande amiga Ingrid Peixoto com quem convive por muito tempo e a minha amiga Adriana Carvalho pela paciência e disposição na ajuda desta orientação deste trabalho, pois sem eles não teria conseguido desenvolver este trabalho.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por ter disponibilizado o banco de dados para que houvesse o desenvolvimento do mesmo.

A todos os professores do curso de meteorologia que contribuíram de alguma forma com minha formação profissional.

“É melhor atirar-se à luta em busca de dias melhores, mesmo correndo o risco de perder tudo, do que permanecer estático, como os podres de espírito, que não lutam, mas também não vencem que não conhecem a dor da derrota, nem a glória de ressurgir dos escombros. Esses pobres de espírito, ao final de sua jornada na Terra não agradecem a Deus por terem vivido, mas desculpam-se perante Ele, por terem apenas passado pela vida.”

Bob Marley

RESUMO

O presente trabalho é um estudo climatológico sobre a variabilidade anual, mensal e horário-mensal da precipitação pluviométrica na Cidade de Altamira-PA. Analisou-se também a distribuição da frequência acumulada horário-mensal, frequência trimestral horária da chuva e o desvio padrão mensal da precipitação. Para este trabalho foi utilizado dados de precipitação no período de 1981 até 2011, totalizando 31 anos de dados de chuva, esses dados são referentes ao acumulado das 09:00 até as 21:00 hora local e das 21:00 até as 09:00 hora local do dia posterior. A análise mostrou que na cidade de Altamira-Pa, em média chove 2085 mm ao ano, podendo ultrapassar os 2500 mm, sendo que o período chuvoso vai de Dezembro a Maio, correspondendo a 82 % da chuva anual na região e o menos chuvoso vai de Junho a Novembro, sendo responsável por 18 % da chuva. A climatologia mostra que a chuva tem uma variabilidade anual significativa, sendo influenciada principalmente pelos padrões do dipolo do atlântico e os fenômenos ENOS. Verificou-se também que a maior parte da ocorrência da chuva anual é pelo período das 21 horas até as 09 horas do dia posterior, onde as chuvas superiores a 50 mm e inferiores a 100 mm ocorrem com maior frequência. Para este mesmo intervalo de tempo a ocorrência de precipitação superior a 250 mm são mais frequentes no primeiro e segundo trimestre, apresentando também um alto desvio padrão nesse período, caracterizando bem a máxima atuação da ZCIT e das LIs sobre a região estudada.

Palavras-Chave: Climatologia. Precipitação. Estatística. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The present paper is a study of the climatological annual variability, and monthly time-monthly of rainfall in the city of Altamira, PA. Was analyzed the distribution of time-monthly cumulative frequency, quarterly frequency of hourly precipitation and monthly standard deviation of rainfall. For this work we used rainfall data from 1981 to 2011, totaling 31 years of rainfall data, these data are as cumulative from 09:00 until 21:00 local time and 21:00 to 09:00 local time the following day. The analysis showed that the city of Altamira-Pa rain on average 2085 mm per year, more may exceed 2500 mm, with the wettest period is from December to May. The analysis showed that in the city of Altamira-Pa on average 2085 mm rain per annum, sometimes exceeding 2500 mm, and the rainy season lasts from December to May, corresponding to 82% of annual rainfall in the region and less rainy from June to November, accounting for 18% of the rain. The climatology shows that rainfall has a significant annual variability being mainly influenced by the standards of the Atlantic dipole and ENSO phenomena, being mainly influenced by the standards of the Atlantic dipole and ENSO phenomena. It was also found that the occurrence of most of the annual rainy period is from 21 hours up to 09 hours, where greater than 250 mm rains are more frequent in the first and second quarter, also having a high standard deviation in this period, featuring well the maximum performance of the ITCZ and the LIs over the region.

Keyword: Climatology. Precipitation. Estatic. Geoprocessing.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB- Alta da Bolívia.

HN- Hemisfério Norte.

HS- Hemisfério Sul.

Lis- Linhas de Instabilidade.

LIC- Linhas de Instabilidade Costeira.

LIP – Linhas de Instabilidade de Propagação.

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo geral	10
1.2	Objetivo Específico	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Características da Precipitação Pluviométrica	11
2.2	Sistemas Meteorológicos Precipitantes Atuantes na Região Amazônica	11
3	MATERIAIS E METODOS	14
3.1	Área de Estudo	14
3.2	Dados	14
3.3	Metodologia do Trabalho	15
4	RESULTADOS e DISCUSSÕES	16
4.1	Variação anual da precipitação em Altamira – PA	16
4.2	Climatologia mensal da precipitação em Altamira-PA	19
4.3	Climatologia média da precipitação acumulada em 12 horas (09 as 21 e de 21 as 09 horas), em Altamira –PA	20
4.4	Distribuição de frequência acumulada mensal da precipitação (acumulado em 12h) em Altamira – PA	21
4.5	Distribuição trimestral da frequência acumulada da precipitação (acumulado em 12 horas) em Altamira – PA	24
4.6	Percentual mensal de precipitação acumulada, em Altamira – PA	26
4.7	Percentual mensal de precipitação acumulada, em Altamira –PA	27
4.8	Desvio padrão da precipitação (mm), em Altamira-PA.	28
5	Conclusões	30
	REFERÊNCIA	31

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira possui uma área aproximada de 5 milhões de km², sendo composta pelos estados do Pará, Amazonas, Rondônia, Roraima, Acre e Amapá e parte dos estados do Tocantins, Mato Grosso e Maranhão. O estado do Pará é o segundo maior estado da região norte com 1.247.954,666 Km², sendo que o município de Altamira é considerado o maior do mundo.

Ao longo dos anos a região amazônica vem se tornando a principal pauta de discussão no que diz respeito ao clima global, uma vez que na região tropical o parâmetro climatológico mais importante e de maior variabilidade é a precipitação (MOLION, 1987). A floresta amazônica de clima quente e úmido possui características bem peculiares, sendo que a ocorrência de longos e intensos períodos de chuva é um dos fatores que diferem esta região das outras partes do globo. Os amazônidas distinguem as estações do ano pelo período mais chuvoso e menos chuvoso, porém o período de ocorrência e de intensidade dessas fases depende da localização geográfica (COSTA et al, 1998).

Devido a sua extensa área a região amazônica apresenta grande variabilidade temporal e espacial de precipitação. Sendo que a média anual da precipitação é em torno de 2000 mm, podendo chegar a 3000 mm no oeste, noroeste da Amazônia (FIGUEROA; NOBRE, 1990).

1.1 Objetivo geral

Analisar a climatologia mensal, sazonal e anual da precipitação pluviométrica na cidade de Altamira-PA, observando a influência dos mecanismos interanuais de El Niño e La Niño, e dipolo do Atlântico, servindo como base para ações da defesa civil.

1.2 Objetivo específico

- a) Analisar a variabilidade horária, mensal e anual da precipitação na cidade de Altamira-PA.
- b) Analisar a probabilidade de ocorrência mensal e trimestral de precipitação em intervalos de classe.
- c) Analisar a dispersão da precipitação mensal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características da precipitação pluviométrica.

A característica da chuva depende muito da sua intensidade, duração e frequência de ocorrência. Essa relação é comumente chamada como relação Intensidade-duração-frequência de ocorrência de chuva (IDF). A maioria da coleta dos dados, no que diz respeito á precipitação pluviométrica, estão disponíveis em acumulados diários, dificultando uma melhor análise quanto a sua variabilidade horária, já a distribuição de ocorrência de chuvas horárias e mensais nos permite analisar a distribuição de frequência de eventos chuvosos.

