



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE METEOROLOGIA**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MONIK FERNANDES DE ALBUQUERQUE**

***PRECIPITAÇÃO NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DO PARÁ:  
CLIMATOLOGIA, VARIABILIDADE E TENDÊNCIAS NAS  
ÚLTIMAS DÉCADAS (1978-2008)***

**277**

Belém - PA  
Janeiro-2010

MONIK FERNANDES DE ALBUQUERQUE

**PRECIPITAÇÃO NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DO PARÁ:  
CLIMATOLOGIA, VARIABILIDADE E TENDÊNCIAS NAS  
ÚLTIMAS DÉCADAS (1978-2008)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau superior de Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Everaldo Barreiros de Souza

Belém – PA  
Janeiro – 2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

A345p Albuquerque, Monik Fernandes de

Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008) / Monik Fernandes de Albuquerque; Orientador: Everaldo Barreiros de Souza – 2010

47 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2009.

1. Climatologia (Pará). 2. Tendência. 3. Variabilidade. 4. RPCH. 5. Mesorregiões do Pará. I. Universidade Federal do Pará. II. Souza, Everaldo Barreiros de, *orient.* III. Título.

CDD 20<sup>o</sup> ed.: 551.698115

---

MONIK FERNANDES DE ALBUQUERQUE

**PRECIPITAÇÃO NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DO PARÁ:  
CLIMATOLOGIA, VARIABILIDADE E TENDÊNCIAS NAS  
ÚLTIMAS DÉCADAS (1978-2008)**

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

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca examinadora:

---

Prof. Everaldo Barreiros de Souza – Orientador  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

---

Prof<sup>a</sup>. Maria do Carmo Felipe de Oliveira - Membro  
Mestre em Meteorologia Agrícola  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. João Batista Miranda Ribeiro – Membro.  
Doutor em Ciências Ambientais  
Universidade Federal do Pará

*Dedico esta obra à minha mãe,  
Maria José de Albuquerque Batista.*

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, em especial a minha querida mãe Maria José de Albuquerque Batista, que sempre esteve ao meu lado, apoiando todas as minhas decisões, acreditando em meus sonhos e me ajudando a torná-los realidade. Ao meu pai Benicio Fernandes, pela educação dada até aqui e a minha irmã Lhorem Albuquerque, pelo apoio, pelas inúmeras caronas, incontáveis consultas particulares e principalmente por me ajudar em momentos primordiais para a elaboração deste trabalho.

Ao meu amado e insubstituível Duda, pela companhia silenciosa em todas as madrugadas de trabalho em frente ao computador, Deus o colocou ao meu lado, nas horas que seriam as mais solitárias, pra mostrar que eu não estava sozinha nessa caminhada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Everaldo Barretos de Souza que tão gentilmente me ajudou e me mostrou exatamente o caminho a ser seguido. Sua paciência e bom humor foram de extrema importância na elaboração deste trabalho. Agradeço pelas inúmeras oportunidades e pelos grandes ensinamentos que me foi passado durante os meses que tive o prazer em trabalhar como sua bolsista.

Ao CNPq pela bolsa PIBIC concedida no âmbito do Projeto LABORATÓRIO DE PREVISÃO CLIMÁTICA REGIONAL DA AMAZÔNIA ORIENTAL (LABCLIMA), processo 570113/2008-3.

À querida professora Maria do Carmo Felipe de Oliveira, pelo carinho, amizade, confiança e acima de tudo por estar sempre ao meu lado em todos os momentos, partilhando comigo as vitórias e me ajudando a superar os obstáculos. Devo a ela grande parte de meu crescimento profissional e pessoal, não conseguiria chegar aonde cheguei sem seu apoio incondicional. Sairei da universidade com a sensação de que, acima de tudo, ganhei uma segunda mãe, que estará pra sempre guardada nas melhores recordações que levarei dos anos que passei na universidade.

Ao querido professor Antonio Carlos Lôla, pelas inúmeras oportunidades que me confiou, pela extrema paciência, pelo carinho com que sempre me

tratou, pelas incríveis experiências que me deixou viver em Caxiuanã e principalmente por tudo que me ensinou durante os anos de convivência. Sempre foi e continuará sendo meu espelho na meteorologia.

Ao meu querido afilhado Samuel Luji, por alegrar meus dias e pela constante lembrança de que a vida é muito mais do que trabalho.

Aos amigos: José Augusto de Souza Júnior, pelo ombro amigo e ajuda em todos os momentos, pelo companheirismo e pelo seu constante otimismo, sem ele tudo seria mais difícil; A querida Ana Paula Paes, que de maneira surpreendente tornou-se uma das maiores incentivadoras do meu sucesso; Agradeço também aos queridos amigos de Laboratório Jorge Seráfico, Flávio Mendese Silvia Garcêz pela amizade, pelos momentos de descontração que de uma maneira ou outra contribuíram para este trabalho; Aos meus queridos Bruno Takeshi e Alex Oliveira, pela inigualável companhia, ajuda e amizade; A Andressa Lima, Rômulo Oliveira, Adriano Marlisom e a Ana Noele, pelos artigos e pela paciência e disposição em me ajuda.

Ao Projeto Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Estado do Pará – RPCH, pelos dados, pela bolsa e pela estrutura física para a elaboração deste trabalho.

A todos os professores da faculdade de Meteorologia, em especial aqueles que me apoiaram e me ajudaram a crescer: Aurora Mota, pela paciência, confiança e carinho e principalmente pelas grandes oportunidades que sempre me proporcionou, foi sempre um prazer trabalhar em seus projetos; A Isa Maria pelas agradáveis conversas e por tudo que me ensinou durante esses anos; Ao querido Dimitrie Nechet, pelos inúmeros conselhos e a inegável ajuda durante todo o curso e ao Paulo Kuhn que gentilmente sempre me ajudou no que precisei durante o período que trabalhei no Laboratório RPCH.

E a todos que de maneira geral me ajudaram na elaboração deste trabalho.

A todos, Muito Obrigada!

*"Viver não é esperar a tempestade passar...  
é aprender como dançar na chuva."*

*(Autor Desconhecido)*

## RESUMO

Este trabalho utilizou dados de precipitação do período de 1978 a 2008 do bando de dados do projeto Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará (RPCH), com o objetivo de estudar a Climatologia, Variabilidade e Tendência da precipitação nas seis mesorregiões do estado do Pará, nas últimas décadas, considerando as escalas anual, sazonal e mensal para análise climatologia e as médias anuais e sazonais para a análise da variabilidade e tendência da precipitação nas diferentes mesorregiões do Pará. Os resultados evidenciaram que, os maiores índices pluviométricos estão concentrados nas mesorregiões do Marajó, Metropolitana e Nordeste Paraense, com precipitação anual superior a 2000 mm. Por outro lado, os menores valores anuais de precipitação, ficam reservados as mesorregiões Sudeste e Sudoeste do Pará. Observou-se claramente que o verão e o outono, seguramente, abrigam os meses mais chuvosos do estado. Em geral, a época chuvosa inicia-se em dezembro e tem duração de cinco a seis meses, sendo o mês de março o que apresenta maior índice pluviométrico. A época menos chuvosa, onde predominam as chuvas de caráter convectivo, abrangem os demais meses do ano, sendo que o período de maior estiagem ocorre entre os meses de setembro e outubro. Observando as séries temporais da anomalia de precipitação padronizada anual, nota-se que a precipitação passou a apresentar anomalias negativas a partir da década de 90, para quase todas as mesorregiões do estado, ressaltando que apenas a mesorregião Nordeste do estado, não apresenta grande variação de anomalia. A análise individual sazonal pode-se notar uma inversão no padrão anual de anomalia, no trimestre de MAM, com altos índices de anomalia de precipitação após a década de 90, para todas as mesorregiões do Pará.

**Palavra-chave:** Climatologia. Tendência. Variabilidade. RPCH. Mesorregiões do Pará.

## ABSTRACT

This study used precipitation data from the period of 1978 to 2008 from project RPCH (Pará's Hydrometeorological and Climate Prediction State Net) Project database with the objective to studying the climatology, variability and trend of precipitation in six meso-regions of the state of Pará, in the last decades, considering the annual, seasonal and monthly scales for climate analysis and the seasonal and annual averages for the analysis of variability and trend of rainfall in different Pará's meso-regions. The results showed that the highest rainfall are concentrated in the meso-regions of Marajó, Metropolitan and Northeast of Pará's State, with annual precipitation exceeding 2000 mm. On the other hand, the lowest annual rainfall values, are reserved to the Southeast and Southwest meso-regions of Pará. It was clearly observed that summer and autumn, certainly, surely, have the rainiest months of the state. In general, the rainy season starts in December and lasts five to six months, where March is the month with highest rainfall index. The less rainy season, where dominates the convective rainfalls, cover the remaining months of the years, and the period of greatest drought occurs between the months of September and October. Watching the time series of annual standardized anomaly of rainfall, it is noted that the precipitation started to show negative anomalies from the decade of 90, for almost all meso-regions of the state, noting that only the northeast meso-region of the state, do not show a wide variation of anomaly. The seasonal individual analyze can note a reversal in the annual pattern of abnormality in the MAM quarter, with high rates of precipitation anomaly after the decade of 90 for all meso-regions of Pará.

**Keyword:** Climatology. Trend. Variability. RPCH. Pará's Meso-Regions.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Localização das estações pluviométricas sobre o estado do Pará usadas para gerar a climatologia da precipitação da Rede de Previsão Climática e Hidrometeorológica (RPCH).....24
- Figura 2. Mapa das seis mesorregiões geográficas, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística . .....25
- Figura 3. Médias climatológicas da precipitação anual (média 1978-2008) representativas das mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....27
- Figura 4. Médias climatológicas da precipitação sazonal (média 1978-2008) representativas das mesorregiões do Pará para as estações de inverno, primavera, verão e outono. Unidade: mm.....29
- Figura 5. Médias climatológicas da precipitação mensal (média 1978-2008) representativas das mesorregiões do Pará para os meses de janeiro a dezembro. Unidade: mm.....31
- Figura 6. Séries temporais da precipitação total anual nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....32
- Figura 7. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada anual nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....33
- Figura 8. Séries temporais da precipitação total sazonal para DJF (verão) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....35
- Figura 9. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada sazonal para DJF (verão) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....36
- Figura 10. Séries temporais da precipitação total sazonal para MAM (outono) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....37
- Figura 11. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada sazonal para MAM (outono) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm. ....38

Figura 12. Séries temporais da precipitação total sazonal para JJA (inverno) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....	39
Figura 13. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada sazonal para JJA (inverno) nas mesorregiões do Pará. Unidade: desvio padrão.....	40
Figura 14. Séries temporais da precipitação total sazonal para SON (primavera) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....	41
Figura 15. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada sazonal para SON (primavera) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.....	42

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AB – Alta da Bolívia

ANA – Agência Nacional de Águas

BA – Mesorregião do Baixo Amazonas

CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

DJF – Dezembro, Janeiro e Fevereiro

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMS – Estação Meteorológica de Superfície

ENOS – El Niño - Oscilação Sul

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

JJA – Junho, Julho e Agosto

LI – Linha de Instabilidade

MAM – Março, Abril e Maio

MA – Mesorregião do Marajó

ME – Mesorregião Metropolitana de Belém

NE – Mesorregião Nordeste Paraense

RPCH – Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará

SE – Mesorregião Sudeste Paraense

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Pará

SON – Setembro, Outubro e Novembro

SW – Mesorregião Sudoeste Paraense

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1	OBJETIVO GERAL .....	17
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
2	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
3	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	23
3.1	DADOS .....	23
3.2	METODOLOGIA .....	24
4	<b>RESULTADOS</b> .....	27
4.1	CLIMATOLOGIA DE PRECIPITAÇÃO .....	27
4.1.1	<b>Climatologia Anual</b> .....	27
4.1.2	<b>Climatologia Sazonal</b> .....	28
4.1.3	<b>Climatologia Mensal</b> .....	29
4.2	VARIABILIDADE E TENDENCIA DA PRECIPITAÇÃO.....	31
4.2.1	<b>Precipitação Anual</b> .....	31
4.2.2	<b>Climatologia Sazonal</b> .....	34
4.2.2.1	Trimestre DJF (Verão).....	34
4.2.2.2	Trimestre MAM (Outono).....	36
4.2.2.3	Trimestre JJA (Inverno).....	38
4.2.2.4	Trimestre SON (Primavera).....	41

5	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A precipitação é um dos elementos climáticos mais importantes a ser analisado na região tropical, já que induz as características de outros elementos, tais como temperatura, umidade relativa e vento. A região amazônica apresenta uma precipitação média de aproximadamente 2.300 mm ano<sup>-1</sup> (FISCH et al. 1998).

