



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE METEOROLOGIA

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**THAIANE SOEIRO DA SILVA DIAS**

**VARIABILIDADE FLUVIOMÉTRICA DO RIO MADEIRA EM RONDÔNIA E SUAS  
RELAÇÕES COM A PRECIPITAÇÃO DO SATÉLITE TRMM E OCEANOS  
TROPICAIS**

Nº 311

BELÉM-PA  
JANEIRO-2012

**THAIANE SOEIRO DA SILVA DIAS**

**VARIABILIDADE FLUVIOMÉTRICA DO RIO MADEIRA EM RONDÔNIA E SUAS  
RELAÇÕES COM A PRECIPITAÇÃO DO SATÉLITE TRMM E OCEANOS  
TROPICAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Faculdade de Meteorologia  
do Instituto de Geociências da Universidade  
Federal do Pará- UFPA, para obtenção do  
grau Bacharel em Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Barreiros de  
Souza

**GEOCIÊNCIAS**  
**UFPA**

BELÉM – PA

JANEIRO-2012

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

---

- D541v Dias, Thaianie Soeiro da Silva  
Variabilidade fluviométrica do rio Madeira em Rondônia e suas relações com a precipitação do satélite TRMM e oceanos tropicais / Thaianie Soeiro da Silva Dias; Orientador: Everaldo Barreiros de Souza – 2012  
43 f. : il.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em meteorologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2012.
1. Precipitação (Meteorologia) – Rondônia. 2. Variabilidade fluviométrica. 3. Oceano Pacífico. 4. Oceano Atlântico. I. Souza, Everaldo Barreiros de, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22 ed.: 551.577098111

---

**THAIANE SOEIRO DA SILVA DIAS**

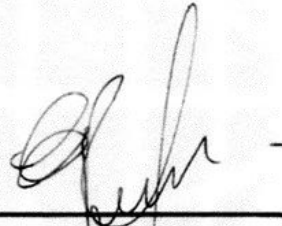
**VARIABILIDADE FLUVIOMÉTRICA DO RIO MADEIRA EM RONDÔNIA E SUAS  
RELAÇÕES COM A PRECIPITAÇÃO DO SATÉLITE TRMM E OCEANOS  
TROPICAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Faculdade de Meteorologia  
do Instituto de Geociências da Universidade  
Federal do Pará- UFPA, para obtenção do  
grau Bacharel em Meteorologia.

Data da aprovação: 06/01/2012

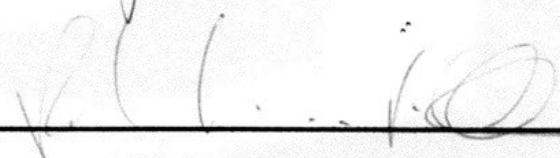
Conceito: EXC

Banca Examinadora:



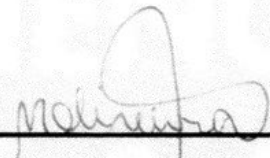
---

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



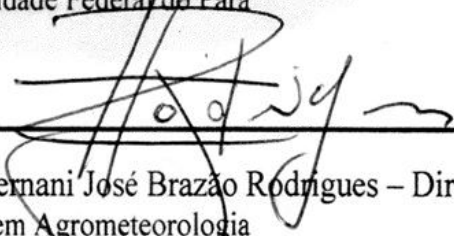
---

Prof. Paulo Afonso Fisher Kuhn – Membro  
Doutor em Agronomia  
Universidade Federal do Pará



---

Prof. Maria do Carmo Felipe de Oliveira – Membro  
Mestre em Agrometeorologia  
Universidade Federal do Pará



---

Prof. Hernani José Brazão Rodrigues – Diretor da F  
Doutor em Agrometeorologia  
Universidade Federal do Pará

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus. A qual me concedeu sabedoria, entendimento, força e vitórias. Toda honra e glória ao Senhor Jesus Cristo.

Agradeço a minha família, a minha mãe (Eliete) e a minha irmã (Tharine) que de alguma forma sempre estiveram ao meu lado, auxiliando, ajudando nas horas de dificuldades, dando amor e carinho. Ao meu Pai que sempre me ensinou caráter dignidade, respeito e disciplina. No que diz: *a melhor escolha e nunca ficar parado sempre seguir, estudando, seja qual for*. Sou muito grata aos meus pais pelos seus ensinamentos que repassaram e pelos exemplos de força e coragem.

Ao Orientador Dr. Everaldo, admiro seu trabalho, agradeço a você porque me abriu as portas para conhecer esta linha de pesquisa, pelo ensino e pelo auxílio à bolsa. Por ter demonstrado ser atencioso e paciente. Agradeço-lhe sinceramente, que Deus venha te retribuir ricas bênçãos.

Às amigas que fiz durante estes quatro anos de curso, Amanda, Luciana e Irene. Suas companhias foram ótimas, o nosso “quarteto fantástico”, sempre vai fazer sucesso mesmo seguindo caminhos diferentes, sempre apoiando, ajudando umas as outras, tirando as dúvidas, compartilhando momentos alegres e tristes. Sempre me lembrarei de vocês.

Aos professores que participaram desta banca examinadora (Paulo Kuhn e Maria do Carmo) e aos demais professores, que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Ao Departamento de Meteorologia da Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências, ao programa de Pós-Graduação. Ao pessoal de suporte técnico e auxílio a pesquisa, da FAMET, RPCH/LASIN/LAMAZ, ao PIBIC/CNPq, Agência Nacional de Águas (ANA), pelo eficiente apoio nas diversas etapas deste trabalho.

Ao meu irmão em Cristo (Alessandro), admiro você pela sua competência e dignidade.

E a todos os amigos que de alguma maneira sempre estiveram presentes e ajudaram direta ou indiretamente ao longo dos anos. Muito obrigada, que Deus derrame sobre vocês chuvas, de bênção e restaurações a cada um.



“Toda Escritura divinamente  
inspirada é proveitosa para ensinar,  
para redargüir, para corrigir, para  
instruir em justiça.”  
II Timóteo 3. vc.16

## RESUMO

Usando dados de cota fluviométrica do rio Madeira em Porto Velho num período de 36 anos (1974 a 2010) evidenciou-se que durante o ano hidrológico, os meses de Novembro a março representam o período de cheia do rio Madeira, enquanto que os meses de Maio a Setembro representam o período de vazante do rio Madeira. Os dados de precipitação do satélite TRMM em alta resolução espacial ( $0.25^\circ$ ) permitiram investigar a configuração da chuva regional influenciando a variabilidade de cota do rio Madeira. Considerando o período de cheia, cujo pico máximo anual ocorre em Março, verificou-se que a chuva que antecede 2 meses (Janeiro) o pico de cheia associa-se à ZCIT e convecção em grande parte da Amazônia. Para o mês que antecede (Fevereiro) e durante o mês de pico da cheia (Março) observou-se a influência de sistemas frontais organizando a convecção na Amazônia ocidental. Já para o período de vazante, cujo pico mínimo anual deflagra-se no mês de Setembro, observou-se que desde Julho a Setembro (defasagens de -2, -1 e 0) persiste a influência de sistemas frontais na região sudeste e centro-oeste do Brasil que intensificam a convecção e provocam chuva na região de Rondônia, explicando a variabilidade de cota acima do normal. A relação da variabilidade de cota do rio Madeira com os Oceanos tropicais indicaram que eventos de vazante abaixo do normal associam-se com anomalias negativas de TSM, ou seja, aos episódios La Niña sobre o Pacífico. Para o período de cheia, notaram-se correlações apenas no Pacífico leste e correlações mais evidentes na bacia norte e subtropical sul do Atlântico.