Oliveira et al., (2007) relacionaram a intensidade-duração-frequência para algumas localidades do Estado de Goiás e Distrito Federal, empregando a metodologia da desagregação da chuva de um dia. Forgiarini; Silveira, (2009) concluíram que o uso de séries parciais tende a gerar resultados mais precisos em relação aos anuais. Pezzopane *et al.* (1993) caracterizaram a frequência horária e o total de precipitação em três localidades do Estado de São Paulo, objetivando o planejamento das diversas atividade agrícola. O mesmo verificou que as maiores intensidades e frequência da chuva ocorreram pelo período das 13 ás 24 horas e ás menores pelo período da manhã, sendo que os meses de maiores probabilidades de ocorrência de chuva foram de Janeiro a Abril e de outubro a dezembro nas três localidades estudadas.

2.2 Sistemas meteorológicos precipitantes atuantes na região Amazônica.

Segundo Martorano *et al* (1992) a precipitação pluviométrica na região equatorial é o elemento meteorológico que apresenta maior variabilidade, sendo que o estudo de suas características é de grande interesse, não somente para as atividades agrícolas, como também aquelas ligadas aos setores industriais como construção civil e geração de energia.

De acordo com Mota (2003), a distribuição da precipitação pluviométrica e sua variabilidade na América do Sul são muito importantes no entendimento local, regional e em circulação de grande escala. A precipitação pluviométrica na Amazônia é causada por diversos sistemas de grande, meso e microescala. Em grande escala podemos destacar a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Este sistema é formado pela

confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte e os ventos alísios do Hemisfério Sul (MOLION, 1987). Essa confluência acontece próximo ao equador terrestre devido à baixa pressão nessa faixa longitudinal (CARVALHO, 2012). Esse sistema é considerado um dos principais sistemas convectivos que influenciam a chuva na região amazônica, em especial no Estado do Pará, que é caracterizado por uma estação chuvosa e outra menos chuvosa (estação seca) (MORAES *et al.*, 2005), sendo que a precipitação também varia em quantidade e anualmente.

Souza (1997) concluiu que ambas as fases do Dipolo do Atlântico, o resfriamento anômalo das águas superficiais está associado à Pressão ao Nível Médio do Mar (PNM) anormalmente alta e a intensificação da Alta Subtropical, a qual é responsável pela impulsão dos ventos alísios na superfície. De maneira inversa, as águas superficiais mais aquecidas estão associadas à PNM mais baixas e a Alta Subtropicais mais enfraquecidas, resultando na intensificação dos ventos alísios. Souza, também mostrou que os padrões oceânicos atmosféricos na superfície durante os eventos de dipolo, influenciam diretamente no deslocamento da ZCIT em direção ao Hemisfério Sul HS, no final do Verão e início do Outono.

Souza; Alves; Xavier (1999) mostraram como as fases do dipolo “modulam” o posicionamento da banda de nebulosidade e de precipitação associada a ZCIT. Onde na fase positiva do dipolo do atlântico (anomalia positiva no HN e negativa no HS), o gradiente térmico tende a apontar para o Hemisfério Norte, conseqüentemente as anomalias positivas da precipitação associadas à ZCIT se posicionarão ao Norte do Equador. Por outro lado, na fase negativa do dipolo do atlântico (anomalia negativa no HN e positiva no HS), o gradiente térmico aponta para o Hemisfério Sul, portanto as anomalias positivas de precipitação associada à ZCIT tendem a posicionar-se ao sul do equador.

Cutrim; Molion; Nechet (2000) sugeriu que o principal mecanismo de chuva na Amazônia é a Alta da Bolívia (AB), onde durante o verão (dezembro a março). A AB tem seu centro localizado em torno de 20° S e 65° W e a convergência associada a ela é responsável por grande chuva na Amazônia, esse período é conhecido como período chuvoso. Quando a AB e a chuva associada a ela se desloca para noroeste da Amazônia durante o inverno (junho a agosto), sobre a América do sul tropical se estabelece um período seco devido o ramo descendente da célula de Hadley-Walker subsidir sobre essa região.

Analisando sistemas convectivos de mesoescala responsáveis pela chuva na região estudada, podemos destacar as Linhas de Instabilidade (LIs) como sendo uma banda de atividade convectiva, onde segundo (COHEN 1989) as LIs são responsáveis por aproximadamente 45% da chuva que cai sobre a região do leste do estado do Pará e sua máxima frequência de atuação vai de abril a agosto. As LIs sem propagação são denominadas de Linhas de Instabilidade Costeiras (LIC) e as LIs que se propagam continente a dentro, são chamadas de Linhas de Instabilidade de Propagação (LIP). Essas LIPs são divididas em duas categorias, uma com propagação horizontal entre 170 e 400 km, a partir da costa, caracterizada por LIP1 e outra com propagação horizontal superior a 400 km, continente adentro, caracterizada por LIP2. De acordo com Cohen (1989) as LIs formam-se na costa N-NE da América do Sul, desde a Guiana até o Estado do Maranhão, sendo que essas linhas estão associadas a circulação de brisas marítimas junto a costa.

Cavalcante (1982) num estudo utilizando imagens de satélite analisou a influencia da circulação de escala sinótica na circulação local e a interação entre as duas circulações, onde pode verificar que as brisas marítimas e terrestres ocorrem devido ao contraste de temperatura diário entre continente e oceano. A brisa marítima tem um importante papel nas regiões tropicais, pois além de levar umidade para o interior do continente, ameniza as altas temperaturas diárias, influenciando na precipitação e no clima das áreas atingidas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1- Áreas de estudo

Ao longo dos anos a expansão demográfica vem se intensificando cada vez mais de uma forma desenfreada ocasionando mudanças constantes no aspecto físico-territorial. Segundo Koppen (1948), o clima em Altamira-PA é classificado como equatorial humido. A cidade está localizada na meso-região do Sudoeste paraense, onde sua sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 3,2° de latitude Sul e 52,2° de longitude Oeste, com uma área de 159.534 km² e uma população atual de 99.075 habitantes. A cidade de Altamira está centrada as proximidades do Rio Xingu e está a cerca de 455,0 km, em uma linha reta, da Capital Belém-PA, sendo sua densidade demográfica de 0,62 (hab/km²) (IBGE, censo 2010).