O regime de precipitação na Amazônia não é homogêneo, apresenta variabilidade espacial e temporal condicionadas à interação de diferentes sistemas, sendo os principais: A Zona de Convergência Intertropical sobre o Oceano Atlântico Equatorial (MOLION, 1987; MOLION; KOUSKY, 1985; ROCHA, 1991); a atividade da Alta da Bolívia que forma-se durante o verão do Hemisfério Sul (KOUSKY E KAYANO, 1981; MOLION, 1993); as penetrações pronunciadas de sistemas frontais que organizam e intensificam a Convecção Tropical principalmente sobre a porção centro-sul da Amazônia (KOUSKY; FERREIRA, 1981; VIRJI ;KOUSKY, 1983; OLIVEIRA, 1986); as Linhas de Instabilidade (CAVALCANTI ;KOUSKY, 1983; COHEN, 1989); e as manifestações de sistemas de tempo de meso e escala localizada (células ou aglomerados de cumulonimbus) que comumente se originam devido a aquecimento da superfície pela radiação solar incidente.

A maior parte dos estados da Amazônia apresenta seu período chuvoso durante os meses de outubro a maio. Considerando a média da chuva acumulada nestes meses, observam-se valores entre 600 mm e 2100 mm, com máximos principais sobre uma grande região que engloba a porção oeste, centro e sul (Amazonas, Acre, Rondônia, Mato Grosso, Tocantins e sul do Pará) e outra na porção oriental (que inclui o sul do Amapá, leste do Pará e norte do Maranhão) (FIGUEROA; NOBRE,1990).

O período seco em grande parte da Amazônia ocorre durante os meses de junho, julho e agosto. Este período caracteriza-se pela baixa pluviosidade (chuvas abaixo de 50 mm/mês) e longos períodos de estiagem, as quais atingem principalmente o Acre, Rondônia, Mato Grosso, Tocantins, centro sul

do Maranhão, e sul do Amazonas e do Pará. A chuva neste período ocorre em forma de pancadas isoladas e em áreas esparsas (SOUZA; AMBRIZZI, 2003)

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Com base nos dados de precipitação do banco climatológico do projeto Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará (RPCH), uma série de dados de precipitação do período de 1978 a 2008, o objetivo geral deste trabalho é estudar a climatologia e a variabilidade da precipitação observada nas mesorregiões do Estado do Pará nas últimas décadas (1978-2008).

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular e analisar os aspectos climatológicos da precipitação representativa das diferentes mesoregões do Pará considerando as escalas anual, sazonal e mensal.
- Analisar a variabilidade e tendência temporal da precipitação representativa das diferentes mesorregiões do Pará considerando as médias anuais e as médias sazonais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Amazônia é uma região de maior atividade convectiva do planeta, constituindo assim fonte de umidade e calor que são importantes para os diversos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na interação biosfera-atmosfera locais e de regiões remotas. O conhecimento das diversas componentes envolvidas nessa interação é fundamental para a previsão da evolução do clima e da sustentabilidade dos seus ecossistemas como um todo, assim como para tomada de decisão sobre as políticas públicas mais adequadas para minimização de impactos danosos irreversíveis. Abriga também a maior bacia hidrográfica do mundo, com cerca de cinco milhões de quilômetros quadrados e influi nos ciclos biogeoquímicos e hidrológicos, com interações no clima do mundo inteiro. Sendo uma floresta equatorial de clima quente e úmido, a Floresta Amazônica possui uma alta pluviosidade (valores médios de precipitação anual entre 2.000 a 2.200 mm) associada a uma forte atividade convectiva, com períodos longos e intensos de chuvas durante o ano. A precipitação no pico do período chuvoso normalmente excede o valor de 250 mm/mês. (HOREL et al., 1989).

A combinação de vários fatores forma o clima da região Amazônica, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia. A Amazônia, é situada na região entre 5° Norte e 10 ° Sul e recebe no topo da atmosfera um valor máximo de 36,7 MJ. m<sup>-2</sup>. dia<sup>-1</sup> em dezembro/janeiro e um valor mínimo de 30,7 MJ. m<sup>-2</sup>. dia<sup>-1</sup> em junho/julho (SALATI; MARQUES, 1984). Essa distribuição é controlada pela nebulosidade advinda da migração SE/NW da convecção amazônica (HOREL op cit). A energia que atinge a superfície terrestre é devolvida para a atmosfera na forma de fluxo de calor sensível (aquecimento) e latente (evapotranspiração). Desta forma, o balanço de energia e umidade interage, sendo que o saldo de radiação é particionado em termos de calor sensível e/ou latente, dependendo das condições ambientais e de água no solo.

Figuerola e Nobre (1990) verificaram a distribuição espacial e temporal da precipitação na Amazônia. Seus resultados afirmaram que o período de chuvas ou forte atividade convectiva na região é compreendido entre novembro

e março, sendo que o período de menos chuva (sem grande atividade convectiva) está compreendido entre os meses de maio e setembro. Os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime e outro. Segundo Souza e Ambrizzi (2003), o máximo da estação chuvosa na região Amazônica Oriental ocorre em no mês de Março.

A precipitação dentro da região amazônica é um parâmetro meteorológico de grande variabilidade no tempo e espaço, que está associada à influência de diferentes sistemas de meso-escala, escala sinótica e de grande escala (ROCHA, 2001).

Dentre os sistemas de mesoescala atuantes, destacam-se as Linhas de Instabilidade (LI) que se formam na costa atlântica e penetram na Amazônia são responsáveis pela formação de chuvas próxima à costa do Pará durante a estação seca. Estudos preliminares feitos por Cohen et al. (1989) mostram que estas LI's contribuem com 45% da chuva que cai durante o período chuvoso do nordeste paraense. Essas linhas são constituídas por grandes conglomerados de nuvens cumulonimbus e devido suas grandes dimensões podem ser visualizadas facilmente por imagens de satélite. A relação entre os mecanismos de formação e intensificação das linhas de instabilidade com a ZCIT ainda não é bem compreendida.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico de grande escala indutor de chuva na Amazônia oriental, especialmente no Amapá e Pará, quando da sua posição climatológica mais austral, sendo que a sua atuação define a qualidade da estação chuvosa nestes estados (SOUZA et al., 2000). A distribuição espacial da precipitação possui uma marcha anual bem definida e influenciada principalmente pelo deslocamento norte-sul da ZCIT. As interações com outros sistemas contribuem com aproximadamente 70% da precipitação da Amazônia (ROCHA, 2001). A ZCIT é uma extensa região de convergência dos ventos alísios de nordeste, oriundos do sistema de alta pressão ou anticiclone subtropical do Hemisfério Norte, e dos ventos alísios de sudeste, proveniente da alta subtropical do Hemisfério Sul. São caracterizadas por movimentos

ascendentes, baixas pressões, e uma banda de nebulosidade e chuvas no sentido leste-oeste aproximadamente (BERNARDO; MOLION, 2002).

Outro mecanismo de precipitação atuante na Amazônia é a Alta da Bolívia (AB) que se forma devido à convergência do ar em baixos níveis (850 hPa) e sua posterior divergência em altos níveis (200 hPa) e que recebeu esse nome por se formar na área da América do Sul correspondente ao país de mesmo nome. A variabilidade sazonal da Alta Bolívia, tanto em intensidade como em posição, está diretamente relacionada com a distribuição espacial e temporal da precipitação (KOUSKY; KAYANO, 1981). Quando a Alta se enfraquece e se move para o norte no inverno, os setores sul e leste da Amazônia experimentam sua estação seca. Por volta de outubro, a Alta começa a se mover de volta para sua posição média de verão e a estação seca vai terminando no sentido Brasil central para leste da Amazônia.

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é um fenômeno de escala intrasazonal, também influencia o regime de precipitação na Amazônia, sendo em muitos casos, responsável por variabilidades no clima regional (KODAMA, 1992; LIEBMANN et al., 1999; NOGUES-PAEGUES; MO, 1997; QUADRO, 1994). Assim sendo, o Pará também está sujeito aos efeitos da ZCAS, que tem sua maior frequência nos meses de verão, coincidindo com a estação chuvosa e afetando os índices pluviométricos, principalmente na porção Sul do Estado do Pará. É comum nestes episódios, haver um acoplamento da ZCAS com a ZCIT, em associação com a Alta da Bolívia, o que pode provocar chuvas generalizadas sobre grande parte do estado (GAN; KOUSKY, 1986; SOUZA; AMBRIZZI, 2003).

Na escala intrasazonal a Oscilação de Madden-Julian é o principal mecanismo modulador de precipitação na Amazônia Oriental. Oscilação essa que é definida como uma onda de escala planetária que se propaga para leste com máxima atividade na região equatorial; esta oscilação ocorre num período de 30 a 70 dias, e estão associadas com os máximos de precipitação durante a estação chuvosa no leste da Amazônia (AMBRIZZI; SOUZA, 2006)

Considerando as escalas de tempo interanual e sazonal, a variabilidade climática na Amazônia é controlada pelos mecanismos climáticos de grande escala que se processam nas bacias oceânicas tropicais do Pacífico e Atlântico (SOUZA et al., 2005).

No Oceano Atlântico, o principal mecanismo climático denomina-se Dipolo ou Gradiente interhemisférico de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico intertropical (SOUZA et al., 2004, 2005). Este modo climático caracteriza-se pela manifestação simultânea de anomalias de TSM configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as Bacias Norte e Sul do Atlântico Tropical. Este padrão térmico inverso gera, conseqüentemente, o aparecimento de um gradiente térmico meridional e inter hemisférico na região intertropical. Assim sendo, este mecanismo apresenta duas fases opostas: o Dipolo positivo e Dipolo negativo. A fase do Dipolo positivo caracteriza-se pela presença simultânea de anomalias positivas/negativas de TSM configurando-se sobre a bacia norte/sul do Oceano Atlântico tropical. A fase do Dipolo negativo apresenta a configuração essencialmente oposta. Vários trabalhos observacionais evidenciaram que a fase do Dipolo interfere diretamente na migração norte-sul da ZCIT.

No Oceano Pacífico, o mecanismo climático dominante é o conhecido fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) que possui duas fases distintas: El Niño e La Niña que estão associados respectivamente ao aquecimento e resfriamento anômalo das águas oceânicas sobre o Pacífico tropical. Episódios de El Niño causam diminuição das chuvas no leste da Amazônia. Com relação ao fenômeno La Niña este causa em geral chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia. Marengo et al. (2004), pesquisando a influência do ENOS na Amazônia, constatou que, na porção norte da bacia predominam condições mais secas durante eventos de El Niño e nas regiões sul e centro da Amazônia prevalecem condições mais úmidas.

Análises dos comportamentos das séries climáticas de alguns, ou até mesmo de todos os elementos, visando destacar possíveis periodicidades existentes, são fundamentais para o planejamento de inúmeras atividades agrícolas, econômicas, sociais, entre outras (SILVA et al., 2005). De modo

geral, a variabilidade climática anual é bem caracterizada e está associada às estações do ano. Em latitudes médias é marcante o contraste entre as estações do ano, porém, nos trópicos, essa variabilidade é menos acentuada em termos de temperatura, sendo expressiva quando se considera a precipitação (GURGEL, 2003). O estudo da variabilidade temporal da precipitação permite definir o grau de correlação temporal das amostras e tem mostrado ser poderosa ferramenta de aplicação prática, permitindo estimar precipitações com variância mínima (SILVA et al., 2003). O conhecimento da variabilidade da precipitação dá suporte a qualquer atividade econômica e limita os impactos dos distúrbios no ambiente físico e dimensões humanas correlatas (BRANDÃO; CANO, 2002).

Uma síntese dos últimos resultados divulgados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indica que haverá, no decorrer deste século, aumento de temperatura por todo o planeta, sendo mais severo sobre os continentes do que sobre os oceanos e aumento do nível dos oceanos. Haverá ainda aumento de chuvas nas regiões que já são bem providas de chuvas e diminuição nas regiões que hoje sofrem com a escassez de água, além de aumentar a frequência e a intensidade dos eventos extremos, como furacões, inundações e secas prolongadas. Todavia, o quadro geral de mudanças do regime de chuvas nem sempre se aplica a todas as regiões da Terra. É no caso da Amazônia, onde todos os modelos projetam aumento de temperatura, mas não concordam entre si com respeito às alterações no regime de chuvas. Alguns modelos projetam diminuição, outros aumentos e algumas poucas alterações no regime de chuvas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DADOS

Este trabalho abordou os totais mensais de precipitação para um conjunto de 150 estações meteorológicas de superfície distribuídas sobre a Amazônia Oriental (Figura 1). Com ênfase naquelas estações instaladas no estado do Pará e sua vizinhança, foram analisados trinta e um anos de registros, compreendendo o período de 1978 a 2008. Os registros meteorológicos considerados envolveram dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA-PA) que trabalha em parceria com o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA), sendo que as estações da ANA são operadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte). Esta base de dados, devidamente integrada, passou a constituir o novo banco climatológico do projeto Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará (RPCH). Conforme Lopes (2009), este novo conjunto de dados foi submetido a um rigoroso controle de qualidade, de acordo com os critérios apresentados em Higgins et al. (2000), aplicando-se técnicas que permitiram excluir as informações duvidosas, errôneas e omissas, levando-se em consideração o desvio padrão superior a três vezes o valor médio. Assim, selecionaram-se apenas as estações cujos registros continham índice inferior a 5% de dados faltantes. As falhas, por sua vez, foram interpoladas, utilizando-se para tal os dados de estações próximas. A fim de obter um conjunto de dados de precipitação regional em pontos de grade no domínio do Pará, foi empregada a interpolação espacial (utilizando o método do inverso das distâncias ao quadrado) dos dados coletados de estações meteorológicas/hidrometeorológicas para uma grade regular com resolução de  $0.27^\circ$  latitude  $\times$   $0.27^\circ$  longitude. Lopes (2009) realizou uma extensa análise estatística de comparação da base RPCH com outros conjuntos de dados de precipitação e obteve resultados consistentes de que a precipitação RPCH representa muito bem as características regionais da pluviometria na Amazônia oriental.