Palavras chaves: Precipitação (Meteorologia) – Rondônia, Variabilidade fluviométrica, Oceano Pacífico, Oceano Atlântico.

## ABSTRACT

Using river level data of the Madeira river in the Porto Velho city during 36 years (1974-2010), it was evidenced that during the hydrological year, the months of November to March represent the wet (higher river level) season while the months of May to September correspond the dry (lower river level) season of the Madeira river. The TRMM satellite rainfall at high spatial resolution (0.25 °) allowed investigating the configuration of regional precipitation variability associated with the Madeira river in Porto Velho. Considering the wet period, whose annual peak occurs in March, it was found that the rainfall preceding two months (January) the flood peak is associated with the ITCZ and convection in most of Amazon region. For the month before (February) and during the peak of flood (March) the results showed the influence of frontal systems organizing tropical convection in western Amazon. For the dry period whose annual peak occurs in September, it was observed that from July to September (lags of -2, -1 and 0) the rainfall occurrence are related to the frontal systems positioned in Southeast and Central western Brazil which enhance the tropical convection causing rainfall in the region of Rondônia, which explain the fluviometric variability above the normal. The relationship between river variability and tropical Oceans showed that river level below normal periods are associated with negative SST anomalies, i.e., the La Niña episodes in the Pacific Ocean. For the wet season, correlations were noted only in the eastern Pacific and results more evident in northern and southern subtropical Atlantic Ocean.

Words keys: Precipitation (Meteorology) – Rondônia, Variability fluviometric, Ocean Pacific and Ocean Atlantic.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>11</b>
2.1 CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA .....	11
2.2 PAPEL DOS OCEANOS .....	11
2.3 SISTEMAS METEOROLÓGICOS .....	12
2.3.1 <b>Zona de convergência do atlântico sul - ZCAS</b> .....	12
2.3.2 <b>Zona de Convergência Intertropical- ZCIT</b> .....	14
2.4 VARIABILIDADE INTERANUAL .....	15
2.4.1 <b>El Niño e oscilação sul – ENOS</b> .....	15
2.4.2 <b>Dipolo do Atlântico</b> .....	17
2.5 A INFLUÊNCIA DO OCEANO PACÍFICO NO CLIMA .....	18
2.6 A INFLUÊNCIA DO OCEANO ATLÂNTICO NO CLIMA .....	20
2.7 MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 BASES DE DADOS .....	25
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	25
3.3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS .....	26
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
4.1 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS .....	29
4.2 <b>RELAÇÕES DA FLUVIOMETRIA COM OS OCEANOS TROPICAIS E PRECIPITAÇÃO REGIONAL</b> .....	<b>30</b>
4.2.1 <b>período de cheia do rio madeira</b> .....	<b>30</b>
4.2.2 <b>período de vazante do rio madeira</b> .....	<b>34</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Amazonas, a maior bacia fluvial do planeta, abrange uma área de aproximadamente 7 milhões de km<sup>2</sup> e envolve o território de vários países da América do Sul tropical (Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Bolívia e Brasil). A maior parte da bacia Amazônica encontra-se em território Brasileiro com cerca de 3,8 milhões de km<sup>2</sup> abrangendo os estados do Acre, Amazonas, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Pará e Amapá.

A variabilidade fluviométrica (períodos sazonais de cheia e vazante dos rios da Amazônia) é regulada primariamente pela variabilidade da precipitação pluviométrica regional. Ou seja, a precipitação é a principal entrada de água no sistema hidrológico da Amazônia (ROCHA, 2001; SANTOS, 2008). Por sua vez, a variabilidade da precipitação na Amazônia é determinada pelos modos de variabilidade oceano-atmosfera de grande escala que se processam sobre as bacias tropicais dos Oceanos Pacífico e Atlântico (SOUZA et al. 2000). O ciclo do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre o Oceano Pacífico e as fases do Dipolo ou Gradiente de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico tropical exercem influências diretas nos ramos ascendentes e descendentes das células atmosféricas de Hadley e de Walker (SOUZA et al. 2005), que por sua vez interferem nas bandas de convecção profunda associadas à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), conforme análises observacionais reportadas por Souza et al (2004).

Por outro lado, os problemas com as cheias e estiagens na Amazônia são de ocorrência anual. A situação agrava-se à medida que há crescimento demográfico desordenado, aumenta-se a vulnerabilidade da população situada nas áreas de alagamentos que repercute diretamente no número de pessoas atingidas pelas enchentes. Por outro lado, os rios sendo um dos principais meios de transporte fluvial, uma vez atingem níveis muito baixos passam a limitar o transporte, a pesca a produção florestal, causando impacto social e econômico. Assim neste âmbito, a necessidade de entender a variabilidades dos regimes hidrológicos para que a ação conjunta como a Defesa Civil e outros meios de comunicação venha minimizar os prejuízos.

Por conseguinte, os extremos climáticos associados a extremos pluviométricos induzem conseqüentemente a ocorrência de extremos hidrológicos em diversas sub-bacias hidrográficas da Amazônia, os quais freqüentemente provocam impactos sócio-econômicos e ambientais. Tendendo a compreensão do comportamento da variabilidade e possivelmente contribuindo ao crescimento científico e tecnológico as quais podem ser potencialmente úteis

ao planejamento e gestão de políticas de mitigação para o conjunto da sociedade amazônica, em decorrência de eventuais eventos climáticos extremos foi umas das questões que levou a autora a tratar do mesmo.

Por isso, o foco deste trabalho é na fluviometria do rio Madeira na porção sudoeste da Amazônia, cuja variabilidade é influenciada tanto pelos sistemas tropicais quanto subtropicais, destacando a máxima de precipitação no verão austral relacionado à ZCAS e no outono à ZCIT, sendo estes dois sistemas meteorológicos os que caracterizam a pluviometria da região na escala de tempo sazonal.

Esta pesquisa objetivou investigar a climatologia e variabilidade fluviométrica (cota ou nível do rio) do rio Madeira em Porto Velho e suas relações com a precipitação regional, bem como com os padrões oceânicos sobre o Pacífico e Atlântico.