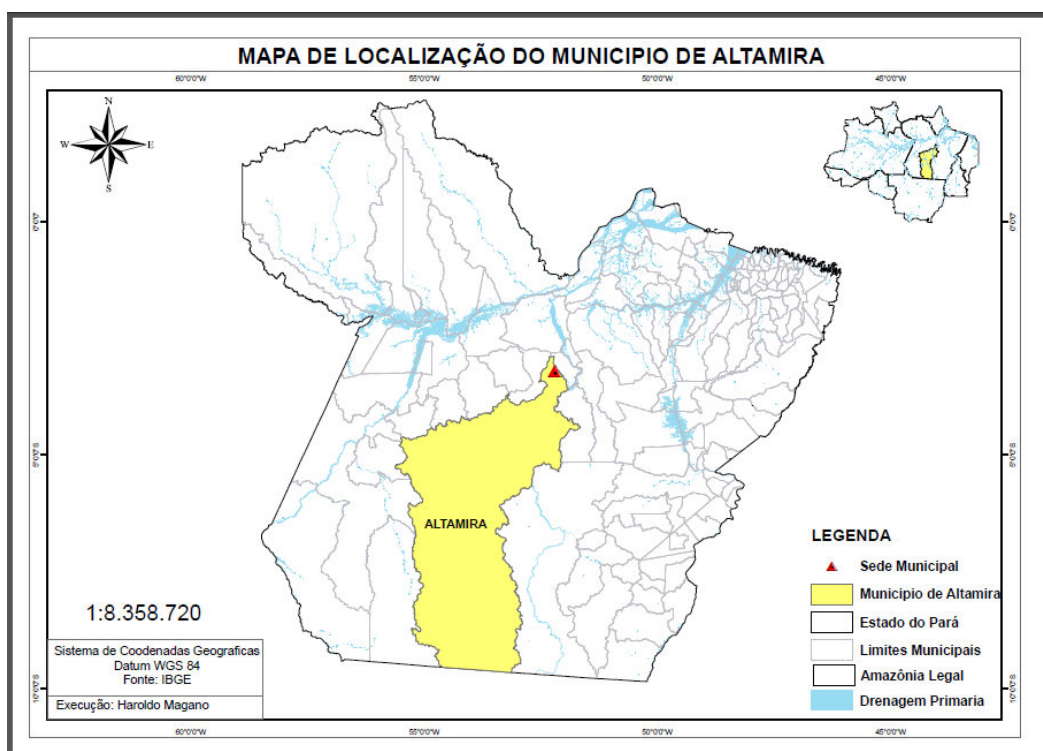


Figura 1: Localização do Município de Altamira – PA
Fonte: IBGE

3.2 Dados

Neste trabalho utilizaram-se dados de precipitação pluviométricos acumulado de 12 em 12 horas, sendo que a coleta é referente ao acumulado das 09:00 até as 21:00 hora local (onde aqui neste trabalho chamaremos de período diurno) e um segundo acumulado das 21:00 até às 09:00 hora local do dia posterior (onde chamaremos de período noturno). Os dados meteorológicos foram coletados nos principais horários sinóticos, equivalente as 12 UTC e 00 UTC, ou seja as 09:00 e 21:00 hora local, na estação meteorológica convencional da cidade de Altamira-PA, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado a 03°S de latitude, 052°W de longitude e altitude de 74,04m. Os dados são referentes ao período de Janeiro de 1981 a Dezembro de 2011, totalizando 31 anos de dados trabalhados, ou seja, uma climatologia de precipitação pluviométrica da região.

3.3 Metodologia do trabalho

Os dados de precipitação foram usados para os cálculos de variáveis estatísticas: médias horárias mensais, médias mensais e acumulados anuais. Segundo a metodologia

apresentada por Pezzopane (1995), inicialmente o dia foi dividido em 24 intervalos de uma hora, obtendo-se o total mensal de precipitação de uma hora, entretanto para este trabalho adaptou-se esta metodologia calculando-se também o total mensal de precipitação para o intervalo de 12 em 12 horas. Obtendo-se assim o total médio horário para este intervalo, dado pela equação:

$$P = p(h, m) = \sum p(h, m) / n$$

Onde P representa o total mensal de precipitação no intervalo de 12h; h representa o intervalo de 12h; m é o mês em questão e n é o número de anos de obtenção. Também foi determinada a frequência média mensal de precipitação no intervalo de 12 horas e trimestral para o mesmo intervalo.

$$f = f(h, m) = \sum NDM(h, m) / n$$

Onde NDM é o número de dias do mês com chuvas maiores que: $NDM \geq 50$ mm, $NDM > 100$ mm, $NDM > 150$ mm, $NDM > 200$ mm, $NDM > 250$ mm.

Posteriormente, foi determinada para cada intervalo de 12 h, a probabilidade da ocorrência de chuvas acima de 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, através do método da frequência relativa:

$$P_b(X, h, m) = (NDM > X / n) \times 100$$

Onde: P_b é a probabilidade de ocorrência de chuva maiores 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm, 250 mm, em um determinado intervalo de 12 horas(h); $NDM > X(h, m)$ é o número de dias do mês com chuva maior que X em um determinado intervalo de 12 horas de um determinado mês; n é o número de anos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados a seguir foram baseados em 31 anos de dados de precipitação pluviométrica (mm), 1981 a 2011, na cidade de Altamira-PA.

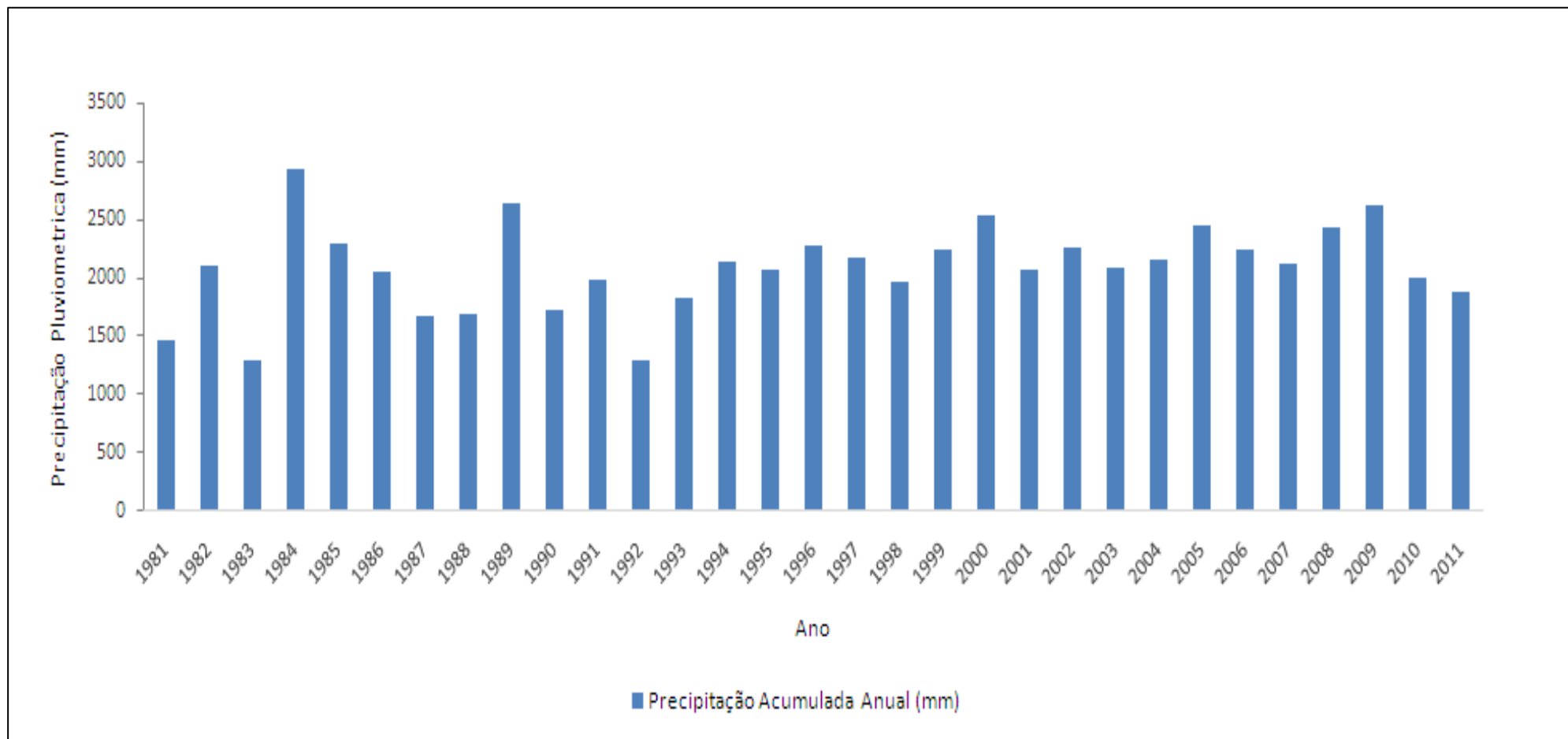
4.1. Variação anual da precipitação em Altamira – PA.