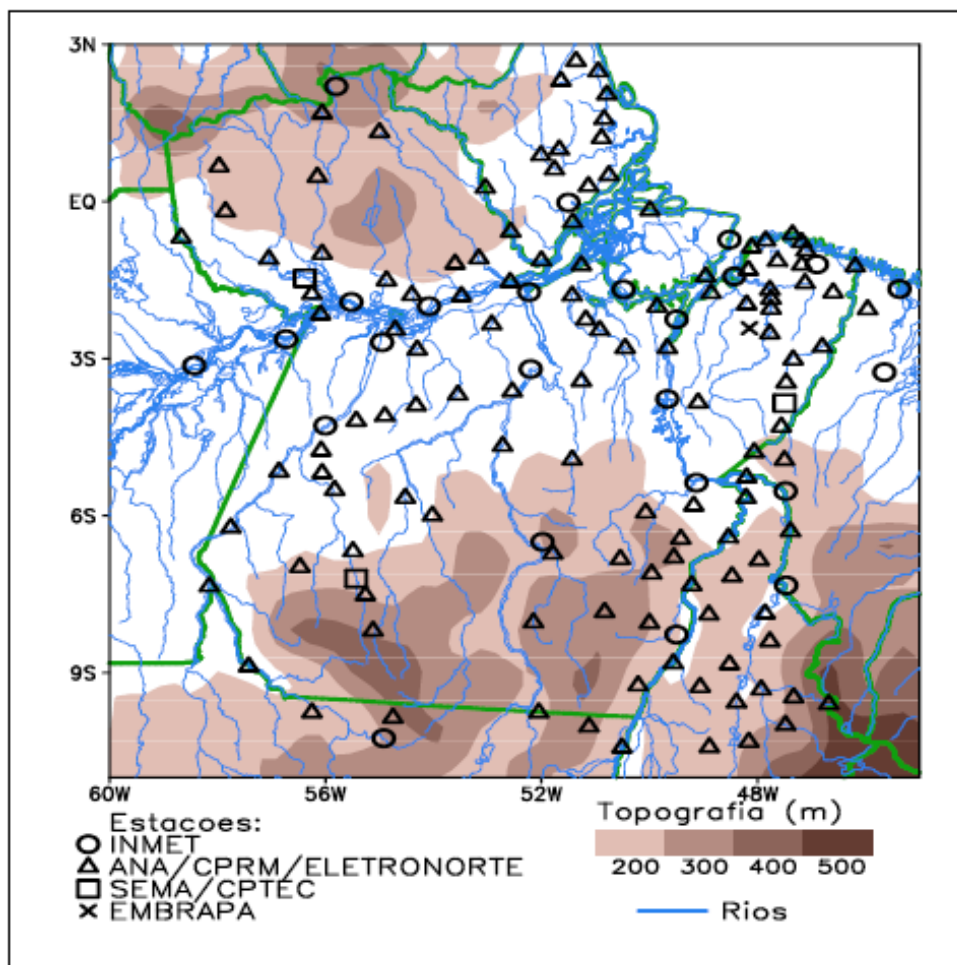


Figura 1. Localização das estações pluviométricas sobre o estado do Pará usadas para gerar a climatologia da precipitação da Rede de Previsão Climática e Hidrometeorológica (RPCH). Fonte: Lopes (2009).

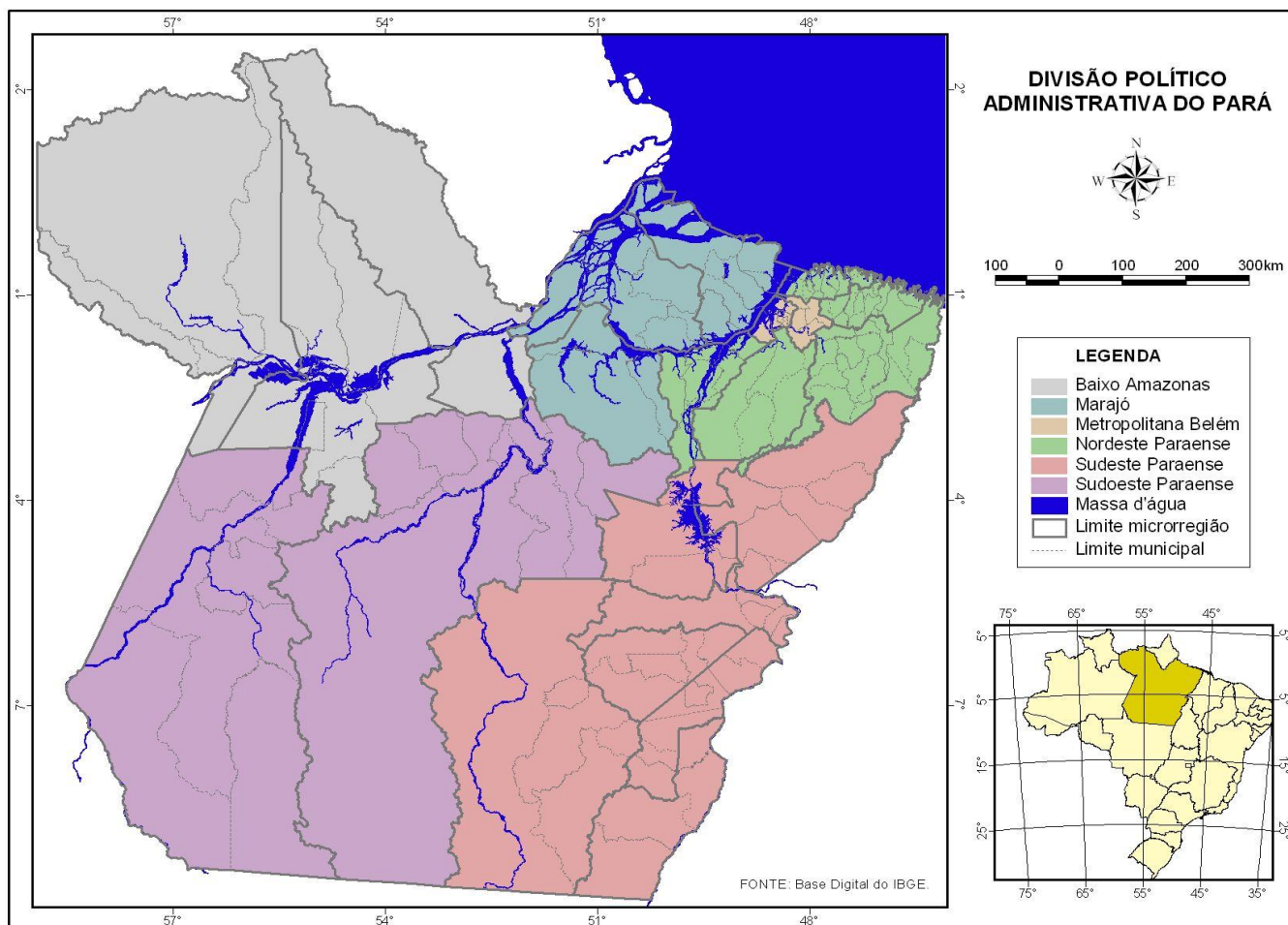
### 3.2 METODOLOGIA

#### *Divisão em Mesorregiões:*

Segundo o IBGE as Mesorregiões Geográficas são conjuntos de municípios contíguos, pertencentes à mesma Unidade da Federação, que apresentam formas de organização do espaço geográfico definidas pelas seguintes dimensões: o *processo social*, como determinante; o *quadro natural*, como condicionante; e a *rede de comunicação e de lugares*, como elemento de articulação espacial. Essas três dimensões possibilitam que o espaço delimitado como mesorregião tenha uma identidade regional. Esta identidade é uma realidade construída ao longo do tempo pela sociedade que aí se formou. Para o IBGE esses “recortes” visam traduzir, ainda que de maneira sintética, as

diferenças na organização do território nacional quanto às questões sociais e políticas e possibilitam que o espaço delimitado como mesorregião tenha uma identidade regional específica.

A partir desses conceitos, o IBGE criou seis Mesorregiões Geográficas no Estado do Pará: Mesorregião Geográfica do Baixo Amazonas; Mesorregião Geográfica de Marajó; Mesorregião Geográfica Metropolitana de Belém; Mesorregião Geográfica do Nordeste Paraense; Mesorregião Geográfica do Sudoeste Paraense; e Mesorregião Geográfica do Sudeste Paraense.



**Figura 2. Mapa das seis mesorregiões geográficas do Estado do Pará.**  
**Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1990).**

- *Média Climatológica:*

A média climatológica é obtida pelo cálculo da média aritmética que é a mais importante mensuração numérica descritiva. Como medida de tendência central, trata-se do valor mais representativo de um conjunto de dados, isto é, seu ponto de equilíbrio.

- *Reta de Tendência Linear:*

Uma linha de tendência linear é uma linha reta de melhor ajuste usada com conjuntos de dados lineares simples. Seus dados serão lineares se o padrão nos pontos de dados se parecer com uma linha. Uma linha de tendência linear geralmente mostra que algo está aumentando ou diminuindo com uma taxa fixa.

- *Variabilidade e Tendência Climática:*

Define-se a *variabilidade climática* como uma variação das condições climáticas em torno da média climatológica. Já *anomalia climática* refere-se a uma flutuação extrema de um elemento em uma série climatológica, com desvios acentuados do padrão observado de variabilidade.

Neste trabalho utiliza-se a anomalia padronizada dada por:

$$AP = (\text{valor observado} - \text{média climatológica}) / \text{desvio padrão}$$

## 4. RESULTADOS

### 4.1. CLIMATOLOGIA DE PRECIPITAÇÃO

#### 4.1.1. Climatologia Anual

A distribuição da precipitação média anual no Estado do Pará, baseado nos dados da RPCH, está ilustrada na Figura 3. Observa-se que os maiores índices estão concentrados no Nordeste paraense, com precipitação superior a 2000 mm, englobando as mesorregiões do Marajó, Metropolitana de Belém e Nordeste Paraense. Destaca-se que a mesorregião Metropolitana de Belém é que apresenta o maior índice pluviométrico do Estado do Pará. O fato do alto índice pluviométrico está concentrado na região nordeste se deve a influência de sistemas de grande-escala como a ZCIT, forte convecção local, aglomerados de *Cumulunimbus* e por estar localizada às proximidades de áreas litorâneas. Por outro lado, os menores valores de precipitação, ficam reservados as mesorregiões Sudeste do estado, com valores inferiores a 1900 mm. As mesorregiões do Baixo Amazonas e Sudoeste possuem precipitações anuais bem próximas, com valores de 2035 e 2030 mm, respectivamente.