Especificamente esta pesquisa buscou:

- Caracterizar a climatologia do rio Madeira distinguindo os períodos de cheia e vazante;
- Investigar as relações entre a variabilidade hidrológica e a variabilidade pluviométrica regional;
- Verificar a modulação dos mecanismos climáticos dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade pluviométrica e fluviométrica da Amazônia oriental.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA

O padrão de circulação atmosférico conhecido para regiões tropicais é caracterizado pela persistência de ventos de leste e, em latitudes temperadas, predominância de vento de oeste. Os sistemas que formam a circulação geral da atmosfera são distinguidos com valores climatológicos. Isto é, pode ser considerada como uma circulação média de longo prazo da atmosfera, conhecendo o clima do globo e suas principais particularidades.

Tendo como principais componentes da circulação atmosféricos:

- ✓ Célula de Hadley foi descoberta pelo G. Hadley em 1735 pela teoria de duas células, e já no ano de 1856 a teoria de três células pelo professor Ferrel completou-a essa teoria. A célula de Hadley localiza entre o equador e aproximadamente a 30° de latitude, se desloca meridionalmente (norte e sul). O ar quente ascendente no equador libera calor latente na formação de nuvens cumulus profundas, fornece energia para alimentar esta célula. Quando a circulação em altos níveis se dirige para os pólos, a movimentos descendentes numa zona entre 20° e 35° de latitude.
- ✓ Célula de Walker descoberta na década de 20 é ocasionada pelo aquecimento anômalo das águas superficial do oceano Pacífico Central e Oriental (El Niño). Em condição normal, os ventos alísios sopram de leste para oeste ao longo do equador, acumulando água quente na camada superior do oceano Pacífico tropical perto da Austrália e Indonésia. Nessa região de águas superficiais quentes, a atmosfera é aquecida criando condições favoráveis para a convecção e precipitação. Nos níveis superiores da atmosfera os ventos sopram de oeste para leste, completando a circulação atmosférica em grande escala.

### 2.2 PAPEL DOS OCEANOS

Segundo Hartmann (1996), os oceanos têm um papel crítico no sistema físico climático da Terra. Este papel está relacionado pelas características, pois é úmido, tem baixo albedo, tem grande capacidade de armazenar calor e é fluido. Por isso os oceanos fornecem uma superfície perfeitamente úmida, a qual, quando não resfriada, tem um baixo albedo e é, então, um excelente absorvedor de radiação solar. A metade da energia transportada equador-pólo, que trabalha para aquecer os pólos e esfria os trópicos, é proveniente dos oceanos. Logo segundo o autor o oceano mundial é o reservatório de água que provê vapor d'água atmosférico para chuva sobre o continente.

A capacidade térmica da camada de mistura é a capacidade de calor efetiva do oceano em escala de tempo de anos a décadas. Assim, os oceanos e a atmosfera constituem um grande regulador térmico, devido à radiação solar que permite a interação, entre si, de enormes quantidades de energia.

A variação da temperatura da superfície do mar influencia consideravelmente uma região. Espera-se que uma variação de meso e grandes escalas ocasionem condições climáticas significativas, nas quais são destacados a seguir os principais fenômenos associados à variação de TSM em meso e grande escalas.

### 2.3 SISTEMAS METEOROLÓGICOS

Dentre os parâmetros meteorológicos a precipitação sobre as determinadas regiões varia continuamente, sobre a Amazônia numa variabilidade sazonal, interanual, intrasazonal e até interdecadal. Assim, os mecanismos dinâmicos que modulam e, por conseguinte, caracterizam o regime pluviométrico são: as condições locais dos movimentos convectivos (aquecimento diferencial), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Linhas de Instabilidade (COEHN, 1989), Zona de Convergência do Atlântico sul (ZCAS), ENOS (El Niño- Oscilação Sul), e entre outros sistemas meteorológicos. (SOUZA et al.,2004, SOUZA; ROCHA, 2006)

Vamos citar somente dois sistemas que atuam sobre a região tropical que varia anual e sazonalmente numa escala sinótica e mesoescala de importância pluviométrica são:

#### 2.3.1 Zona de convergência do atlântico sul - ZCAS

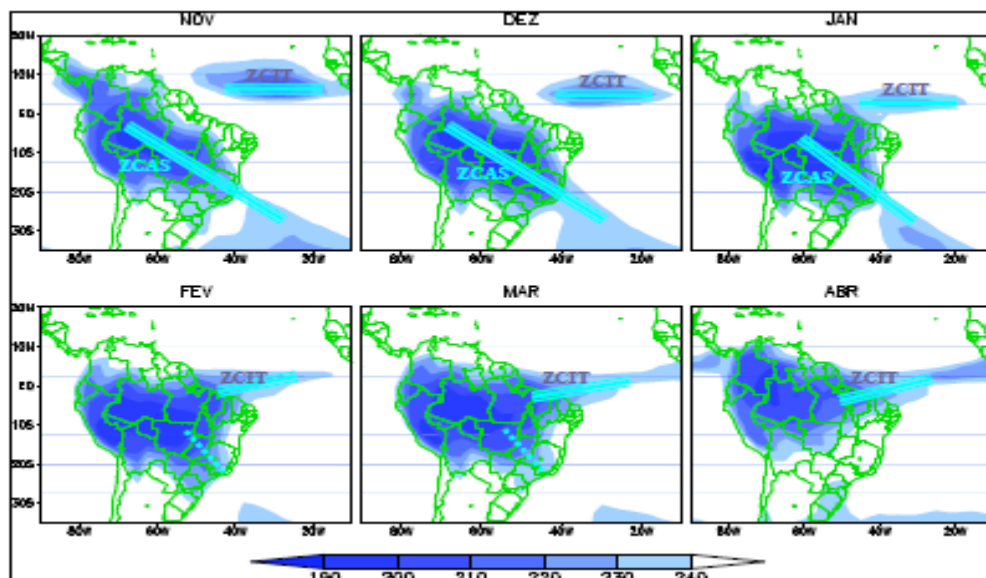
ZCAS é uma banda de nebulosidade que induz as chuvas sobre a América do Sul, tendo a sua máxima no verão austral. Se forma devido à alta semipermanente que geram ventos de leste (ventos alísios) do Oceano Atlântico que carregam umidade sobre a região do continente, nas cordilheiras dos Andes este gira formando vento sudeste que cria condição de instabilidade, formando nuvens de convecção das ZCAS. Em baixo nível o comportamento dos ventos conhecido de jatos de baixo nível (JBN) de meso-escala empurra a convergência de umidade do oceano-floresta criando condições de instabilidade é outro fator marcante para intensificação da ZCAS. (MARENGO et al, 2004).