Na figura 2 pode-se observar a variação temporal da precipitação pluviométrica anual, no período de 1981 a 2011, para Cidade de Altamira-PA. De modo geral a variação de precipitação apresentou valores mínimos de 1293 mm e máximos de 2925 mm ao longo da serie estudada. A média de precipitação durante os 31 anos foi de 2085 mm, entretanto, observou-se oscilações, tanto inferiores quanto superiores, em torno da média, claramente relacionadas a um dos mais importantes modos de variabilidade interanual do sistema oceano-atmosfera, El Niño/Oscilação Sul (ENOS), além das associações com as anomalias climáticas de TSM, que influencia no padrão anual da precipitação sobre a região. Eventos de El niño classificado como Forte, foram observados nos anos de 1983 e 1992, onde ambos os anos tiveram um acumulado anual de 1293 mm e 1286 mm, respectivamente, caracterizando chuvas abaixo da média climática. Tal anomalia influencia diretamente na redução das chuvas na região amazônica, conseqüentemente ocasionando uma diminuição da precipitação na cidade de Altamira-Pa. Apesar de 2005 não ter ocorrido eventos de El niño Forte, mais a persistência de ocorrência de um El niño Fraco (Junho de 2004 a Fevereiro de 2005) ocasionou um baixo total anual pluviométrico nesse ano, fazendo com que a região passasse por um período prolongado de seca. Tal fato possivelmente explique a expressiva redução dos níveis fluviométricos no ano de 2005. Já evento de La nina forte foi verificado nos anos de 1984, 1989, 2000 e 2008 com 2925 mm, 2631 mm, 2539 mm, 2424 mm, respectivamente, relacionado com o aumento do volume de chuva, acima da média, na região como observado na climatologia anual da cidade.

O ano de 1984 foi quem apresentou maior acumulado de precipitação de toda á serie estudada, sendo seu acumulado de 2925 mm. Sousa; Almeida; Rolim (2002) analisou a questão do dipolo negativo do Atlântico (águas anormalmente mais aquecidas no atlântico tropical sul e anormalmente mais frias no atlântico tropical norte), onde pode constatar que na cidade de Belém ocorreu um excesso de precipitação nesse ano, ocasionado pela ocorrência deste fenômeno. Devido a anomalia negativa do atlântico tropical norte a alta semipermanente do atlântico norte se intensifica, deslocando a ZCIT (Zona de convergência Intertropical) mais para o sul do equador, fazendo com que ocorra chuvas acima da média. Possivelmente tal fenômeno associado

a ocorrência de uma La nina Forte pode ter influenciado no aumento significativo da chuva naquele ano na cidade de Altamira.

Figura 2: Variação anual da Precipitação pluviométrica (mm), no período de 1981 a 2011, na cidade de Altamira – PA.



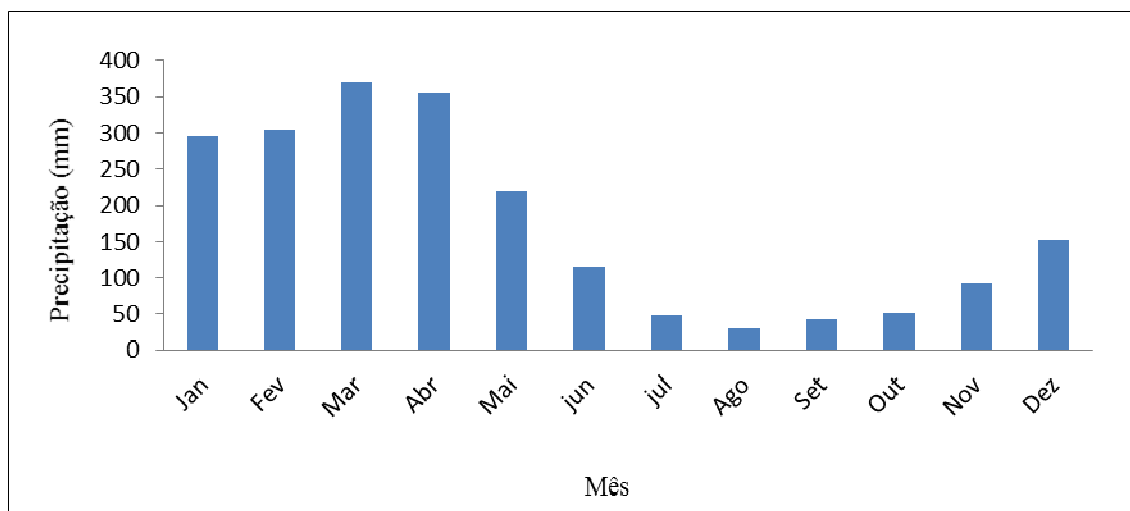
Fonte: Autor

4.2. Climatologia mensal da precipitação em Altamira-PA.

A figura 3 mostra a climatologia mensal da precipitação pluviométrica (PRP) na cidade de Altamira-PA. Observa-se ao longo do ano, certa variabilidade sazonal significativa de precipitação, caracterizando dois períodos distintos. Um período chuvoso, compreendido de dezembro a maio, correspondendo 82 % das chuvas durante o ano. E um período menos chuvoso, de junho a novembro, com percentual de 18% da precipitação anual da cidade de Altamira-PA. Os meses que apresentaram maiores volumes médios de precipitação foram março e abril, com um total médio de chuva de 397 mm e 356 mm, respectivamente. Justificado pela máxima atuação da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) associado à atuação de Linhas de Instabilidades (Lis) sobre a região, isso faz com que a chuva fique acima da media.

O menor registro de precipitação ao longo do ano ocorreu no mês de agosto, com cumulado médio de 30 mm, justificado pelo deslocamento da ZCIT mais para o hemisfério norte, conseqüentemente fazendo com que haja uma redução nos padrões de chuva local, nesse período (período menos chuvoso), as chuvas na cidade de Altamira-PA são mais caracterizadas pela convecção local.

Figura 3: Climatologia mensal da Precipitação pluviométrica (mm), no período de 1981 a 2011, na cidade de Altamira – PA.



Fonte: Autor

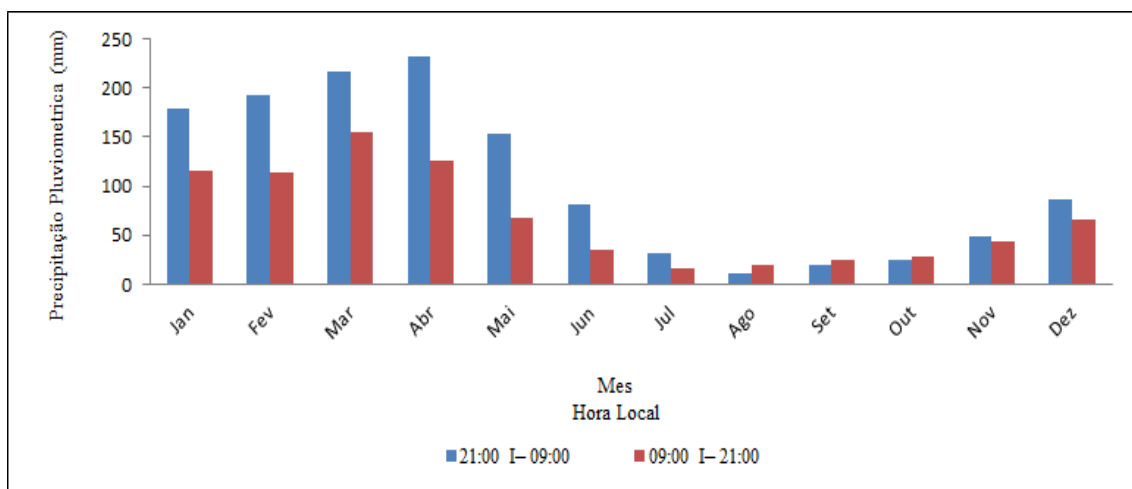
4.3. Climatologia média da precipitação acumulada em 12 horas (09 as 21 e de 21 às 09 horas), em Altamira – PA.