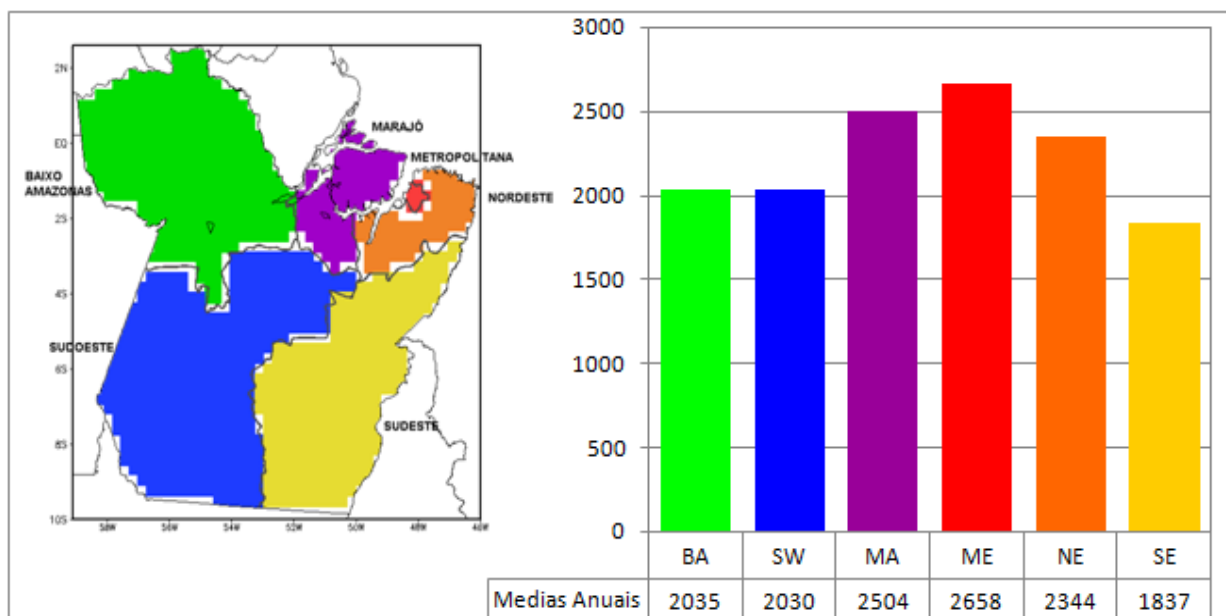


Figura 3. Médias climatológicas da precipitação anual (média 1978-2008) representativas das mesorregiões do Pará. Unidade: mm.

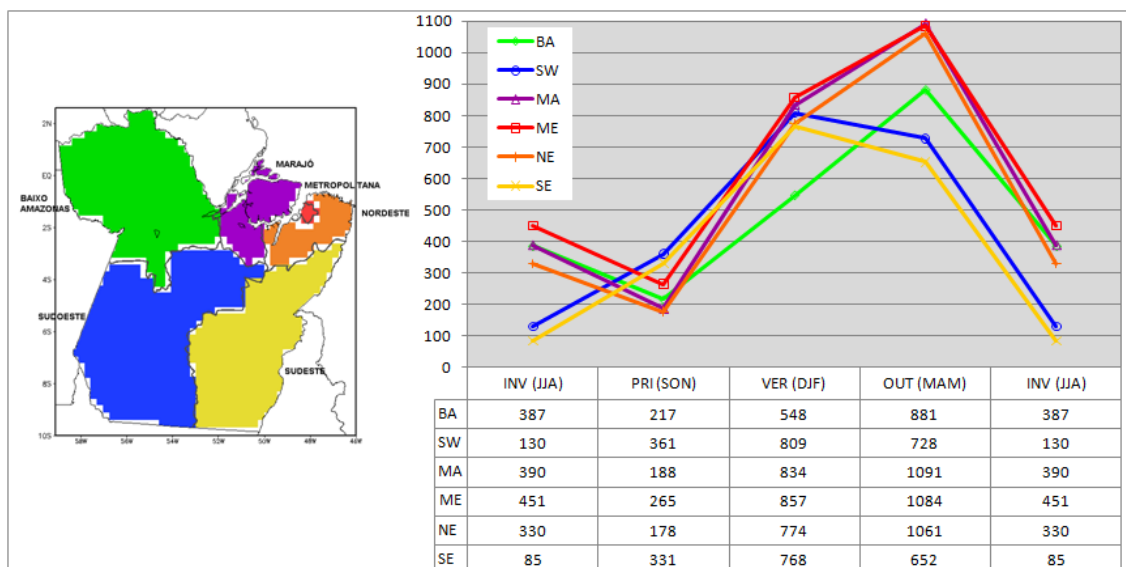
#### 4.1.2. Climatologia Sazonal

Conforme Lopes (2009) convém analisar também a climatologia sazonal da precipitação, já que um fenômeno climático ou a combinação de fenômenos podem estar presente durante alguns meses do ano, provocando variações de maneira que a média anual não evidencia, necessariamente, o comportamento anômalo durante um determinado mês(es) ou estação(ões).

A Figura 4 mostra a climatologia sazonal da precipitação nas mesorregiões do Pará durante os períodos de verão (DJF), outono (MAM), inverno (JJA) e primavera (SON). Algumas diferenças intra-regionais podem ser percebidas quando se analisa a evolução da chuva por estação do ano. Claramente observa-se em todas as mesorregiões que o período chuvoso ocorre durante os períodos de verão e outono, enquanto que o período seco ou menos chuvoso ocorre durante os períodos de inverno e primavera.

Com relação aos extremos mínimos de chuva, observa-se que as regiões do Baixo Amazonas e Sudeste apresentam os menores valores sazonais, em torno de 85 e 130 mm, se processando nos meses do inverno. Já os extremos máximos de chuva são observados nas regiões do Nordeste, Metropolitana e Marajó, com valores em torno de 1061, 1084 e 1091, durante o outono.

Com relação à evolução da chuva sazonal, verifica-se em todas as mesorregiões a ocorrência de uma transição muito brusca do período chuvoso para o período seco, ou seja, do outono para o inverno, com diminuição drástica dos valores de precipitação que passam de 600-1100 mm para 100-400 mm, ou seja, diminuição em torno de 500 a 700 mm. Da mesma forma, mas não de maneira muito pronunciada, verifica-se em todas as mesorregiões que a transição do período seco para o período chuvoso se processa da primavera para o verão, com um aumento dos valores de chuva sazonal, que passam de 200-400 mm para 500-800 mm, ou seja, aumento em torno de 300 a 400 mm.



**Figura 4. Médias climatológicas da precipitação sazonal (média 1978-2008) representativas das mesorregiões do Pará para as estações de inverno (INV – JJA), primavera (PRI – SON), verão (VER – DJF) e outono (OUT – MAM). Unidade: mm.**

#### 4.1.3. Climatologia Mensal

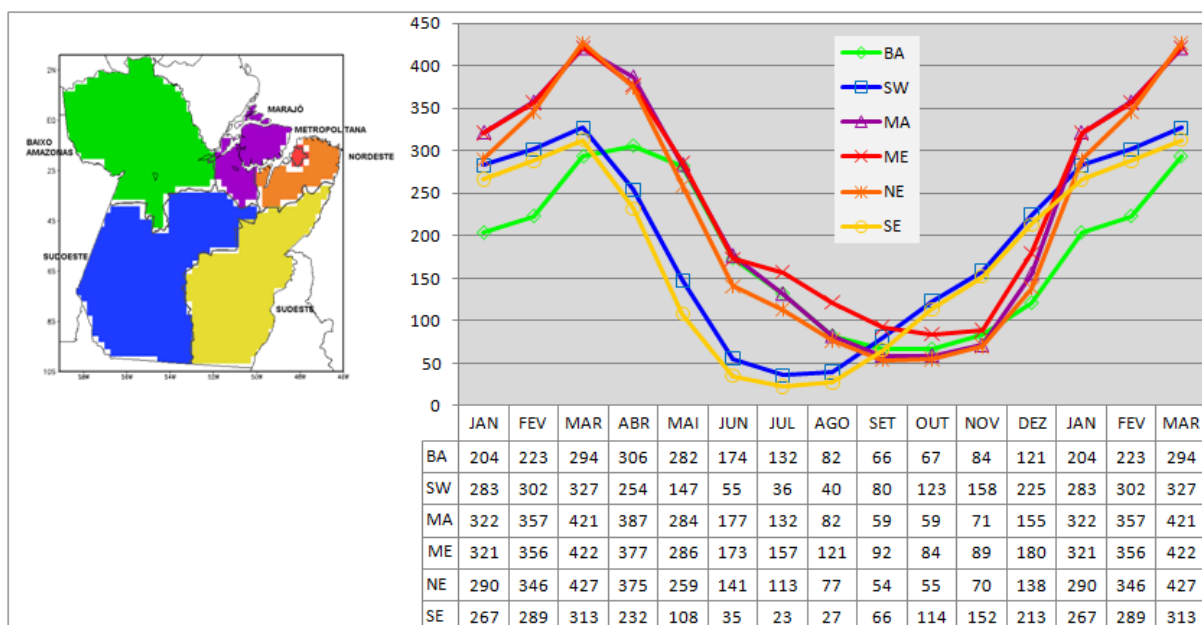
O Estado do Pará recebe precipitação praticamente durante todo o ano, com chuvas mais abundantes nos meses do verão e outono, mas também com pluviosidade considerável nos meses de inverno e primavera. Este fato é mostrado na Figura 5 contendo a evolução da chuva mensal de janeiro a dezembro para as mesorregiões do Pará.

Em geral, a época chuvosa inicia-se em dezembro e tem duração de cinco a seis meses, sendo o mês de Março mais chuvoso em todas as mesorregiões, exceto no Baixo Amazonas que é o mês de Abril, fato que é justificado pela intensificação dos efeitos locais associados à presença da ZCIT. A época menos chuvosa, onde predominam as chuvas de caráter convectivo na forma de pancadas de chuvas isoladas, abrangem os demais meses do ano, sendo que o período de menor precipitação mensal climatológica ocorre entre os meses de setembro e outubro em todas as mesorregiões, exceto para o Sudeste e Sudoeste que é entre Agosto e Setembro.

Observa-se na Figura 5, que o ciclo anual, ou seja, a evolução da precipitação climatológica mês a mês ao longo do ano é bem definido. O ciclo anual da precipitação no Estado é fortemente modulado pela marcha da ZCIT, causando os trimestres mais chuvosos de março, abril, maio (MAM) e dezembro, janeiro, fevereiro (DJF); e os menos chuvosos de setembro, outubro, novembro (SON) e junho, julho, agosto (JJA).

Destaca-se o máximo de precipitação no nordeste do estado, onde estão localizadas as mesorregiões do Marajó, Metropolitana de Belém e a mesorregião Nordeste paraense, com valores acumulados de precipitação acima de 400 mm no mês mais chuvoso do ano (Março), valores elevados em comparação as outras mesorregiões do estado. Já no mês de outubro/setembro observam-se os menores índices pluviométricos do ano para as mesorregiões do Nordeste do estado.

Para as mesorregiões Sudeste e Sudoeste do Estado, observa-se que a partir do mês de outubro, inicia-se o período chuvoso, com cerca de 100 mm, tais valores aumentam no decorrer dos meses, até meados de maio, onde a região encontra seus maiores valores de precipitação, alcançando cerca de 350 mm. Esse comportamento se dá por influência de episódios da ZCAS e seguida da atuação da ZCIT, que se encontra mais ao Sul do Pará nos meses de verão, causando assim os máximos índices de precipitação nas duas mesorregiões do Estado. No mês de Abril podemos observar que o índice de precipitação começa a diminuir, dando início a época menos chuvosa das mesorregiões localizadas ao Sul do Pará, presenciando os menores valores de precipitação sob a região, com mínimas chegando a 20 mm no mês de julho. O trimestre de Junho, Julho e Agosto apresenta-se como o período mais seco do ano.