Na figura 1 temos a média de radiação de onda longa (ROL) para os meses estudados confirmando a associação da ZCAS com a precipitação intensa nos meses de novembro, dezembro e janeiro, assim como a associação da ZCIT com a precipitação nos meses de

fevereiro, março e abril. Observa-se que valores de ROL abaixo de  $240 \text{ W/m}^2$  indicam as regiões com atividade convectiva. E na figura 2 temos a circulação de altos níveis, onde mostra o comportamento típico da Alta da Bolívia se prolonga formando um cavado sobre a região norte e nordeste brasileiro este padrão pode se formar no verão do hemisfério sul. Sendo mais intenso em Dezembro e Janeiro a AB e já para os meses seguintes pode se formar um vórtice ciclone de altos níveis (VCAN). Este mecanismo do padrão típico de verão pode intensificar as chuvas sobre a região tropical, sobretudo a Amazônia e fortalecer os sistemas atuantes como, por exemplo, a ZCAS.

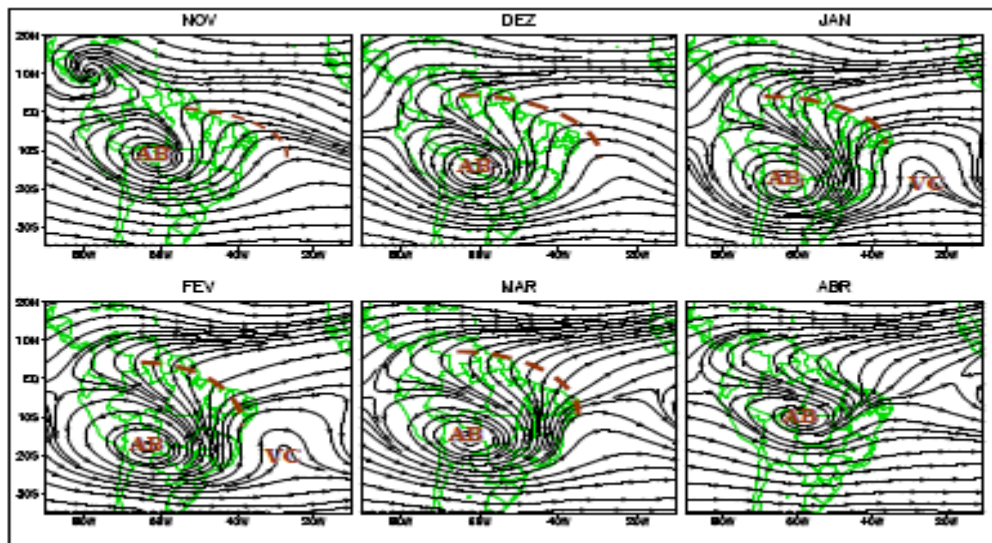
Consequentemente este sistema prevê um regime pluviométrico longo cuja oscilação são de 30/60 dias, o que promove período favorável de precipitação intensa associadas à ZCAS. Logo quando temos este sistema atuante na região sul-sudeste, sabe-se que as enchentes e enxurradas são freqüentes, consequentemente contabiliza-se inúmeros prejuízos. Na parte centro-oeste do Brasil, centro e sul da Amazônia legal pode causar efeito de friagem ocorrendo à diminuição de temperatura, além possibilitar organizar os sistemas convectivos, aumento do nível fluviométricos e vazão dos rios.

Figura 1 – Média mensal de ROL em  $\text{W/m}^2$



Fonte: (SANTOS, 2008).

Figura 2 – Linha de corrente em 200 hPa



Fonte: (SANTOS, 2008).

### 2.3.2 Zona de Convergência Intertropical- ZCIT

ZCIT é outro sistema que modula a precipitação sobre a região tropical, caracteriza por uma banda de nebulosidade de profundidade intenso sobre a região (5° e 10° sul e norte) dos hemisférios. Há evidência da predominância de circulação atmosférica ascendente (descendente) nas regiões da célula de Walker/Hadley equatorial fortalece (inibi) a ZCIT e consequentemente resulta em precipitação sazonal significativamente abundante (deficitária) no leste da Amazônia.

Nos padrões atmosféricos de circulação de escala climatológicos a ZCIT é conhecida pelos baixos índices de radiação de onda longa (ROL) a  $240 \text{ W/m}^2$  representando atividade de convecção, ou seja, a formação de nuvens de chuva. (SANTOS, op.cit.)

Em relação ao padrão dipolo a posição da ZCIT está relacionada ao gradiente térmico que aponta sobre a região. Nos mês de Março o gradiente de temperatura aponta para sul do hemisfério sul induzindo ao maior índices de chuva e cota e quando estamos na fase contraria provoca inibição das chuvas obtendo menores índices de chuvas e cota.

Segundo Ferreira (1996), a ZCIT está inserida numa região onde ocorre a interação de características marcantes atmosféricas e oceânicas, tais como:

- Zona de confluência dos Alísios (ZCA);
- Zona do Cavado Equatorial;

- Zona de Máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM);
- Zona de Máxima Convergência de Massa;
- Zona da banda de Máxima Cobertura de Nuvens Convectivas

## 2.4 VARIABILIDADE INTERANUAL

### 2.4.1 El Niño e oscilação sul – ENOS

O ENOS foi definido como um fenômeno de escala global relacionado a um forte acoplamento oceano-atmosfera, que manifesta-se sobre o Pacífico Tropical, no qual consiste de uma componente oceânica. (CANE, 1992)

O El-Niño conceitualmente se constitui do aquecimento anômalo das águas superficiais no Pacífico leste e central. Também é caracterizado por variações na atmosfera sobre a região de águas aquecida, afeta o clima das regiões norte e nordeste Brasileiro e global. E a La Niña refere-se ao resfriamento anômalo das águas superficiais no Pacífico leste e central. E caracterizado pelo efeito contrario do El Niño. Os dois tem intervalos médios de 3 ou 4 anos não é uma fator ciclo pode variar a cada ano (variabilidade interanual).

A mudança do comportamento na circulação geral da atmosfera, ou seja, na célula de Walker (circulação atmosférica no sentido zonal, isto é, oeste e leste) e também na célula de Hadley (circulação atmosférica de grande escala no sentido meridional, isto é, norte-sul), com ramo ascendente sobre equador e ramo subsidente sobre os tropicais. Temos que na fase desfavorável a célula de Walker é uma célula modificada onde o seu ramo subsidente sobre Norte e Nordeste Brasileiro e oceano Pacífico Oeste e na fase favorável a célula de Hadley o ramos ascendentes sobre Amazônia mais acentuada e a célula de Walker mais intenso em relação à condição normal de circulação atmosférica. (e.g., SOUZA; AMBRIZZI, 2002; SOUZA et al., 2004)

A Oscilação Sul (OS) designada pela flutuação inversa no campo de pressão entre as regiões da alta subtropical do Pacífico Sudeste e a baixa pressão da Indonésia. A medida da OS é dada pelo índice de oscilação sul (IOS), definido pela diferença normalizada no campo das pressões ao nível do mar (PNM) entre as estações de Tahiti no Pacífico sul e Darwin no norte da Austrália.