A figura 4 mostra a climatologia horária mensal da precipitação pluviométrica (mm) na cidade de Altamira-PA em dois intervalos de 12 horas, sendo o primeiro intervalo um acumulado das 21 horas até às 09 horas local do dia posterior (denominado de período noturno), e o segundo acumulado das 09 horas até às 21 horas local (denominado de período diurno). Observa-se ao longo dos meses uma predominância na ocorrência das chuvas pelo período noturno, apresentando maior variabilidade temporal e sazonal. Notou-se nitidamente que o período noturno foi quem apresentou maior variabilidade de chuva, quando comparado com o período diurno.

A predominância das chuvas noturnas é visualizada entre os meses de novembro a julho, sendo observada uma tendência crescente da precipitação no período de novembro a abril, onde o mês de abril foi quem apresentou o maior volume médio de precipitação, 231 mm de chuva pelo período da noite, registrado ao longo do ano. O gráfico abaixo também mostra que os maiores volumes de chuva tanto noturna quanto diurna, ocorreram no período chuvoso da cidade de Altamira-PA, correspondente de Dezembro a Maio, sendo justificado pela atuação da ZCIT associado a Linhas de Instabilidade (LIs) sobre a região, como mostrado nitidamente nos meses de março e abril, período de máxima atuação desses sistemas.

Nos meses de Junho e julho as chuvas têm maiores ocorrências pelo período da noite, caracterizando a influência das Linhas de instabilidade, já os meses de agosto a outubro observam-se uma maior predominância das chuvas no período diurno, caracterizando a convecção local da região, devido à variação de aquecimento da superfície com atmosfera.

Figura 4: Climatologia média da Precipitação acumulada em dois horários sinóticos, das 12 UTC e da 00 UTC, onde o primeiro é um acumulado das 21 às 09 horas local (HL), período noturno, e o segundo é um acumulado das 09 às 21 horas local (HL), período diurno, no período de 1981 a 2011, Altamira – PA.



Fonte: Autor

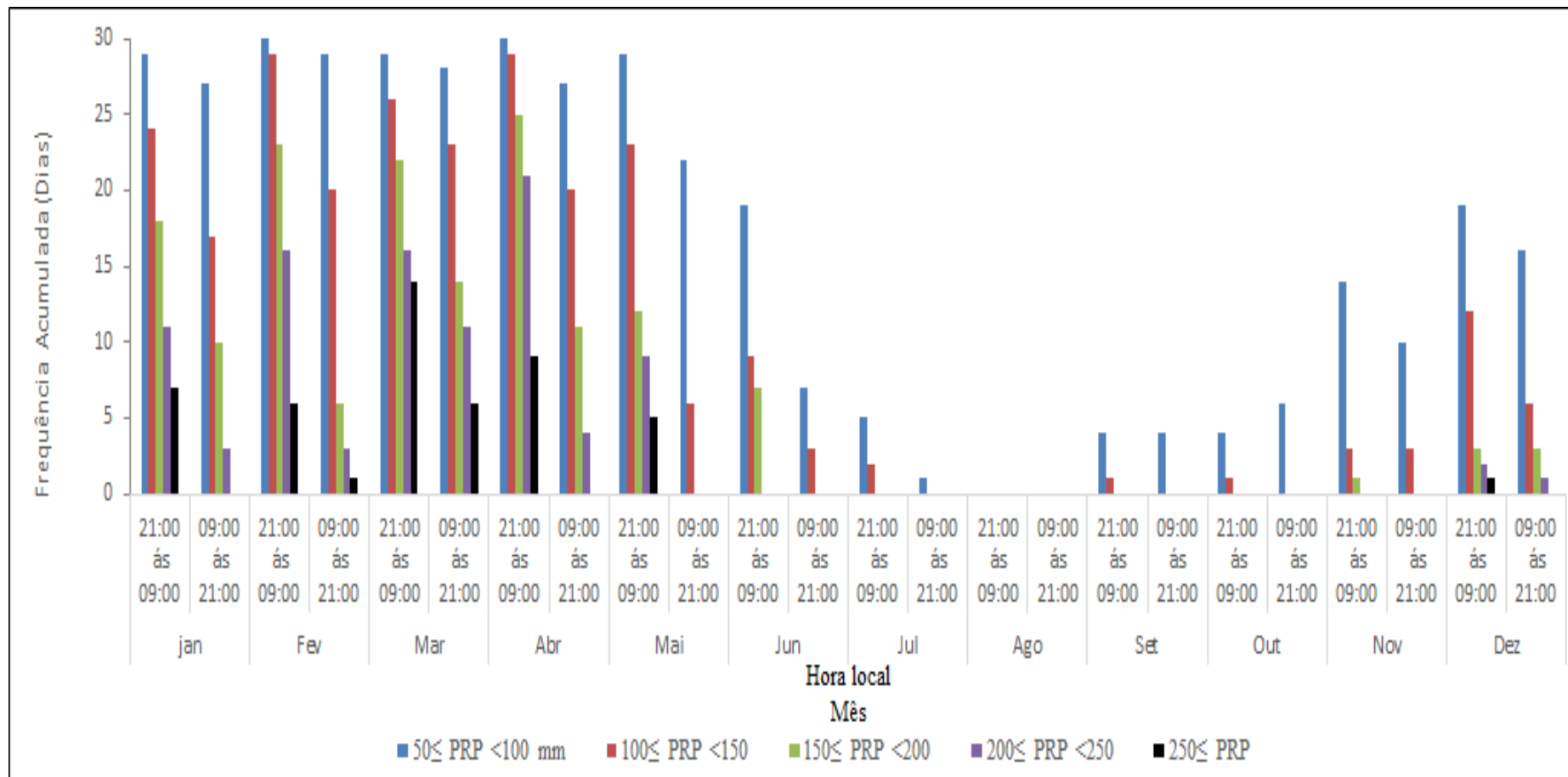
4.4- Distribuição de frequência acumulada mensal da precipitação (acumulado em 12h) em Altamira – PA.

Na figura 5 observa-se a distribuição da frequência acumulada mensal da precipitação pluviométrica (mm), dividida em dois intervalos de 12 em 12 horas, sendo o primeiro intervalo um acumulado das 21 horas até às 09 horas local do dia posterior (denominado de período noturno), e o segundo acumulado das 09 horas até às 21 horas local (denominado de período diurno). A frequência foi distribuída nos intervalos: PRP maior que 50 mm e menores que 100 mm; PRP maiores que 100 e menores que 150 mm; PRP maior que 150 e menor que 200 mm; PRP maior que 200 e menor que 250 mm; e PRP maior que 250 mm.

Na cidade de Altamira-Pa a uma maior ocorrência de chuva acima de 50 mm durante o ano, nos dois períodos. Percebeu-se uma ligeira tendência sazonal crescente de PRP no período chuvoso, verificado durante o dia. Entretanto, verificou-se que no período noturno ocorreram as maiores frequências acumuladas de PRP maiores 50 mm e menores que 100 mm, como pode ser observado durante todo o ano. Não se observou registro de chuvas maiores que 50 mm no mês de agosto, justamente pelo fato de nesse mês a frequência de ocorrências de chuvas serem mais proveniente de sistemas locais.