**Figura 5. Médias climatológicas da precipitação mensal (média 1978-2008) representativas das mesorregiões do Pará para os meses de janeiro a dezembro. Unidade: mm.**

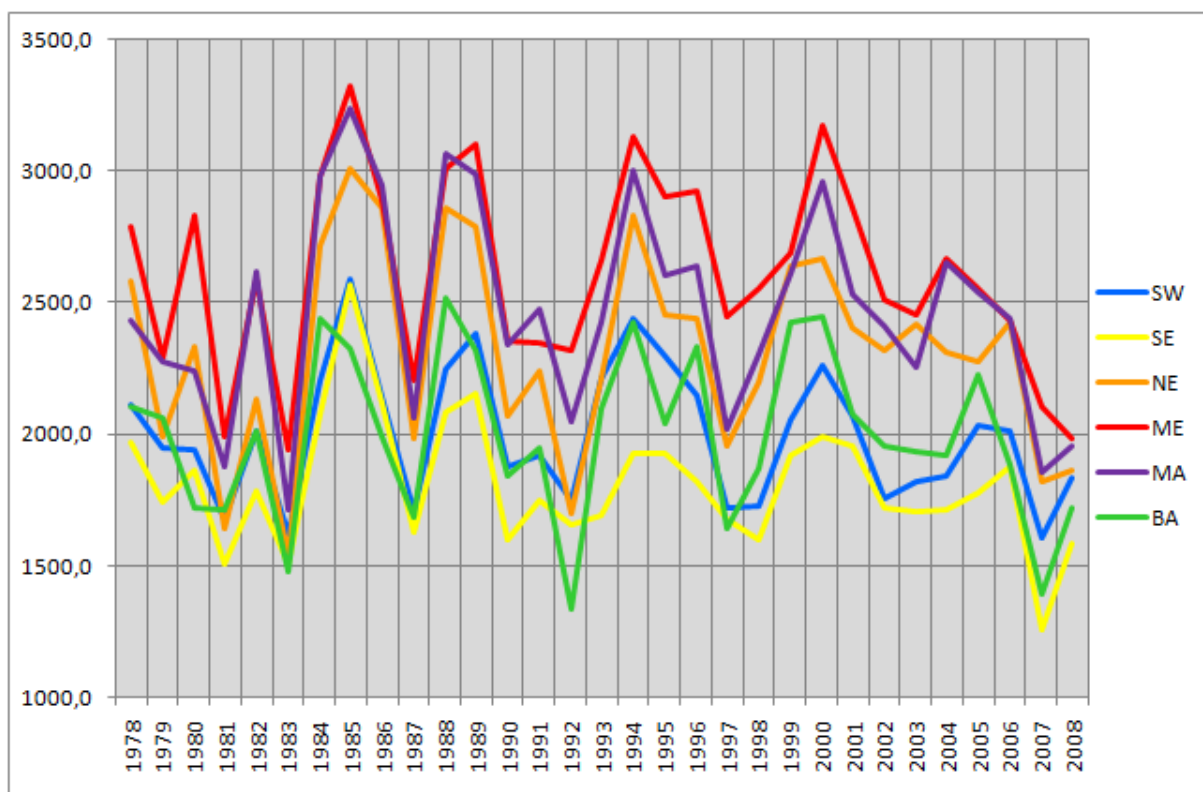
## 4.2 VARIABILIDADE E TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO

### 4.2.1 Precipitação Anual

A Figura 6 mostra as séries de precipitação total anual, no período de 1978 a 2008, das mesorregiões do Estado do Pará. Nota-se que a precipitação apresenta comportamento similar nas seis mesorregiões. Com os menores índices de precipitação nas mesorregiões do Sudeste, Sudoeste e Baixo Amazonas, enquanto que os maiores índices de precipitação ocorrem no nordeste do estado, onde se localizam as mesorregiões do Marajó, Nordeste e Metropolitana.

Analisando a série ano a ano, constata-se que nos anos de 2007 e 1983 ocorreram os menores valores de precipitação nas seis mesorregiões do Estado, ressaltando as mesorregiões do Sudeste, Sudoeste e Baixo Amazonas que apresentam sempre valores inferiores aos das demais mesorregiões. Já os maiores índices de precipitação foram registrados em 1985, nas mesorregiões do Marajó, Nordeste e Metropolitana de Belém. Nota-se que as três mesorregiões apresentam valores aproximados durante toda a série de

dados, entre as três mesorregiões a Nordeste paraense apresenta os menores índices de precipitação, enquanto que a mesorregião Metropolitana de Belém apresenta os maiores valores de precipitação da série de dados.



**Figura 6. Séries temporais da precipitação total anual nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.**

Já na análise das séries temporais da anomalia de precipitação padronizada anual, observa-se que os desvios de anomalia para as mesorregiões do estado, foram positivos até o final da década de 90, com elevados índices de precipitação para as mesorregiões Sudeste e Sudoeste do Estado, as demais mesorregiões mantiveram índices de anomalias positivas um pouco acima da normalidade em comparação a região sul do estado, sendo a mesorregião Nordeste a que menos sofreu desvio positivo de anomalia de precipitação. Nota-se que entre os anos de 1990 e 1993 o comportamento do índice de precipitação foi razoavelmente dentro da normalidade, sem significantes anomalias de precipitação durante o período. Por outro lado, após o ano de 1993/1994 os desvios de anomalias tornaram-se negativos, com anomalias muito negativas para a mesorregião do Sudeste do estado, ao contrario da mesorregião Nordeste do estado que apresentou anomalia

negativa muito pequena. Nota-se também que as demais mesorregiões localizadas no Nordeste Paraense (Mesorregião do Marajó e Metropolitana) e a mesorregião do Baixo Amazonas apresentam padrão semelhante à mesorregião Nordeste, com valores de anomalias negativos um pouco mais negativos.

Em geral, evidencia-se uma tendência de diminuição das anomalias de chuva anual, com a tendência mais pronunciada para a mesorregião do Sudeste Paraense.

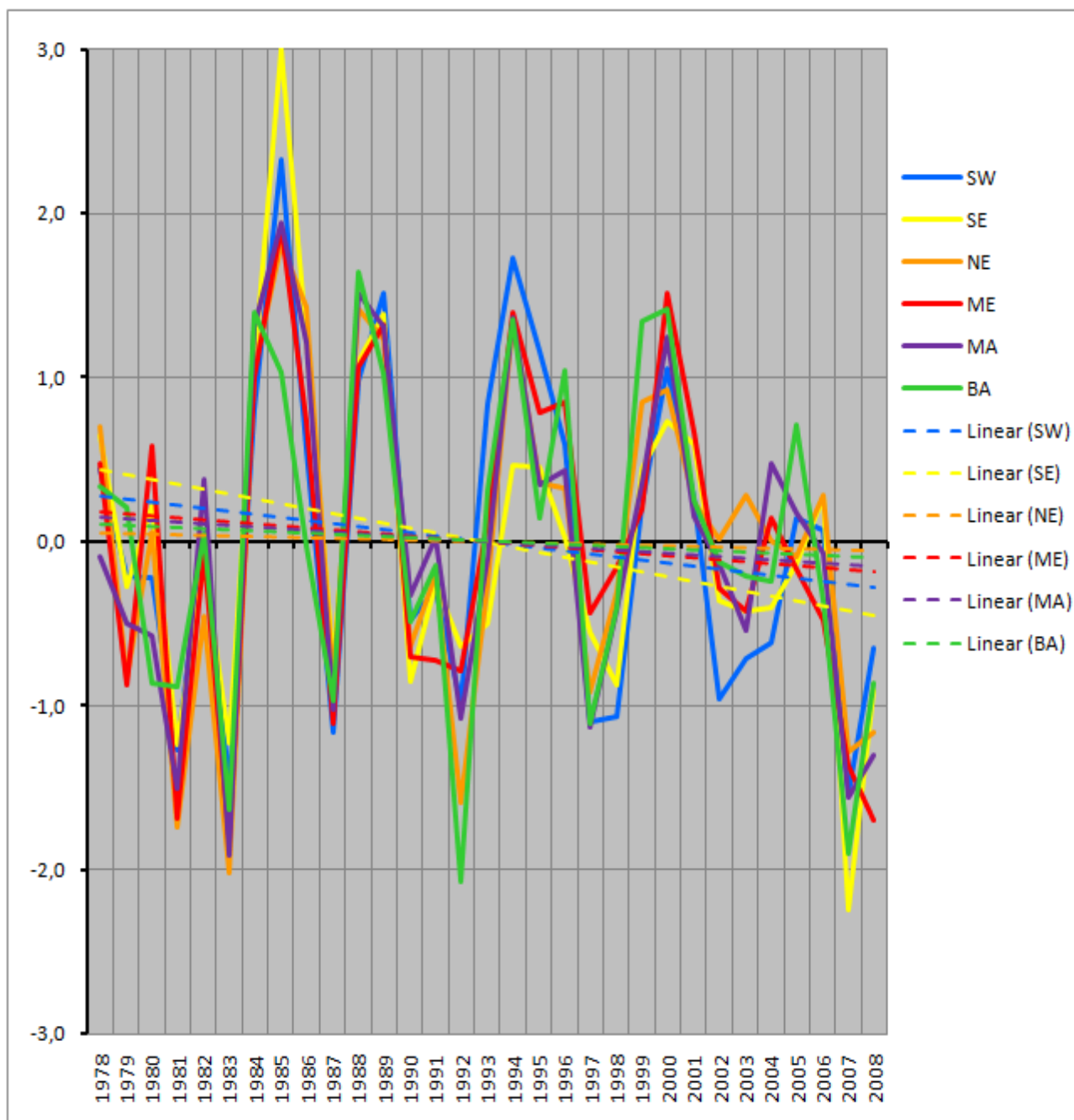


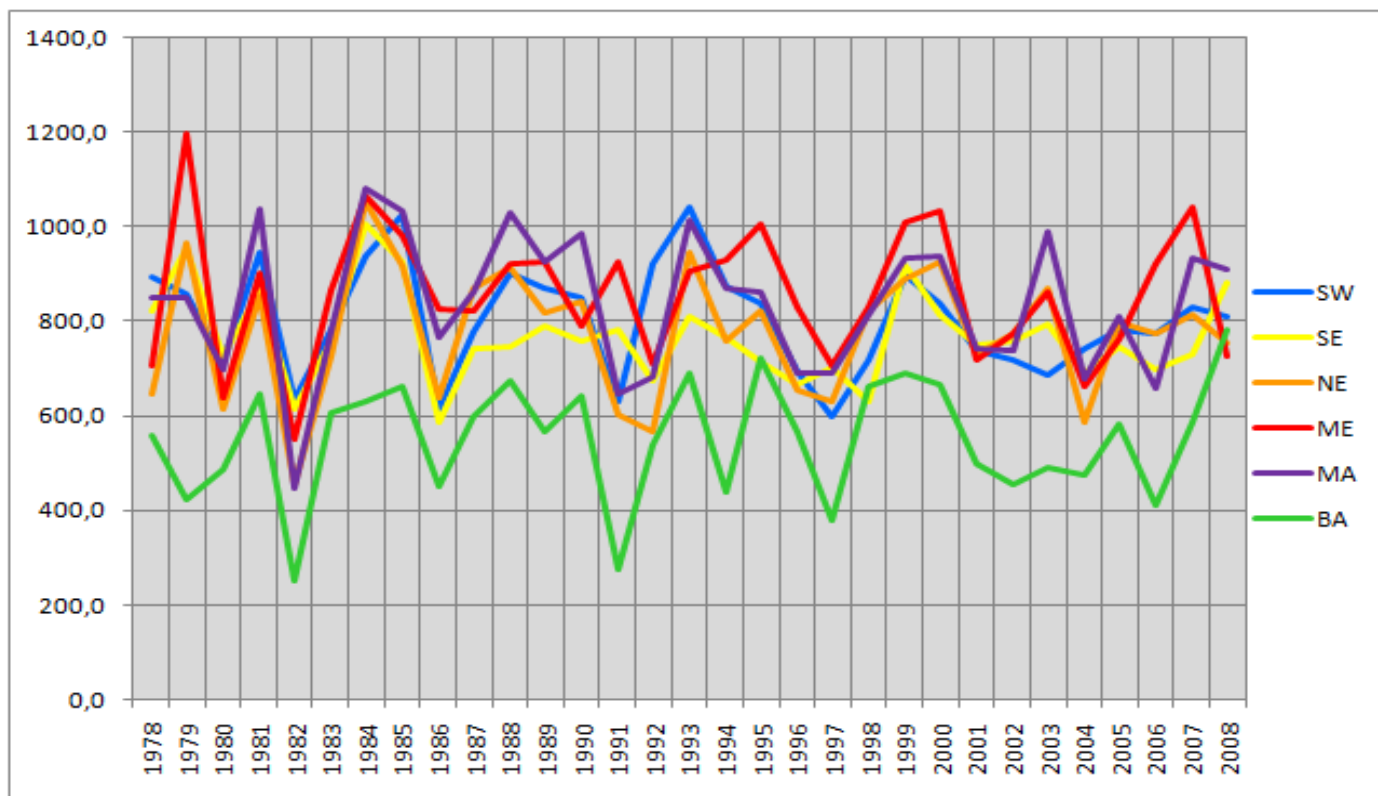
Figura 7. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada anual nas mesorregiões do Pará. Unidade: desvio padrão.

#### 4.2.2 Precipitação Sazonal

Na secção anterior ficou evidente que em geral há uma tendência negativa (diminuição) da chuva nas mesorregiões do Pará. Entretanto, será que existe alguma sazonalidade embutida nesta tendência anual? Para responder esta pergunta, é conveniente analisar as séries temporais e tendência separadamente para cada estação do ano.

##### 4.2.2.1 Trimestre DJF (Verão)

Na análise sazonal das séries temporais de precipitação para o trimestre de DJF, nota-se acentuados índices de precipitação em todas as mesorregiões do estado, caracterizando o início do período chuvoso determinado pela chegada da ZCIT que coincide com a época de maior ocorrência da ZCAS e AB que influenciam principalmente as mesorregiões Sudeste e Sudoeste do estado. Destacam-se os anos de 1979, que apresentou alto índice pluviométrico na mesorregião Metropolitana em contra partida o ano de 1982 apresentou o menor índice de precipitação da série.