O ENOS conhecido pelas suas duas fases opostas: fase quente (El Niño)/ fase fria (La Niña). Pode estar associados pela manifestação de anomalias de temperatura da superfície do

mar (TSM) positivas/negativas sobre o Pacífico centro-leste, alísios mais fracos/fortes do que o normal e IOS negativo/positivo respectivamente. (SOUZA et al., 1998).

Os efeitos do El Niño/La Niña são observados em diversas partes do mundo, Na Figura 3, podem ser observadas as áreas afetadas com os impactos de períodos secos e chuvosos (frios ou quentes) no globo durante o verão e inverno de ambos os hemisférios.

Alguns prejuízos são descritos pra mostrar as conseqüências que este fenômeno pode trazer, os quais são preocupantes. No El Niño os danos causados são superiores, por isso, o fenômeno é temido, principalmente, pelos agricultores e setores de energia. Enquanto em alguns lugares podem induzir chuvas outros pode inibir chuvas. As temperaturas também mudam em grande parte das regiões do Brasil ou da América do sul, por exemplo, nas regiões sul e sudeste, onde é observado inverno mais ameno as temperaturas ficam mais altas em relação ao seu valor normal. Este aumento de temperatura no inverno pode trazer benefícios aos agricultores nestas regiões, pois diminui significativamente a incidência de geadas.

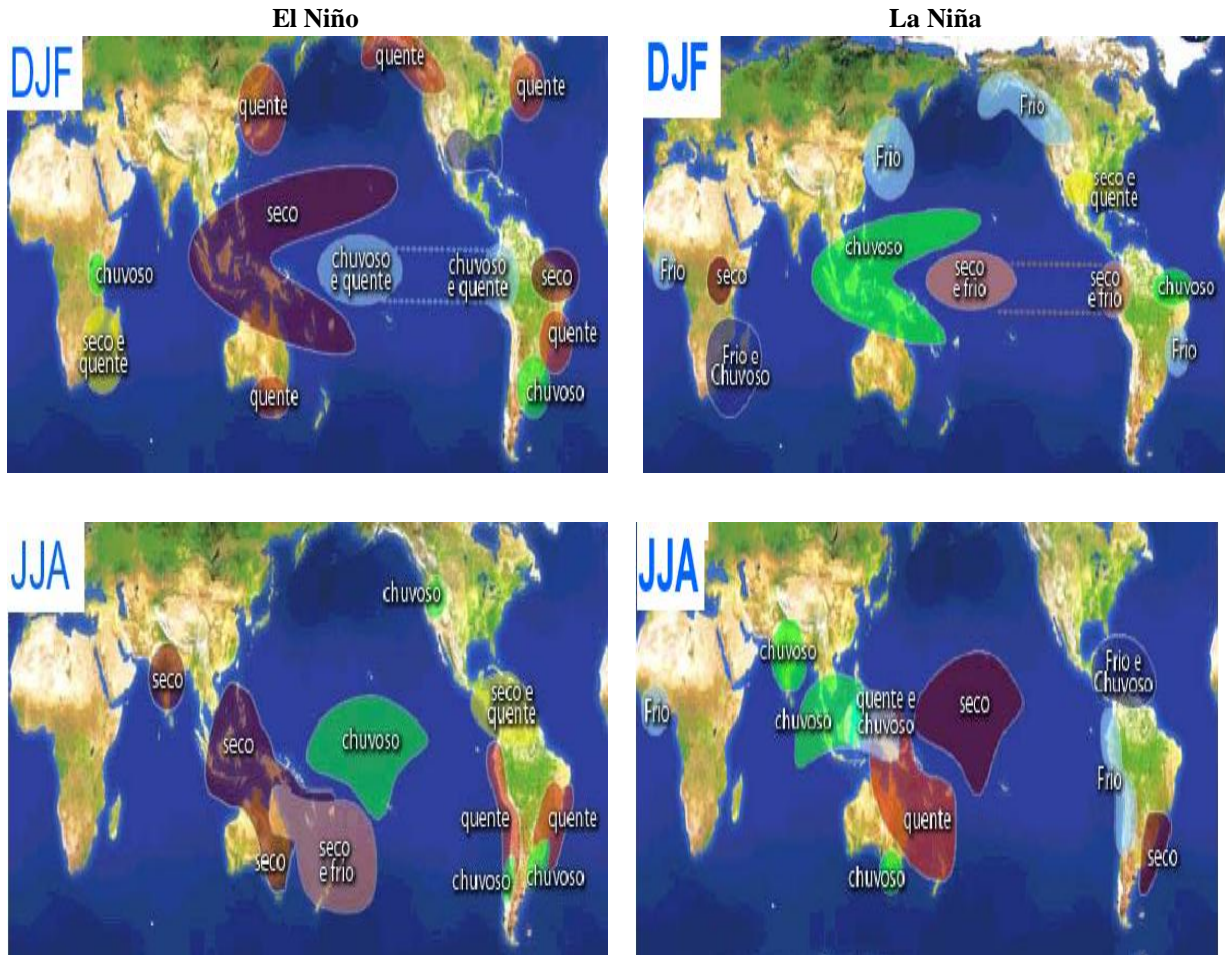
No setor leste da Amazônia e na região nordeste ocorre uma diminuição nas chuvas. Pode desencadear a seca não somente ao sertão, ela também pode atingir o setor leste do nordeste (Agreste, Zona da Mata e Litoral), caso aconteça conjuntamente com o dipolo do Atlântico sul negativo (dipolo negativo ou desfavorável, isto é, quando o Atlântico sul se encontra com águas mais frias que a média histórica e águas mais quentes no Atlântico norte), e na La Niña isso pode acarretar inundações, enchentes e perdas agrícolas, pois o nível dos rios pode aumentar e outras partes podem beneficiar no ciclo hidrológico e outras atividades.

Não podemos esquecer, com relação à Amazônia, as vazões dos rios mostram valores maiores que a média durante os episódios de La Niña, comparados com valores mais baixos nos anos de El Niño. Nos anos de 1997/98 e 1982/83, (OLIVEIRA, 1999), descreve detalhadamente os impactos que essas oscilações climáticas causam no Brasil e no mundo. Podem-se encontrar nos seus estudos os anos de ocorrências dos tais eventos classificados em fraco, moderado e forte.

No estudo de Dettinger mostrou em geral, que as anomalias de chuva observadas no Brasil e na América do sul corroboram as anomalias de vazões de rios entre SOI e vazões sejam menores que com chuva. Enquanto altas correlações positivas aparecem na região nordeste e na Amazônia, altas correlações negativas aparecem no sul do Brasil, e no centro-oeste e sudeste as correlações são baixas. Isto implica que se esperam maiores chuvas em áreas onde a correlação seja negativa e menores chuvas onde a correlação seja positiva. Conclui que os valores mais baixos durante anos de La Niña, enquanto que durante El Niño as

vazões são maiores. Na Amazônia, o El Niño determina anos com vazões menores que o normal, enquanto que La Niña determina vazões maiores que o normal.