Notou-se que nos meses de dezembro a junho, do ano posterior, a frequência de PRP maiores que 100, 150, 200 e 250 mm ocorreram pelo período da noite, sendo que as frequências acumuladas superiores a 250 mm, foram mais expressivas nos meses de março e abril, sendo explicado pela intensa atuação de dois sistemas, um de grande escala e outro de mesoescala, sobre essa região. Já no período de maio a julho a ocorrência de PRP maiores que 100, 150 e 200 mm, pelo período da noite, se justificam pela atuação de Linhas de Instabilidades de Propagação. Nos meses de setembro, outubro e novembro as precipitações com maiores frequências foram de 50 mm em ambos os horários, sendo explicado pela convecção local da região, uma vez que os sistemas de meso e de grande escala, atuam com uma menor frequência nesse período.

Figura 5: Distribuição de frequência acumulada mensal da Precipitação em dois horários sinóticos, no período de 1981 a 2011, Altamira – PA.



Fonte: Autor

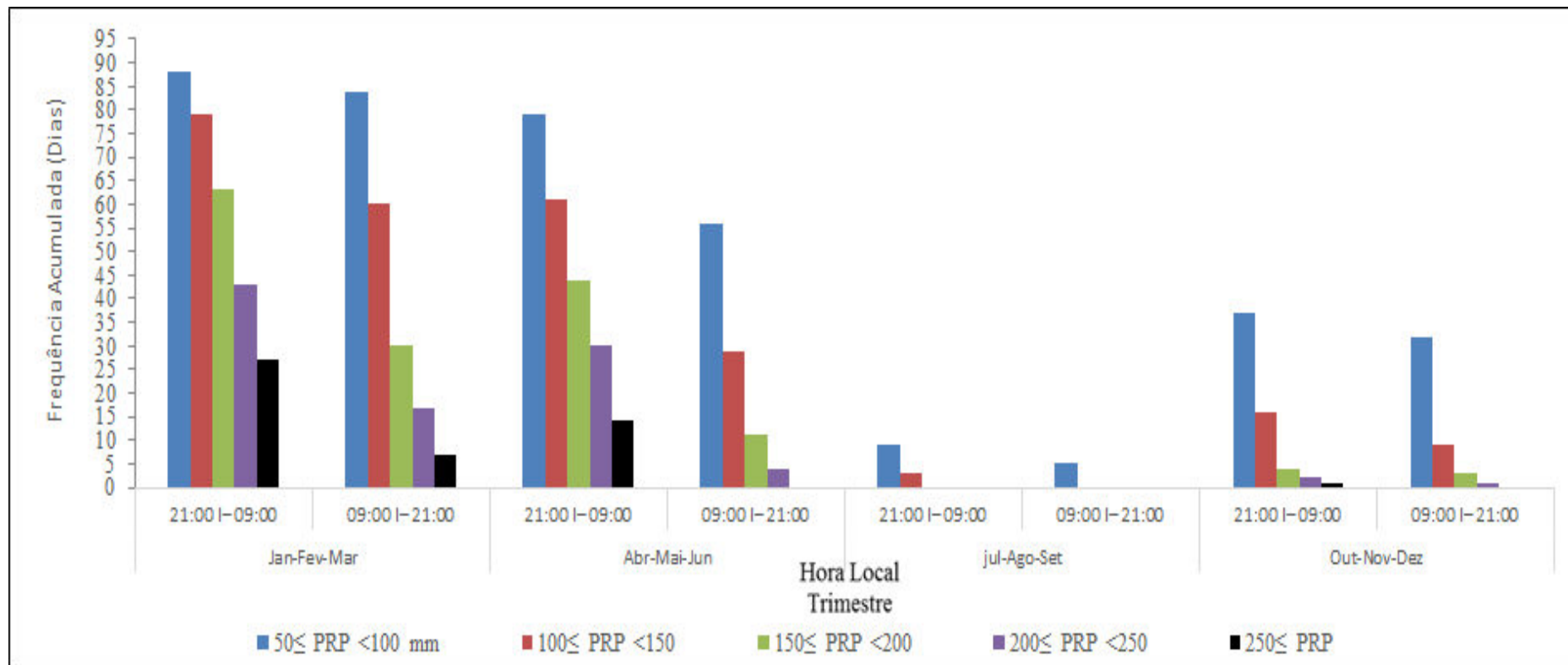
4.5. Distribuição trimestral da frequência acumulada da precipitação (acumulado em 12 horas) em Altamira – PA.

Na figura 6 pode-se observar a distribuição da frequência acumulada trimestral da precipitação dividida nos mesmos intervalos de horas do gráfico anterior. A frequência foi distribuída nos intervalos: PRP maior que 50 mm e menores que 100 mm; PRP maiores que 100 e menores que 150 mm; PRP maior que 150 e menor que 200 mm; PRP maior que 200 e menor que 250 mm; e PRP maior que 250 mm.

A distribuição trimestral da frequência de precipitação pode ser um bom indicativo no que diz respeito à concentração pluviométrica, indicando assim os meses que ocorreram chuvas com maior e menor frequência, representando bem assim a sazonalidade da região. A figura abaixo também mostrou que no primeiro e segundo trimestre, as chuvas foram mais freqüentes pelo período da noite, onde no primeiro trimestre (Jan-Fev-Mar) observou-se uma maior freqüência de ocorrências de chuvas superiores a 250 mm, em relação ao período diurno. Este fato pode ser explicado pela atuação de um sistema de escala sinótica, denominado de Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), onde é muito frequente sua atuação nesse período do ano nessa região. No segundo trimestre (Abr-Mai-Jun) observou-se também as ocorrências de chuvas superiores a 250 mm, mais com uma menor freqüência em relação ao primeiro trimestre. Este fato pode ser explicado pela atuação de sistemas de meso escala, como as Linhas de Instabilidades (LIs), onde segundo Cohen (1989), sua máxima freqüência de atuação vai de Abril a Agosto.

No terceiro e quarto trimestre observou-se uma maior freqüência de ocorrências de chuvas superiores a 50 mm pelo período noturno, sendo que no quarto trimestre (Out-Nov-Dez) a precipitação apresentou uma maior freqüência em relação ao terceiro trimestre. Isso pode ser explicado pela convecção local região

Figura 6: Distribuição trimestral da frequência acumulada diária da precipitação pluviométrica em dois horários, no período de 1981 a 2011, na cidade de Altamira-PA.



Fonte: Autor

4.6. Percentual mensal de precipitação acumulada, em Altamira – PA.

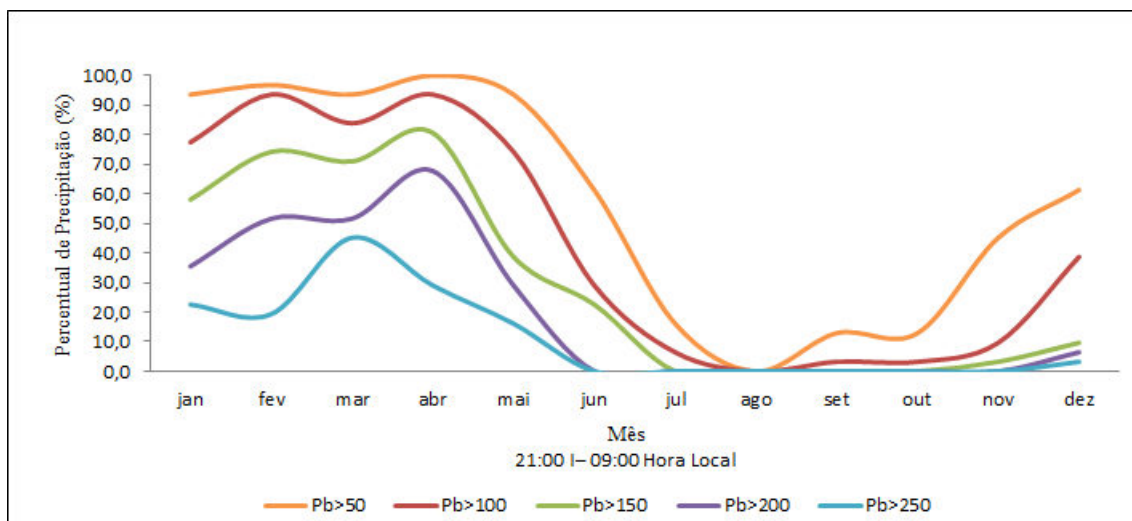
A figura 7 mostra a distribuição sazonal percentual da precipitação pluviométrica (%), no período de 1981 a 2011, em um acumulado de 12 horas, das 21 às 09 horas local do dia posterior, período noturno. Nos intervalos de precipitações (PRP) maiores que 50 mm e menores que 100 mm, PRP maiores que 100 e menores que 150 mm, PRP maior que 150 e menor que 200 mm, PRP maior que 200 e menor que 250 mm e PRP maior que 250 mm.