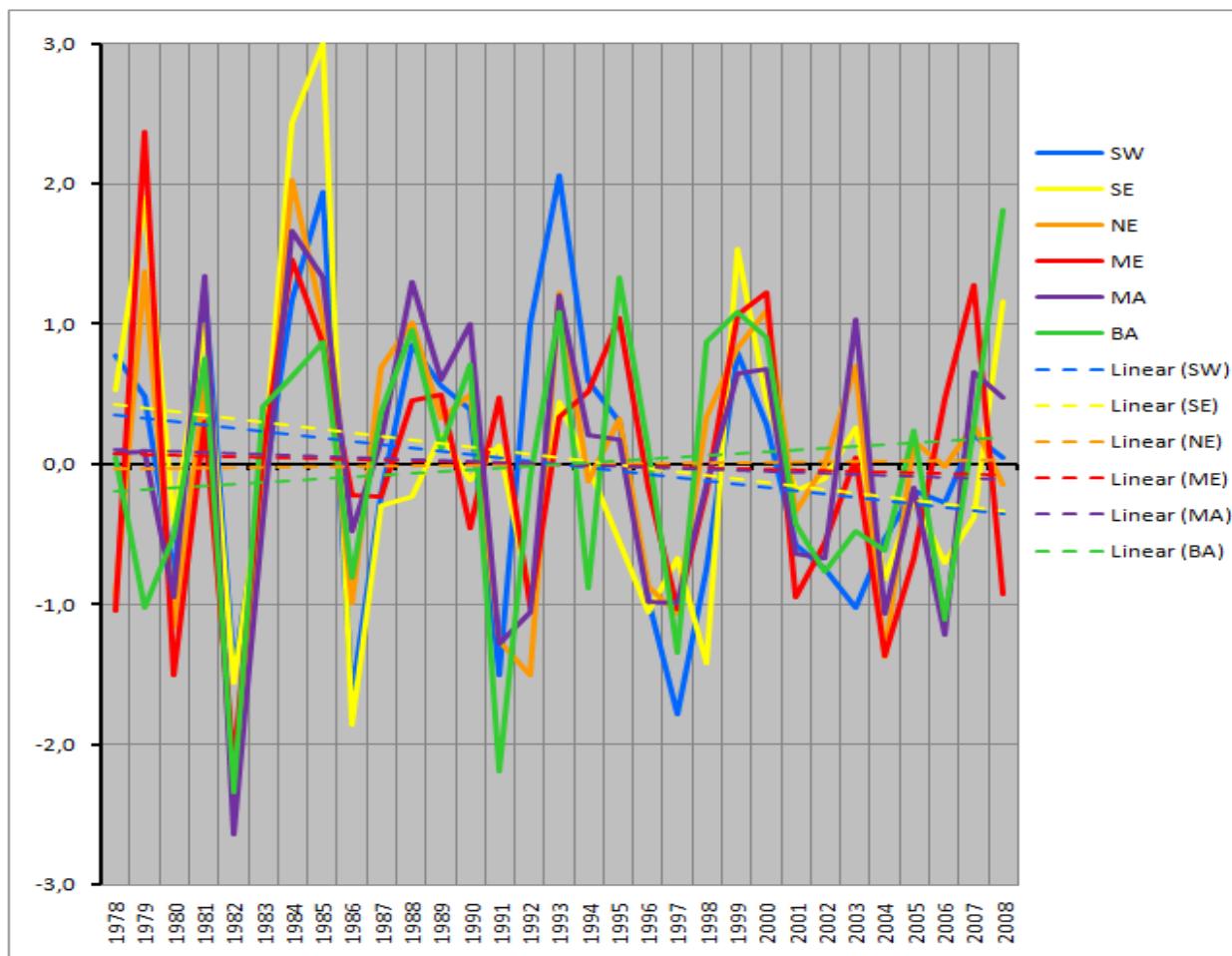


**Figura 8. Séries temporais da precipitação total sazonal para DJF (verão) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.**

A Figura 9 mostra as anomalias de precipitação para o trimestre de DJF (verão), nota-se que as mesorregiões Sudeste e Sudoeste do estado apresentam altos índices de anomalias positivas durante o período que vai de 1978 até 1990, com destaque para o ano de 1984/1985 que apresentou o maior índice pluviométrico da série. Já as mesorregiões do Marajó e Metropolitana apresentam pequenas alterações no índice de precipitação durante toda a série de dados, com anomalias positivas até os anos de 1994 e pequenas anomalias negativas até o final da série. Já a mesorregião do Baixo Amazonas apresenta anomalias de precipitação negativas até o início da década de 90, permanecendo-se na normalidade até 1996/1997, logo em seguida as anomalias passam a ser negativas permanecendo assim até o fim da série. Para a mesorregião Nordeste do estado observa-se que durante toda a série houve pequenas oscilações de anomalias, permanecendo praticamente sem anomalias durante todo o período.

Nota-se uma tendência negativa (diminuição) de chuva sazonal do verão principalmente para as mesorregiões Sudeste e Sudoeste. Inversamente, nota-

se uma ligeira tendência positiva (aumento) de chuva sazonal de verão para a mesorregião do Baixo Amazonas.

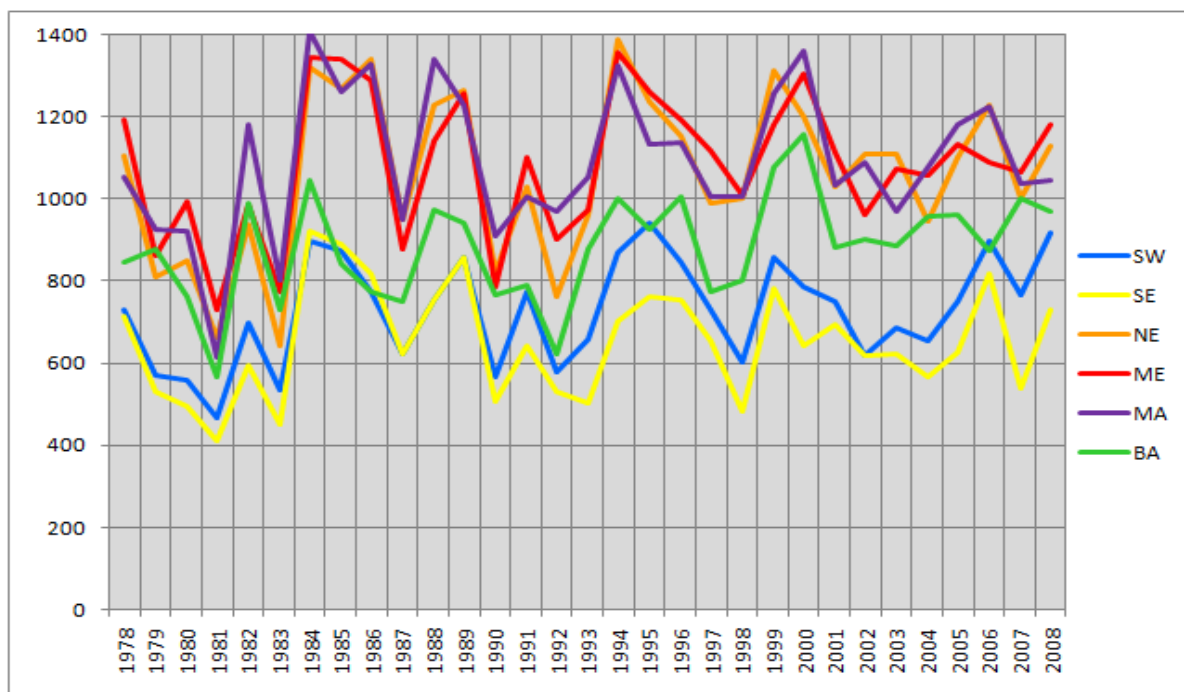


**Figura 9. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada sazonal para DJF (verão) nas mesorregiões do Pará. Unidade: desvio padrão.**

#### 4.2.2.2 Trimestre MAM (Outono)

Analisando as séries temporais da precipitação total sazonal para o Outono (MAM), nota-se que as mesorregiões localizadas no nordeste paraense são as que apresentam maior índice pluviométrico, entre as demais mesorregiões do estado. Este alto índice de precipitação está associado à posição da ZCIT que se desloca mais ao HN neste período. Observa-se nos anos de 1984 a 1986; 1999 a 2000; 1994 a 1996, índices de precipitação acima do normal em grande parte das mesorregiões do estado, estes picos de precipitação estão associados ao fenômeno La Niña, que induzida pela ZCIT favorece a ocorrência de precipitação acima do normal em grande parte da Amazônia Oriental. Nas mesorregiões localizadas ao sul do estado

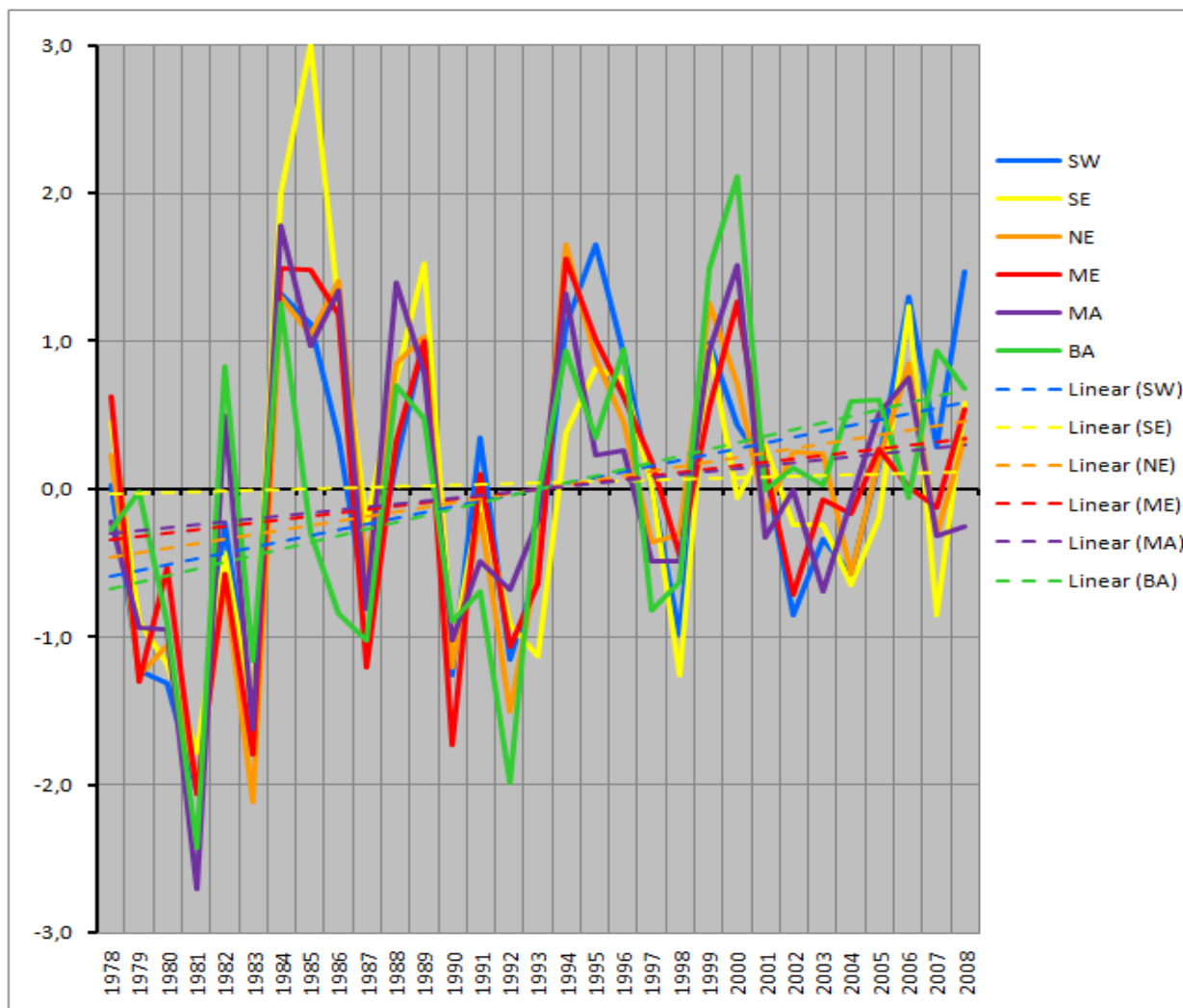
(mesorregião Sudeste e Sudoeste) apresentam menores índices pluviométricos, pelo retraimento dos episódios de ZCAS.



**Figura 10. Séries temporais da precipitação total sazonal para MAM (outono) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.**

Analisando as anomalias de precipitação no outono, nota-se que há uma inversão no padrão anual de anomalia. Observa-se agora, que os altos índices de anomalia negativa concentram-se entre os anos de 1978 até o início da década de 90, anomalias essas observadas em quase todas as mesorregiões do estado. Apenas a mesorregião Sudeste apresenta comportamento diferenciado, pois sua variação de anomalia negativa é muito pequena em comparação as demais mesorregiões, podendo ressaltar que a partir do ano de 1988 essa anomalia passa a ser levemente positiva, mas sem grandes amplitudes. Já após o ano de 1997, a mesorregião passa a apresentar leve elevação nos índices de anomalia positiva, se comportando assim até o fim da série de dados. Já as demais mesorregiões após o início dos anos 1990 apresentam elevados índices de anomalias positivas, observando que as mesorregiões que antes apresentavam índices negativos de anomalia agora apresentam os maiores valores de anomalias positivas da série para o trimestre.