Figura 3 - Impactos Globais do El Niño e La Niña, durante o verão (DJF) e inverno (JJA).



Fonte: (CPTEC, 2010)

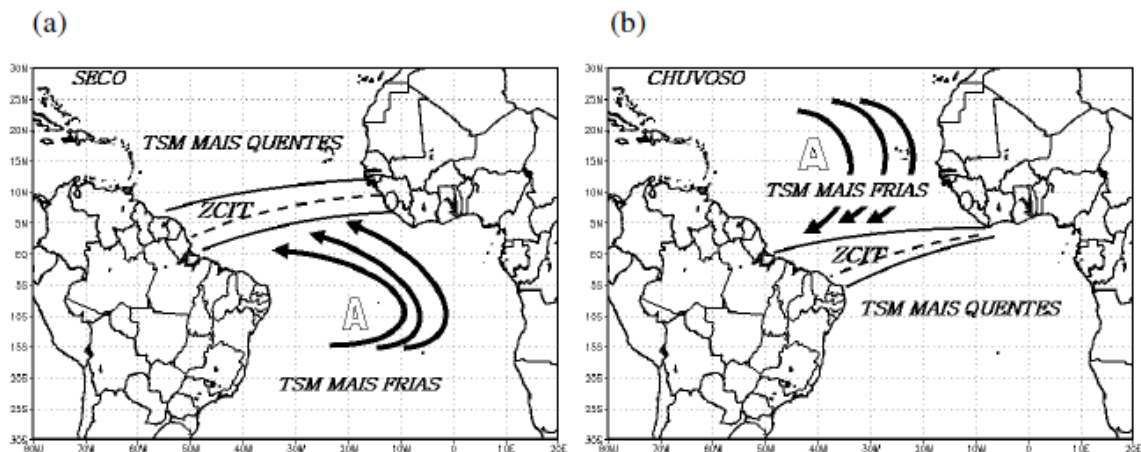
#### 2.4.2 Dipolo do Atlântico

O padrão de dipolo caracteriza-se pela manifestação simultânea de anomalias de TSM configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre as bacias norte e sul do Atlântico Tropical conforme a figura 4. Este padrão térmico inverso gera consequentemente, o aparecimento de um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico sobre o Atlântico Equatorial (WAGNER, 1996), o qual exerce influências no deslocamento norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (HASTENRATH; GREICHSCAR, 1993; NOBRE;

SHUKLA, 1996).Este sistema meteorológicos induz as chuvas nas regiões próximas no equador. (SOUZA et al., 2000)

Sabe-se que o padrão de dipolo se caracteriza no trimestre de Março- Abril e Maio, período chuvoso da região tropical, esse mecanismo modula a precipitação e bandas de nebulosidade associada à ZCIT. Quando o anômalo de TSM é maior e igual  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e menor igual  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  é caracterizado pela ocorrência de episódio de ENOS. (MEYERS et al., 1997)

Figura 4 - Configuração do Dipolo (a) positivo e (b) negativo, com águas mais quentes (frias) no Atlântico norte e águas mais frias (quentes) no Atlântico sul



Fonte: (UVO, 1998 p.16).

## 2.5 A INFLUÊNCIA DO OCEANO PACÍFICO NO CLIMA

Hastenrath (1975), analisando eventos climáticos extremos, percebeu que a qualidade da estação chuvosa no Caribe tem uma forte correlação negativa com precipitação anual nas grandes planícies centrais dos Estados Unidos, e com chuva e temperatura da superfície do mar ao longo do litoral Peruano Equatorial. Além disso, há fracas correlações negativas com chuva do nordeste do Brasil e com descarga e nível de água no afluente do norte da Amazônia e, uma forte correlação positiva com eventos hidrometeorológicos no Sub-Saara na África. Chuva do nordeste do Brasil é fortemente correlacionada negativamente com TSM ao longo da costa do Equador/Peru.

Marengo et al (1993) observou-se que durante anos de grande aquecimento das águas do Pacífico equatorial central (fenômeno do El Niño), a ZCIT encontra-se anormalmente mais ao norte de sua posição normal sobre o oceano Atlântico tropical; assim, os ventos alísios de NE são mais fracos, reduzindo a umidade que penetra para o interior da região Amazônica.

No caso da região Amazônica, Fisch (1996) observou que o episódio de El Niño de 1982/83 provocou um período extremamente seco (janeiro/fevereiro) durante a estação chuvosa. A anomalia de precipitação, neste período apresentou valores bem abaixo da normal climatológica, sendo mais observado na Amazônia central e com um valor menor no litoral do oceano Atlântico (mais precisamente em Belém).

Uvo (1998), usando decomposição de valor singular (SVD), observou que há uma relação negativa significativa entre anomalias de TSM do oceano Pacífico equatorial com a precipitação sobre a maioria do Nordeste, confirmando o estudo de Kousky et al. (1984). A precipitação mensal de dezembro a maio foi relacionada com a TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico. Descobriu-se que, no mês de dezembro, a TSM do Pacífico equatorial tem correlação negativa com uma pequena área no norte da bacia do Rio Negro positiva com uma área no sul do Peru. Em janeiro, as áreas de correlação significativa de aumento de precipitação incluem a parte norte da bacia Amazônica e bacia do Rio Orinoco. Nesta área, há correlações negativas com o Pacífico equatorial. Um padrão muito similar ocorre no mês de fevereiro. No período da estação seca na região norte da bacia Amazônica, pequenas somas de precipitação são detectadas quando há uma variabilidade da TSM do Pacífico equatorial chegando à conclusão de que as precipitações de janeiro e fevereiro são mais sensíveis para a variação da TSM sobre o Pacífico. A precipitação média de dezembro-fevereiro sobre a bacia do rio Negro e Orinoco, na parte norte da região Amazônica, mostrou influências significativas pela TSM do Pacífico equatorial.

Souza (2009) apresentou trabalho usando estudos de modelagem climática com ênfase na variabilidade pluviométrica sazonal da Amazônia oriental, durante as estações de verão e outono (DJF e MAM). Baseado nos resultados das simulações regionais do RegCM3 para um período de 26 anos (1982/83 a 2007/08) e usando domínio em alta resolução espacial (30 Km) e dois diferentes esquemas de convecção (Grell e MIT), foi investigado o desempenho do modelo em simular a distribuição regional de precipitação sazonal na Amazônia oriental, com referência a um novo conjunto de dados observacional compilado com informações de uma ampla rede integrada de estações pluviométricas. Foi utilizando também técnica de composições, investigado o desempenho do RegCM3 em reproduzir os padrões espaciais anômalos de precipitação sazonal em associação aos episódios ENOS, e as fases do gradiente térmico sobre o Atlântico intertropical. Os resultados demonstraram que o modelo conseguiu representar realisticamente bem o padrão espacial das anomalias pluviométricas acima (abaixo) do normal em grande parte da Amazônia oriental, durante os conhecidos cenários

favoráveis, condições de La Niña e gradiente de aTSM para o Atlântico sul (desfavoráveis, El Niño e gradiente de aTSM para o Atlântico norte).