O gráfico abaixo mostra que na cidade de Altamira-PA a uma maior ocorrência anual percentual de chuvas superiores a 50 mm e inferiores a 100 mm, onde no período de Janeiro a Maio esse percentual foi superior a 90 %, chegando a 100 % no mês de Abril. Em contra partida, no mês de Agosto não houve ocorrências de chuvas superiores a 50 mm.

No período de Outubro a Abril percebeu-se uma ligeira tendência crescente percentual de precipitação em todos os intervalos, com exceção do mês de Março, onde a probabilidade de ocorrência de chuvas superiores a 50, 100, 150 e 200 mm teve um ligeiro decréscimo em relação ao mês anterior, entretanto o percentual de ocorrências de chuvas superiores a 250 mm aumentou nesse mês. Segundo Sousa (2004), isso se deve ao fato da Amazônia Oriental sofrer influência das TSMs dos Atlânticos e Pacífico principalmente a região Noroeste e Nordeste.

No período de Junho a Setembro a probabilidade de ocorrência de chuvas superiores a 50, 100, 150, 200 e 250 mm são inferiores a 70 %, justificado nos gráficos anteriores pelo deslocamento da ZCIT para o HN, reduzindo os padrões de chuva nesse período.

Figura 7: Percentual mensal de precipitação acumulada das 21 às 09 horas local do dia posterior, período noturno, no período de 1981 a 2011, na cidade de Altamira – PA.



Fonte: Autor

4.7. Percentual mensal de precipitação acumulada, em Altamira – PA.

A figura 8 mostra a distribuição sazonal percentual da precipitação pluviométrica (%), no período de 1981 a 2011, em um acumulado de 12 horas, das 09 às 21 horas local, período diurno. Nos intervalos de precipitações (PRP) maiores que 50 mm e menores que 100 mm, PRP maiores que 100 e menores que 150 mm, PRP maiores que 150 e menores que 200 mm, PRP maiores que 200 e menores que 250 mm e PRP maior que 250 mm.

O gráfico abaixo mostra que na cidade de Altamira-PA a uma maior ocorrência anual percentual de chuva superior a 50 mm e inferiores a 100 mm, onde a mesma apresentou uma ligeira tendência crescente sazonal de ocorrências de chuva no período de Setembro a Fevereiro.

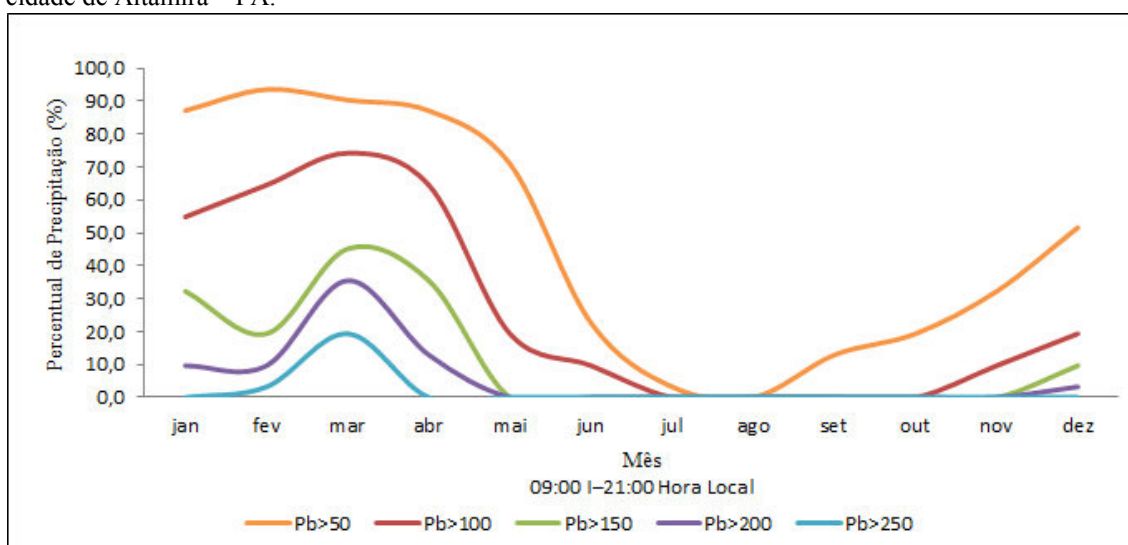
Nos intervalos de Dezembro a Março a probabilidade de ocorrência de chuva superior a 100 mm e inferior a 150 mm, sofreu um ligeiro crescimento de até 75 %, devido à instalação de um sistema de grande escala, ZCIT, responsável pela chuva na região.

Nos meses de Dezembro a Fevereiro a probabilidade de ocorrências de chuva superiores a 150 e 200 mm sofreu uma ligeira queda, aumentado no mês posterior, isso se justifica pela intensificação de atuação desse sistema de grande escala nesse período,

sendo que o mês de Março foi quem apresentou maiores probabilidades de chuva acima de 100, 150, 200 e 250 mm.

No período de Abril a Agosto a uma ligeira diminuição na probabilidade de ocorrências de chuva em todos os intervalos, sendo caracterizado pela diminuição da ocorrência de sistemas grande e meso escala responsáveis pela alta precipitação da região.

Figura 8: Percentual mensal de precipitação acumulado às 21 horas local, no período de 1981 a 2011, na cidade de Altamira – PA.