Em geral, nota-se uma tendência positiva generalizada de chuva sazonal de outono para todas as mesorregiões do Pará.

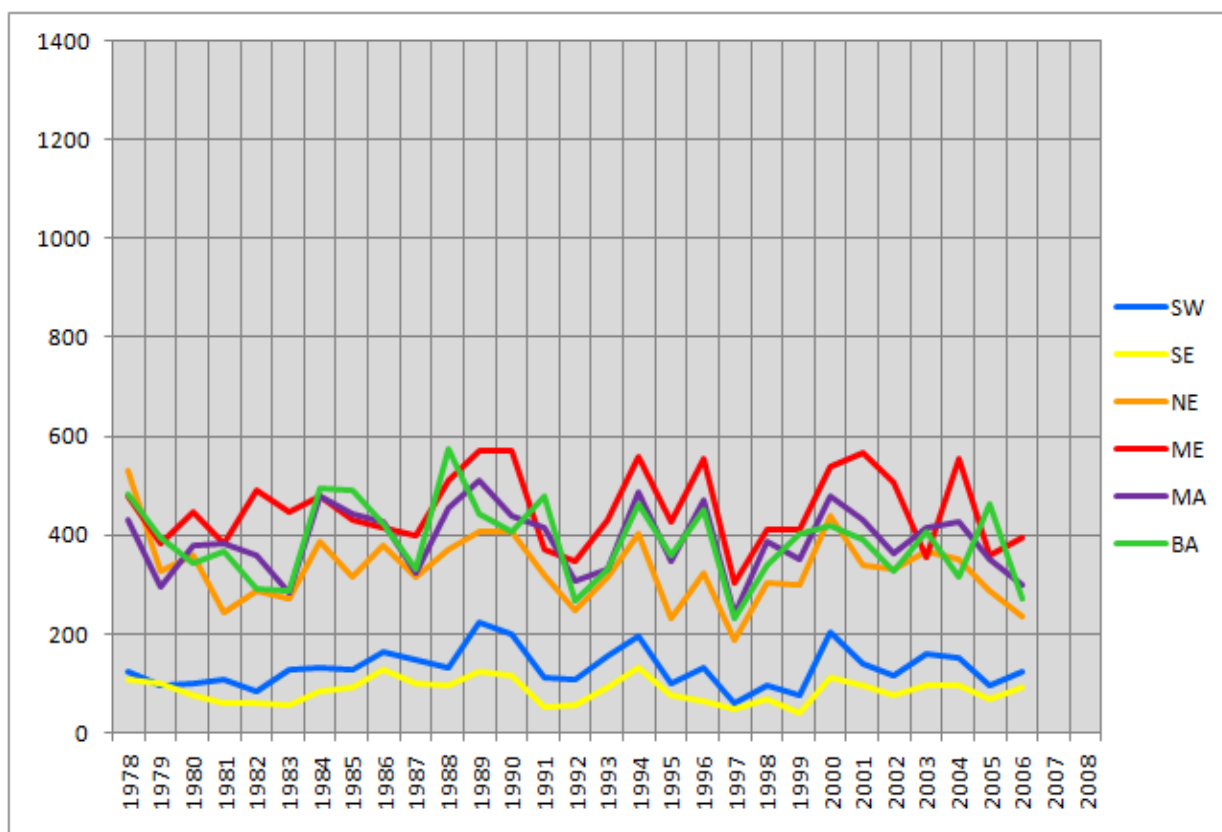


**Figura 11. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada sazonal para MAM (outono) nas mesorregiões do Pará. Unidade: desvio padrão.**

#### 4.2.2.3 Trimestre JJA (Inverno)

No trimestre de JJA (inverno) é a estação mais seca do estado, pois a ZCIT desloca-se para o HN, levando as fortes atividades convectivas para aquelas regiões. Nota-se que as mesorregiões do Marajó, Baixo Amazonas, Metropolitana e Nordeste apresentam comportamento e valores similares durante toda a série de dados, entre 200 mm até aproximadamente 600 mm. Já as mesorregiões Sudeste e Sudoeste do estado apresentam os menores valores entre todas as mesorregiões, com precipitação abaixo de 200 mm, isso se dá ao fato da baixa ocorrência de sistemas frontais. Nota-se que nos anos

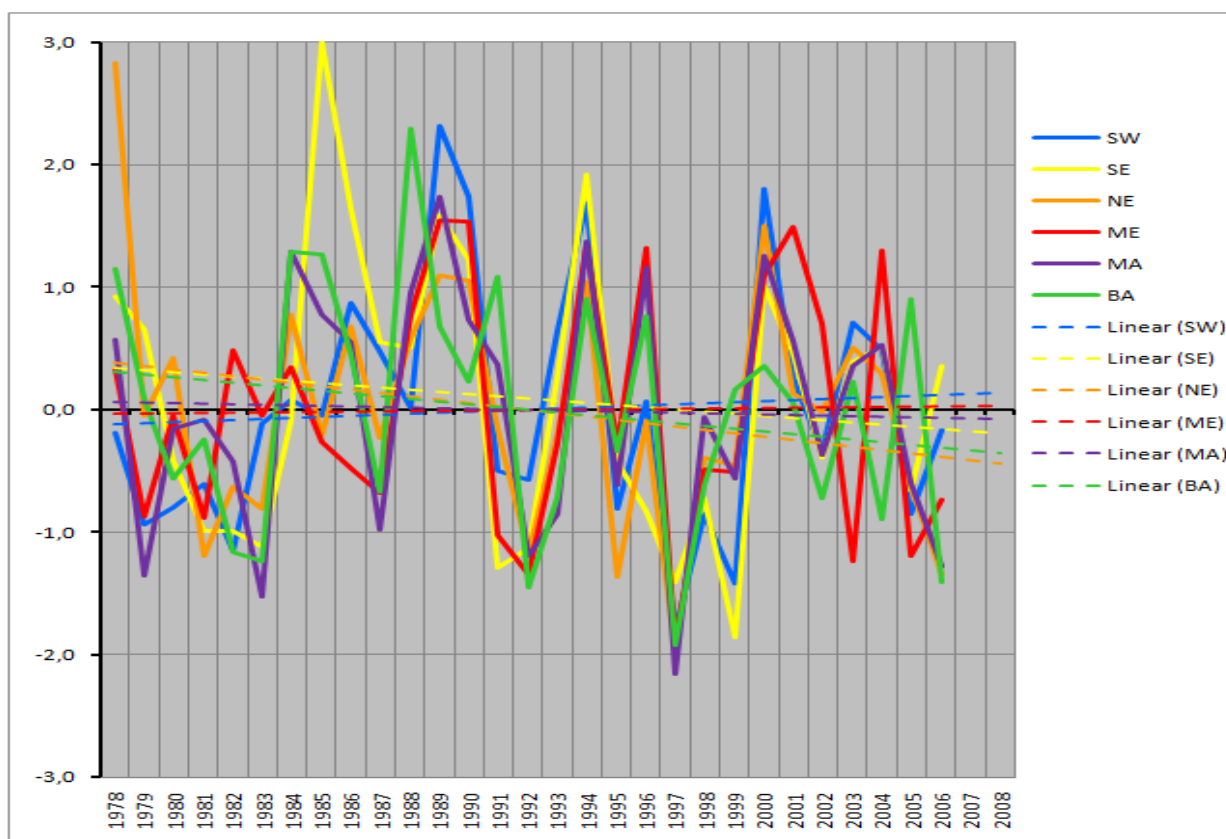
de 1989, 1994, 1996, 2001 e 2005 encontram-se os maiores índices de precipitação da série de precipitação para o outono. Em 1997 nota-se o menor índice pluviométrico da série, para todas as mesorregiões do estado, provavelmente esse baixo índice de precipitação está relacionado ao episódio de forte El Niño observado neste ano.



**Figura 12. Séries temporais da precipitação total sazonal para JJA (inverno) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.**

Na análise da anomalia de precipitação sazonal para o trimestre de JJA, nota-se que a mesorregião do Baixo Amazonas e Nordeste apresentam comportamentos semelhantes durante a série de dados, com altos índices de anomalia positivas até 1991, após percebe-se anomalias de precipitação muito negativa até o final da série. Já a mesorregião Sudeste mostra comportamento semelhante às mesorregiões BA e NE, até 1993, quando nota-se uma leve anomalia negativa durante alguns anos, após este período a anomalia passa a apresentar significativos índices de anomalia negativa. Destacando o ano de 1985 com alto índice pluviométrico e o ano de 1999 com o menor índice pluviométrico para a mesorregião Sudeste do Pará. Já as mesorregiões Sudoeste, Metropolitana e Marajó apresentam pequena variação de anomalia,

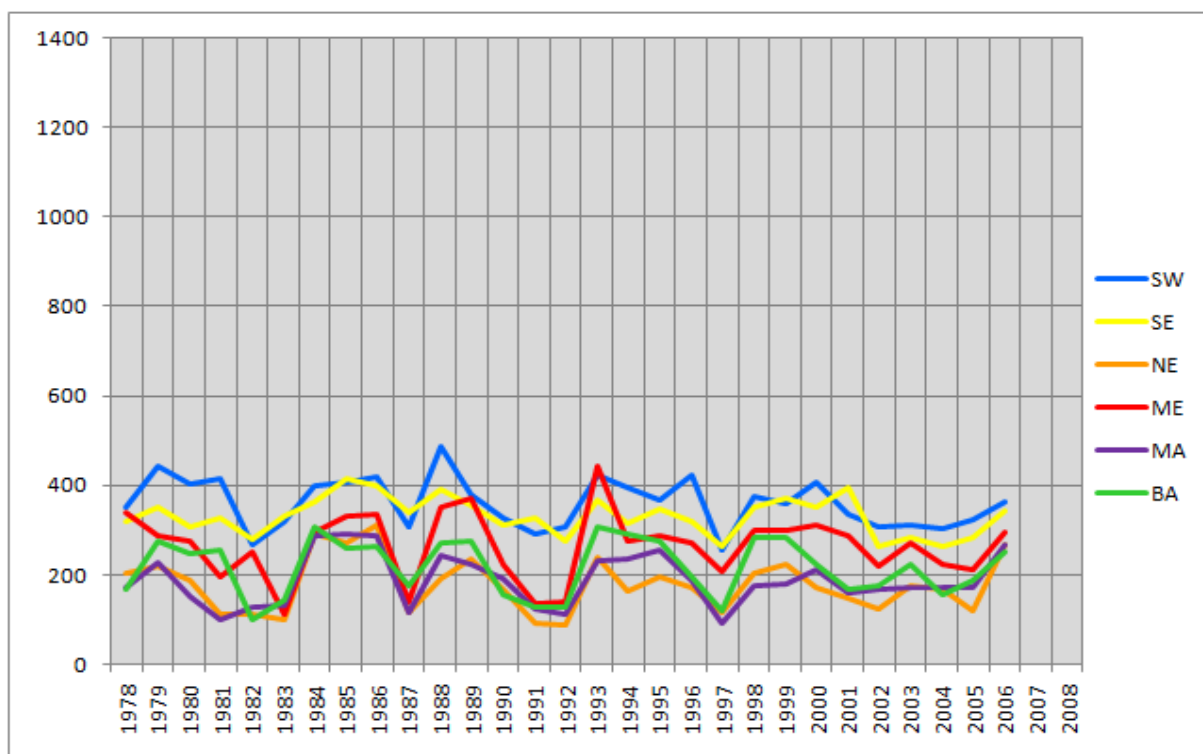
durante toda a série de dados, com pequenas oscilações de anomalias. Nota-se que a mesorregião Metropolitana e a que apresenta a menor variação de anomalia, tendo pequenos índices de anomalias negativas até 1990 e também pequenos índice de anomalias positivas a partir do ano de 1997. A mesorregião Sudoeste e Marajó apresentam comportamentos distintos, sendo que a mesorregião do Marajó apresenta índices positivos de anomalias enquanto a mesorregião sudoeste apresenta índices negativos até 1990. De 1990 até 1997 as três mesorregiões (MA, ME e SW) apresentam padrão de normalidade, sem anomalias de precipitação. Após observa-se que a mesorregião passa a apresentar anomalias positivas enquanto que a mesorregião do Marajó passa a apresentar anomalias de precipitação negativas. Uma ligeira tendência positiva de chuva é verificada para a mesorregião do Sudoeste, enquanto que as mesorregiões do Baixo Amazonas Nordeste apresentam tendência negativa de chuva sazonal de inverno.