## 2.6 A INFLUÊNCIA DO OCEANO ATLÂNTICO NO CLIMA

Na escala interanual, há estudos que discutem que os fenômenos atmosféricos e oceânicos sobre a bacia do Atlântico Tropical são mais significativos no clima do Nordeste do Brasil do que os do Pacífico (HASTENRATH et al., 1987). No entanto, embora a variabilidade interanual das TSM e ventos sobre o Atlântico Tropical sejam significativamente menores do que aquela observada sobre o Pacífico Equatorial, essas variáveis têm profunda influência na variabilidade climática sobre a América do sul, principalmente sobre a região Nordeste do Brasil (HASTENRATH, 1984; NOBRE; SHUKLA, 1996).

As regiões mais afetadas pelas circulações atmosféricas e oceânicas do Oceano Atlântico Tropical são: O leste da Amazônia (NOBRE; SHUKLA, 1996); O NEB (HASTENRATH; HELLER, 1977; MOURA; SHUKLA, 1981; NOBRE, 1993 citado por NOBRE; SHUKLA, 1996; RAO et al., 1993; SOUZA, 1997) e o sul do Brasil e Uruguai (DIAZ; STUDZINSKI, 1994 citado por NOBRE, 1996).

Souza et al. (1998) investigando sob o ponto de vista observacional no setor leste e norte do NEB, verificaram a manifestação dos eventos do padrão de dipolo, na bacia do Atlântico tropical, indicaram que os períodos da pré-estação e estação chuvosa dos anos de ocorrência da fase positiva (anomalias positivas de TSM na Bacia Norte e negativas na Bacia Sul do Atlântico) estão associados à ocorrência de precipitação abaixo do normal sobre os estados que compõem os setores norte e leste (exceto a Zona da Mata de Sergipe, Alagoas e Bahia) do NEB. E a fase negativa (anomalias negativas de TSM na Bacia Norte e positivas na Bacia Sul do Atlântico), chuvas acima do normal em todos os Estados do norte e leste da região.

Bezerra (2006) sobre a investigação dos aspectos da circulação atmosférica de grande escala, a partir da fonte aparente de calor e do sumidouro aparente de umidade nas regiões norte e nordeste do Brasil, e suas relações com a variabilidade da temperatura da superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico Tropicais permitiram encontrar algumas características importantes sobre o comportamento das anomalias de energia estática em anos de eventos extremos. Foram utilizados dados mensais das variáveis de temperaturas, umidade específica, componente zonal e meridional do vento e altura geopotencial (gpm) gerados pelo National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research

(NCEP/NCAR). Além disso, também foram utilizados dados de TSM, numa grade de  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  de latitude e longitude. Foram escolhidos quatro episódios de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e quatro de padrão de dipolo. O estudo refere-se ao do trimestre de fevereiro-abril do período chuvoso. No NEB e parte da Amazônia, em anos de El Niño foi observada, a mudança no padrão da célula de Walker implicando em inibição da convecção. Nos anos de La Niña, implicou em intensificação da convecção. Uma forte variabilidade da precipitação entre os eventos foi observada. Durante os episódios de El Niño e Dipolo positivo, o comportamento das anomalias de energias estáticas, apresentou-se semelhante. Assim como, durante os episódios de La Niña e Dipolo negativo. Durante os episódios quentes (frios), El Niño e Dipolo positivo (La Niña e Dipolo negativo), a atmosfera das áreas 1 e 2 apresentaram-se menos (mais) úmidas. As variações, observadas acima (abaixo) da média na energia estática seca, foram mais fortes durante os anos de El Niño (La Niña) do que durante os anos de Dipolo positivo (Dipolos negativos). Foram encontradas, menores (maiores) áreas de convergência de energia estática em baixos níveis e divergências em altos níveis durante os anos de El Niño (La Niña). Durante a fase positiva (negativa) dos Dipolos, a faixa de convergência de energia estática sobre o Oceano Atlântico, foi observada mais ao norte (ao sul). A região Amazônica, apesar da atuação dos episódios de El Niño, La Niña, Dipolos positivos e negativos, comportou-se como um sumidouro de vapor d'água. Já, região do NEB, como uma fonte aparente de vapor d'água durante os anos de El Niño e Dipolo positivo e sumidouro para os anos de La Niña e fase negativa do Dipolo.

Outros estudos envolvendo o acoplador oceano-atmosférico:

No estudo de Mota (1997), sobre os distúrbios ondulatórios de leste que atingiram a Região Nordeste do Brasil durante o inverno meridional (junho a agosto). Segundo o autor concluiu-se que as interações das ondas de leste ocorreram quando os sistemas de nebulosidade foram deslocados para oeste. Quando esses sistemas interagem com as circulações locais aumentava a convergência nos baixos níveis que causava as fortes chuvas ocorridas especialmente na faixa litorânea leste e norte do NEB. Possivelmente estes distúrbios nos ventos de leste favoreceram a explosão de intensa nebulosidade principalmente quando se aproximavam da interface oceano continente.

No estudo Santos (2008), objetivou desenvolver um modelo estatístico de previsão de vazão para Marabá-PA, bem como avaliar a estrutura dinâmica atmosférica associada ao extremo de regime hidrológico da bacia do rio Tocantins. O modelo utilizado foi hidrológico de regressão linear múltipla utilizou as series de observações fluviométrica e pluviométricas obtidas no banco de dados da ANA. Usou técnicas de composição considerando todos os anos

com registro de vazão acima/muito acima e abaixo/muito abaixo do normal, obtidos pela metodologia dos percentil, investigaram-se as características regionais da precipitação e a estrutura dinâmica atmosféricas em cada mês (novembro-abril). Os resultados mostraram que as categorias de vazão acima/muito acima teve precipitação acima do normal indicando configuração associado ao fenômeno La Niña no Pacífico e condições de resfriamento no Atlântico sul; Inversamente na categoria vazão abaixo/muito abaixo precipitação abaixo do normal. Conclui-se que as análises diagnósticas juntamente com os modelos prognósticos tornam-se suportes básicos para notar as ações preventivas da cheia, assim como as ações durante e após as suas ocorrências.