Fonte: Autor

4.8. Desvio padrão da precipitação (mm), em Altamira-PA.

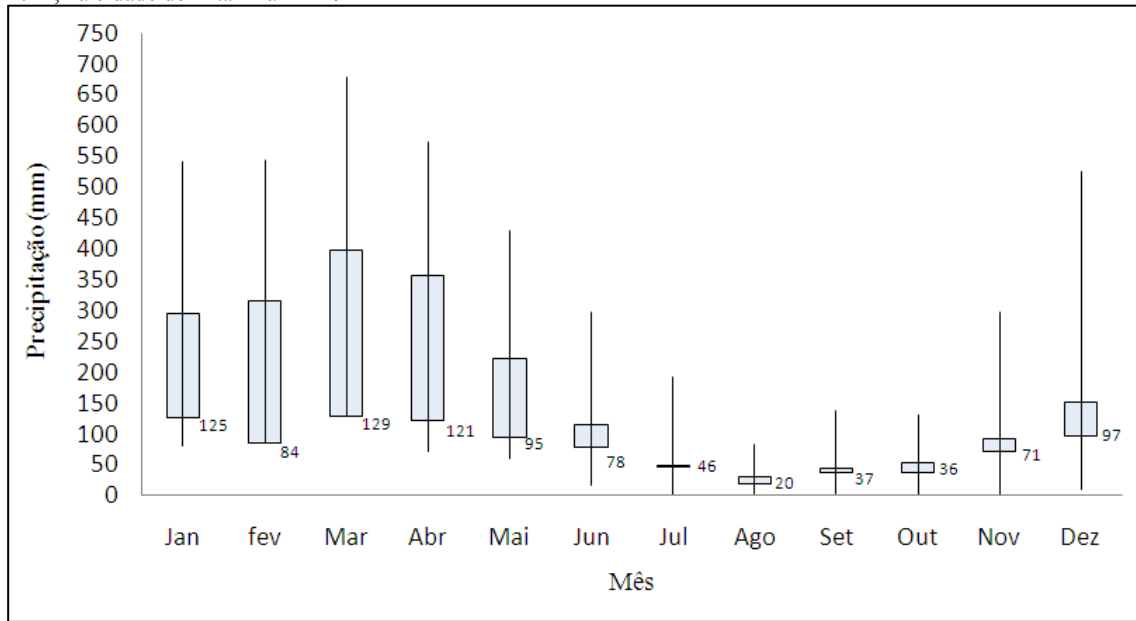
O gráfico a baixo apontou que na cidade de Altamira-Pa a média da chuva no período de Junho a Novembro é inferior a 150 mm, tendo um baixo desvio padrão variando em torno de 20 a 78 mm, indicando que essas dispersões em torno das médias são relativamente baixas, caracterizando bem o período menos chuvoso.

O gráfico também mostrou que nesse período houve um extremo absoluto máximo registrado no mês de Novembro com 297 mm. O mês de Agosto foi que apresentou menores valores extremos durante o ano, sendo seu máximo de 82 mm e o mínimo de 2,00 mm. Caracterizando bem os sistemas convectivos de microescala.

No período chuvoso, Dezembro a Maio, à variabilidade da chuva é maior em torno da média, sendo comprovado pelo desvio padrão que está entre 95 e 129 mm, indicando uma alta dispersão em torno da média.

Os valores extremos absolutos são maiores nesse período, onde o mês de Março foi quem apresentou maior valor extremo absoluto com 679 mm. Entretanto o mês de Dezembro também apresentou um extremo absoluto alto, provavelmente associado à ZCIT.

Figura 9: Desvio padrão mensal da climatologia mensal da Precipitação pluviométrica (mm), no período de 1981 a 2011, na cidade de Altamira – PA.



Fonte: Autor

5 CONCLUSÕES

A climatologia da precipitação pluviométrica (mm), para o período de 1981 a 2011, na cidade de Altamira-PA, mostrou que a chuva tem uma variabilidade anual significativa. Onde o El Niño diminui significativamente a precipitação anual em Altamira-PA e La Nina aumenta. O Dipolo Negativo do Atlântico associa a La Niña aumenta significativamente a chuva na região estudada.

O período chuvoso, Dezembro a Maio, corresponde a 82 % da chuva anual e o período menos chuvoso, Junho a Novembro, só corresponde a 12 % dessa chuva. Os meses que apresentaram maiores volumes médios de precipitação foram Março e Abril.

Concluiu-se também que ao longo dos anos há uma predominância de ocorrências de chuva pelo período da noite (21h até as 09h do dia posterior), recorrente aos meses de Novembro a Julho do ano posterior, sendo o mês de Abril o de maior chuva noturna e o de Agosto o de menor chuva.

Durante o ano a uma predominância de ocorrência de chuva superior a 50 mm e inferior a 100 mm em ambos os horários, entretanto as chuvas superiores a 250 mm são mais frequentes no primeiro e segundo trimestre pelo período da noite, caracterizando bem a máxima atuação da ZCIT e das LIs, principalmente nos meses de Março e Abril. Os percentuais de precipitação superior a 250 mm são maiores pelo período da noite no mês de Março. Onde o mesmo apresentou também um alto desvio padrão em torno da média e um extremo absoluto máximo durante o ano.

Em resumo os resultados mostraram que a chuva na cidade de Altamira apresenta alta variabilidade anual, sazonal e horária, sendo influenciada principalmente pelos fenômenos El niño, La niña, dipolo do Atlântico, Linhas de Instabilidades e convecção local.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A. A; **Análise de Estimativa de Precipitação Através do Satélite TRMM e CMORPH Para o Período de 2007 a 2010 EM BELÉM**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia) – Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- CAVALCANTI, I. F. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais**. São José dos Campos: INPE, 1982.
- COHEN, J. C. P. ; 1989. **Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia**. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. 121f. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, São José dos Campos-São Paulo.
- COSTA *et al.*, R. F. da. Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. **Acta amazônica**, v. 28, n. 4, p. 395-408, 1998.
- CUTRIM, E. MC; MOLION, L. B.; NECHET, Dimitri. Chuvas na Amazônia durante o século XX. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 2000. p. 1327-1333.
- FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.5, n.6, p. 36 - 45, 1990.
- FORGIARINI, F. R. ; SILVEIRA, A. L. L. . Avaliação do Uso de Séries Parciais Para a Estimativa de Intensidades Máximas e Períodos de Retorno. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico: município de Altamira-PA**. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150060&search=para|altamira>>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- _____. **Infográficos**: dados gerais do município de Altamira-PA. 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=150060#>>. Acesso em: 10 mar. 2013.
- KOEPPEL, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- MARTORANO, L.G. *et al.* 1992 **Estudos climatológicos do estado do Pará, classificação climática (KÓPPEN) e deficiência hídrica (THORNTHWHITE, MATHER)**. Belém, SUDAM/EMBRAPA, SNLCS.53p.
- MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, n. 1, p. 107-117, 1987.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N. da; COSTA, A. C. L. da; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 35, p. 207-214, 2005.

MOTA, G. V. **Characteristics of rainfall and precipitation features defined by the Tropical Rainfall Measuring Mission over South America**. Diss. The University of Utah, 2003.

OLIVEIRA, L. F. C. *et al.* Intensidade-Duração-Frequência de Chuvas Intensas Para Localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Tropical. Agricultural Research in the Tropics*, v. 35, n. 1, p. 13-18, 2007.

PEZZOPANE, J. E. M. *et al.* Caracterização da chuva horária em três locais do Estado de São Paulo: um subsídio ao planejamento de operações agrícolas de campo. **Sci. agric.**, Piracicaba, SP, v. 52, n. 1, p. 70-77, 1995. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/sa/v52n1/12.pdf> >. Acesso em: 15 maio.2013.

SILVA, L. da. **Captação de água de chuvas na zona rural: uma alternativa para a convivência no semi-árido nordestino**. 2005.

SOUSA, E. P. P. de. **Relações Entre as Anomalias de TSM do Atlântico e Pacífico e as Precipitações na Amazônia Oriental**. 2004. 78p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Instituto nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

SOUSA, J. R. A.; ALMEIDA, R. M. B. de; ROLIM, P. A. M. . Influência do DIPOLO DO ATLÂNTICO nas Precipitações do Leste da Amazônia/Litoral Norte Brasileiro (Macapá-AP, Belém-PA e São Luis-MA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, nº13 2004, Fortaleza **Anais...**Fortaleza: SBMet, 2002. v. 1.

SOUZA, E. B. de. **Um Estudo Observacional Sobre o Padrão de Dipolo de Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no Oceano Atlântico Tropical**. [S.l.]: INPE, 1997.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; XAVIER, T. M. B. S. Distribuição mensal e sazonal da precipitação no semi-árido nordestino durante os anos de predominância de aquecimento ou resfriamento observados em toda a Bacia do Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n. 1, p. 01-09, 1999.