**Figura 13. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada sazonal para JJA (inverno) nas mesorregiões do Pará. Unidade: desvio padrão.**

#### 4.2.2.4 Trimestre SON (Primavera)

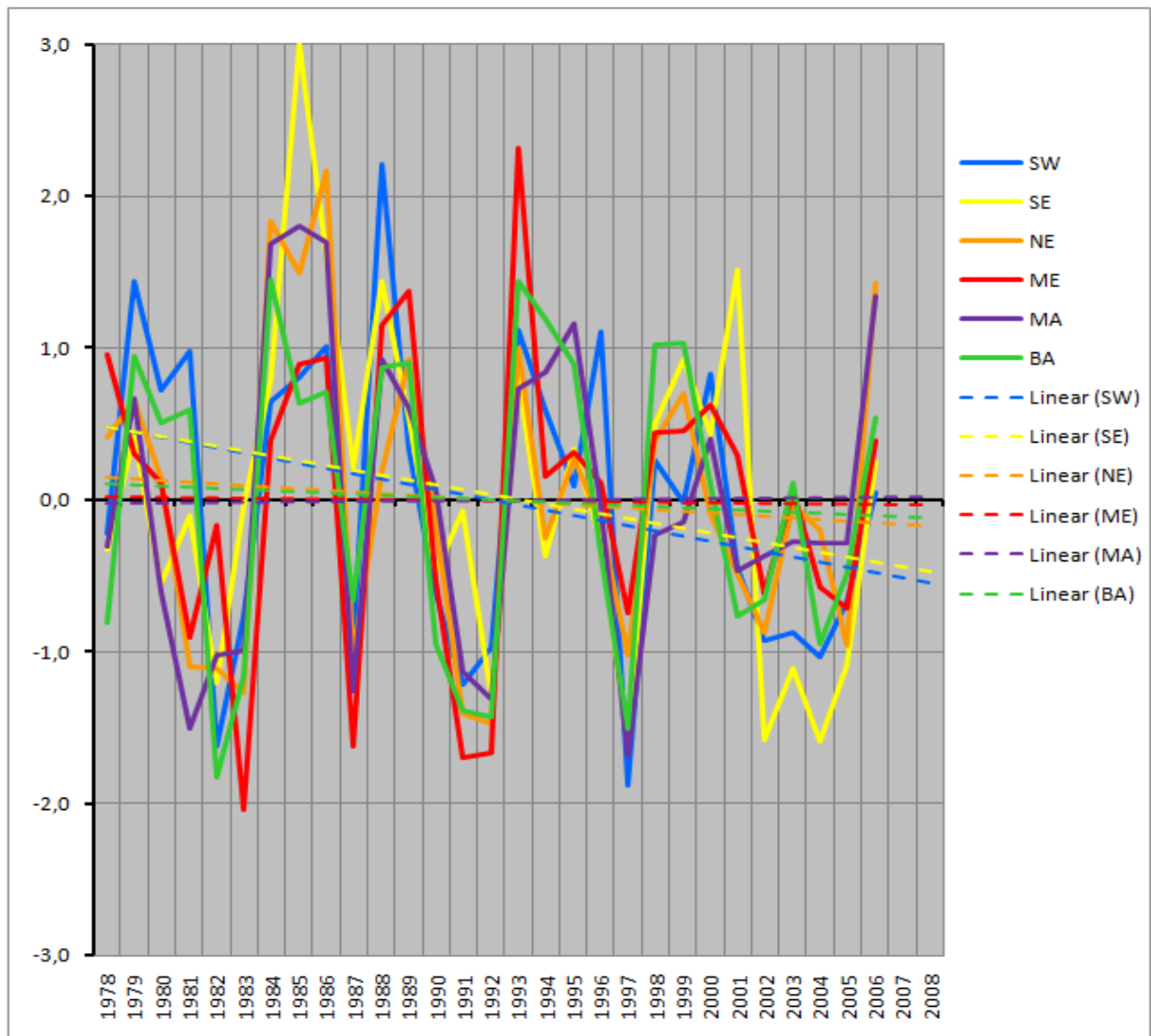
Na figura 14 observamos que as mesorregiões Sudeste e Sudoeste apresentam os maiores índices de precipitação, isso se dá pelo início da atividade convectiva associada à ZCAS, iniciando nestas áreas o ciclo de chuvas. Existem situações em que o comportamento médio é influenciado por outros fatores que provocam um desequilíbrio atmosférico alterando a distribuição espacial e temporal da precipitação.



**Figura 14. Séries temporais da precipitação total sazonal para SON (primavera) nas mesorregiões do Pará. Unidade: mm.**

Analisando a figura 15, nota-se que as anomalias de precipitação para o trimestre de SON, são mais acentuadas nas mesorregiões do Sudeste e Sudoeste. Com anomalias positivas de 1978 a 1992 e anomalias negativas a partir de 1993, permanecendo assim até o final da série de dados. Já as demais mesorregiões apresentam comportamento semelhante durante toda a série de dados, com pequenas amplitudes de anomalias. Apresentando leve anomalia positiva até 1992 e também leve anomalia para todo o resto da série.

Nota claramente a tendência negativa de chuva sazonal de primavera ocorre nas mesorregiões Sudeste e Sudoeste Paraense.



**Figura 15. Séries temporais da anomalia de precipitação padronizada sazonal para SON (primavera) nas mesorregiões do Pará. Unidade: desvio padrão.**

## 5 CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho foi estudar a climatologia, tendência e a variabilidade da precipitação observada nas mesorregiões do Estado do Pará nas últimas 3 décadas (1978-2008). Através de dados de precipitação do banco de dados do projeto Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará (RPCH), observou-se que a partir da distribuição média anual da precipitação, os maiores índices estão concentrados no Nordeste paraense. Com relação à evolução da chuva sazonal, verifica-se em todas as mesorregiões a ocorrência de uma transição muito brusca do período chuvoso para o período seco, com diminuição drástica dos valores de precipitação. Evidenciou-se que o ciclo anual da precipitação no Estado é fortemente modulado pela marcha da ZCIT, causando os trimestres mais chuvosos de março, abril, maio (MAM) e dezembro, janeiro, fevereiro (DJF); e os menos chuvosos de setembro, outubro, novembro (SON) e junho, julho, agosto (JJA).

Na análise das séries temporais da anomalia de precipitação padronizada anual, observou-se que os desvios de anomalia para as mesorregiões do estado, foram positivos até o final da década de 90, com elevados índices de precipitação para as mesorregiões Sudeste e Sudoeste do Estado. Por outro lado, após o ano de 1993/1994 os desvios de anomalias tornaram-se negativos, com anomalias muito negativas para a mesorregião do Sudeste do estado, ao contrario da mesorregião Nordeste do estado que apresentou anomalia negativa muito pequena.

Há uma tendência negativa (diminuição) de chuva sazonal do verão principalmente para as mesorregiões Sudeste e Sudoeste. Inversamente, nota-se uma ligeira tendência positiva (aumento) de chuva sazonal de verão para a mesorregião do Baixo Amazonas. Uma ligeira tendência positiva de chuva sazonal de inverno também é verificada para a mesorregião do Sudoeste, enquanto que as mesorregiões do Baixo Amazonas Nordeste apresentam tendência negativa. Em geral, nota-se uma tendência positiva generalizada de chuva sazonal de outono para todas as mesorregiões do Pará. Já a chuva sazonal de primavera nota-se claramente a tendência negativa nas mesorregiões Sudeste e Sudoeste Paraense.

## REFERÊNCIAS

CANO, W.; BRANDÃO, C. A. (Coords). **A Região Metropolitana de Campinas: urbanização, finanças e meio ambiente**. Campinas: Unicamp, 2002. 439 p.

CAVALCANTI, I.F.A; KOUSKY, V.E. **Influências de circulações de escala sinótica na circulação de brisa marítima na costa norte-nordeste da América do Sul**. São José dos Campos, INPE, 1982. (INPE-2573-TDL/097)

COHEN, J. C. P. **Um estudo observacional de linhas de instabilidades na Amazônia**. 1989. 174f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São Paulo, 1989.

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South América. **Climanálise. Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.5, n. 6, p. 36-45. 1990.

FISCH, G.; MARENGO, J. M.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.28, n.2, p.101-126. 1998.

GURGEL, H. C. **Variabilidade espacial e temporal do NDVI sobre o Brasil e suas conexões com o clima**. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)–Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2003.

GAN, M.A., KOUSKY, V.E., 1986: Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.1. p. 19-28.1986

HIGGINS, R. W. et al. Improved United States precipitation quality control system and analysis. **NCEP/Climate Prediction Center Atlas** v. 7, p.40. 2000.

HOREL, J.D.; HAHMANN, A.N.; GEISLER, J.E. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. **Journal of Climate**, v. 2, n.11, p.1388 –1403. 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE **Divisão Regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro, 1990. v.1.

KODAMA, Y-M., 1992: Large-scale common features of sub-tropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: characteristics of subtropical frontal zones. **J. Meteor. Soc. Japan**, v. 70, n. 813-835.

KOUSKY, V.E.; KAYANO, M.T. A climatological study of the tropospheric circulation over the Amazon region. **Acta Amazonica**, v. 11, p. 743-758. 1981.

KOUSKY, V.E.; FERREIRA, N.J. Interdiurnal surface pressure variation in Brazil: Their spatial distribution, origins and effects. **Monthly Weather Review**, n. 109, p. 1999-2008. 1981.

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A.; GAN, M. A. Contrasts between wet and dry periods within the 1981 rainy season in Northeast Brazil. In: **International conference on Southern Hemisphere Meteorology 1.**, 1983, Sao Jose dos Campos, SP. 1983. (INPE-2728-PRE/310).

LOPES, M. N. G. **Aspectos regionais da variabilidade de precipitação no Estado do Pará: estudo observacional e modelagem climática em alta resolução.** 2009 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém.

MAGNAGO, A. A. A divisão regional brasileira – uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 65-92, out./dez. 1995.

MARENGO, J. A. et al. Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability. **J. Climate**, v. 17, p. 2261-2280. 2004.

MOLION, L. C. B. Climatologia dinâmica da Região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.2, p.107-117. 1987.

MOLION, L. C. B. Amazonian rainfall and its variability. **Hydrology and water management in the humid tropics.** Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p.99-111.

MOLION, L.C.B. e S.O. Bernardo, 2002. **Comparação de perdas de radiação de onda longa entre eventos El Niño e La Niña.**

MOLION, L.C.B; KOUSKY, V.E **Climatologia dinâmica da troposfera sobre uma tropical da Amazônia.** INPE-3560-RPE/480, São José dos Campos, São Paulo, Brazil, 1985. INPE-3560-RPE/480, São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 1985.

NOGUÉS-PAEGLE, J.; MO, K. **Alternating wet and dry conditions over South American during summer.** Mon. Wea. Rev., v.125, p.279-291, 1997.

OLIVEIRA, A.S. **Interações entre Sistemas Frontais e a atividade convectiva na Amazônia.** 1986. Dissertação (MSc. em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, 1986.

**Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) AR4, WGI Report.** Cambridge Univ. Press. 2007.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul.** 1994. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos.

ROCHA, E.J.P. **Balço de umidade na Amazônia durante o experimento FLUAMAZON.** 1991. Dissertação (MSc. em Meteorologia) - Departamento de Ciências Atmosféricas-IAG-USP, São Paulo, 1991.

ROCHA, E. J. P. **Balço de umidade e influências de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia.** 2001. 210 f. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São Paulo, 2001.

SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of Amazon region. In: SIOLI, H. (Ed.) **The Limnology and landscape-ecology of a mighty river and its Basin.** Dordrecht: Junk Publishers, 1984. p.85-126.

SOUZA, E. B.; AMBRIZZI, T. Modulation of the intraseasonal rainfall over tropical Brazil by the Madden-Julian Oscillation. **Int. J. Climatol.**, v. 26, p. 1759-1776. 2006.

SOUZA, E. B.; AMBRIZZI, T. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. **Climanálise**, São José dos Campos, v. 5, n.6 p. 36-44. jan. 2003.

SOUZA, E.B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 81, p. 177–191. 2005.

SOUZA, E.B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113–122. 2004.

SILVA, J. W.; GUIMARAES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 03, p. 665-674, maio/jun. 2003.

SILVA, J. B.; BASGALUPP, M. P.; PAZ, S. R. da. Comportamento das precipitações pluviiais mensais em Pelotas, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 01, p. 155-159. 2005.

VIRJI, H. ; KOUSKY, V. E. Regional and Global Aspects of a Low Latitude Frontal Penetration in Amazonas and Associated Tropical Activity, São José

dos Campos-SP, **Anais do First International Conference on Southern Hemisphere Meteorology**, American Meteorological Society, 1983