Na Amazônia Rocha (2001), estudando o Balanço de umidade, verificou que o fluxo de umidade é predominante de leste, com máximos localizados no litoral nordeste da Amazônia, com valores superiores a 300 kg/m. s. Alterações da TSM no litoral da América do Sul banhada pelo Atlântico equatorial são mais importantes para a climatologia de precipitação da Amazônia, visto que estas afetam diretamente o posicionamento da ZCIT, afastando-a deste litoral. Isto também é observado durante situações de El Niño muito intenso (por exemplo, o El Niño 1997-1998).

## 2.8 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Segundo Marengo (2005), no seu estudo que corresponde numa análise estatística em séries pluviométricas e fluviométricos apontaram tendências negativas nas vazões. Entretanto, com relação à precipitação na bacia, não se observa tendência negativa, e sim em alguns pontos a tendência tem sido ligeiramente positiva. Numa análise de auto-regressão destas séries hidrológicas mostra uma alta correlação entre as vazões em vários anos consecutivos, sugerindo que a regularização de uso da água para abastecimento, geração de energia, e desvio de rios para usos na agricultura podem ser os responsáveis pelas quedas sistemáticas nas vazões, ou seja, um possível impacto ligado atividade humanas.

Nobre et al. (2007) as mudanças climáticas sobre o ecossistema Amazônia podem ser analisadas por diferentes perspectivas: variações climáticas decorrentes de causas ou fenômenos naturais, como por exemplo, o El Niño e La Niña; e, as mudanças climáticas por interferências e ações antrópicas, resultantes das alterações no uso do solo, ligadas diretamente ao desmatamento, as queimadas, a expansão da agricultura e pecuária, que por sua vez contribuem fortemente no aquecimento global devido às altas taxas de emissão de aerossóis. Estas mudanças representam um grande risco para o ciclo hidrológico na

Amazônia, uma vez que o aumento de temperatura provocará uma maior evaporação e maior transpiração das plantas, o que levará a uma aceleração do ciclo hidrológico e conseqüentemente alterações nas características das estações secas e chuvosas, mitigando a incidência de eventos climáticos extremos

Não pode esquecer-se que o aumento da derrubada e queima da floresta aumenta nível de concentração de partículas, com isso temos aerossóis em grandes quantidades. Um dos trabalhos de Artaxo (2006), falou que os efeitos indiretos dos aerossóis estão ligados ao processo retro-espalhamento de radiação solar e absorvido na camada de mistura, esses dois efeitos combinados levam a um resfriamento da superfície e aquecimento da CLP. Concluiu que esse efeito leva a uma estabilização termodinâmica da baixa atmosfera com uma inibição na formação de nuvens convectivas e, portanto, um possível impacto no ciclo hidrológico.

No estudo sobre a sub-bacia do Rio Madeira e efeitos das mudanças climáticas. Usando o cenário *downscaling* desenvolvidos no CPTEC-INPE. De acordo as conclusões parciais as projeções feitas para o futuro a precipitação e vazão decrescem, enquanto que a evapotranspiração aumenta. Sugerem que, o impacto das mudanças climáticas na resposta hidrológica da bacia apresenta maior magnitude que aquele ocasionado pelas mudanças no uso do solo. (GONCALVES, 2011)

No trabalho de Nobrega (2008), foi realizado um estudo sobre a relação entre o desmatamento e impactos sobre os recursos hídricos. A metodologia adotada faz uso do modelo hidrológico semi-distribuído SLURP, imagens Landsat, dados de elevação digital da missão SRTM, dados de estações meteorológicas, pluviômetros e precipitação estimada pelo satélite TRMM. A bacia hidrográfica selecionada foi a do rio Jamari, que vem sofrendo grande pressão antrópica, com taxa de desmatamento maior do que a média do estado de Rondônia, e é uma bacia hidrográfica com importância economicamente estratégica, para geração de energia, navegação, entre outras. Foram utilizados três distintos dados de precipitação para verificar a resposta da vazão obtida no modelo em cada um deles. Os cenários de mudança na cobertura/uso do solo simulados foram 100% floresta, 100% pastagem, 100% antropizado, para cenários extremos, e 20% desmatamento e 30% desmatamento, para cenários de tendência. A princípio observou-se que o uso de postos pluviométricos em conjunto com estações meteorológicas produziu resultados mais satisfatórios na modelagem. Quanto às simulações de cenários de desmatamento, os resultados indicam que o desmatamento tende a aumentar a vazão e evapotranspiração e diminuir a infiltração no solo, em resposta a modificação na cobertura do solo, alterando as condições atuais do ciclo hidrológico da região. Também foi analisado o uso do algoritmo

3B42 do TRMM como entrada no modelo SLURP na obtenção de vazão como subsidio à falta de postos pluviométricos na região, e comparada a precipitação estimada pelo satélite com dados de superfície. Os resultados indicam que o satélite possui potencial para ser utilizado tanto na estimativa de precipitação quanto para a simulação hidrológica acoplada ao modelo SLURP. Uma das conclusões falou-se que através da metodologia empregada e possível aperfeiçoar os conhecimentos dos processos hidrometeorológicos da bacia hidrográfica do rio Jamari. Também foi possível observar que os dados do algoritmo 3B42 do TRMM podem ser utilizados para modelagem hidrometeorológica na região. Além disso, o modelo mostrou-se hábil em gerar informações de cenários de desmatamento extremos e de tendência, possibilitando o entendimento de parâmetros do balanço hídrico, como vazão, evapotranspiração e infiltração.

Inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas com um único objetivo: conhecer a dinâmica dos fenômenos que afetam o clima, e, quanto mais características possa ser adquirido, os prognósticos de tais eventos e fenômenos tornam-se mais confiáveis. Na literatura, a dinâmica dos oceanos vem se tornando cada vez mais rica em informações sobre os componentes anômalos que afetam o clima das regiões adjacentes. Portanto, com intuito de aprimorar as questões e ter uma boa consistência este trabalho vem contribuir a pesquisa abordando as seguintes questões vista nesta literatura.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 BASES DE DADOS

Este trabalho utilizou as seguintes bases de dados observacionais:

**Cota fluviométrica:**

Utilizaram-se dados fluviométricos mensais (cota máxima e cota mínima) obtidos do banco de dados hidrometeorológico da agência nacional das águas (ANA) operada pela companhia de pesquisa em recursos naturais (CPRM) e centrais elétricas do norte do Brasil (Eletronorte). Os dados fluviométricos são referentes à estação de Porto Velho-RO (código 15400000) a Latitude -8, 7483 e longitude -63, 9169, no período de 1974 a 2010 (36 anos).

**Dados de precipitação regional (estimativas do satélite TRMM):**

Para se investigar os padrões de chuva regional, utiliza a análise (estimativa) de precipitação do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), que é gerada por um sistema de calibração sequencial que inclui combinações de estimativas de precipitação derivadas de multi-satélites, bem como de dados gerados por estações pluviométricas (sempre que possível), com alta resolução espacial e temporal, 0.25° e 3/3 horas (HUFFMAN et al., 2007).

**Dados de TSM nos Oceanos Tropicais:**

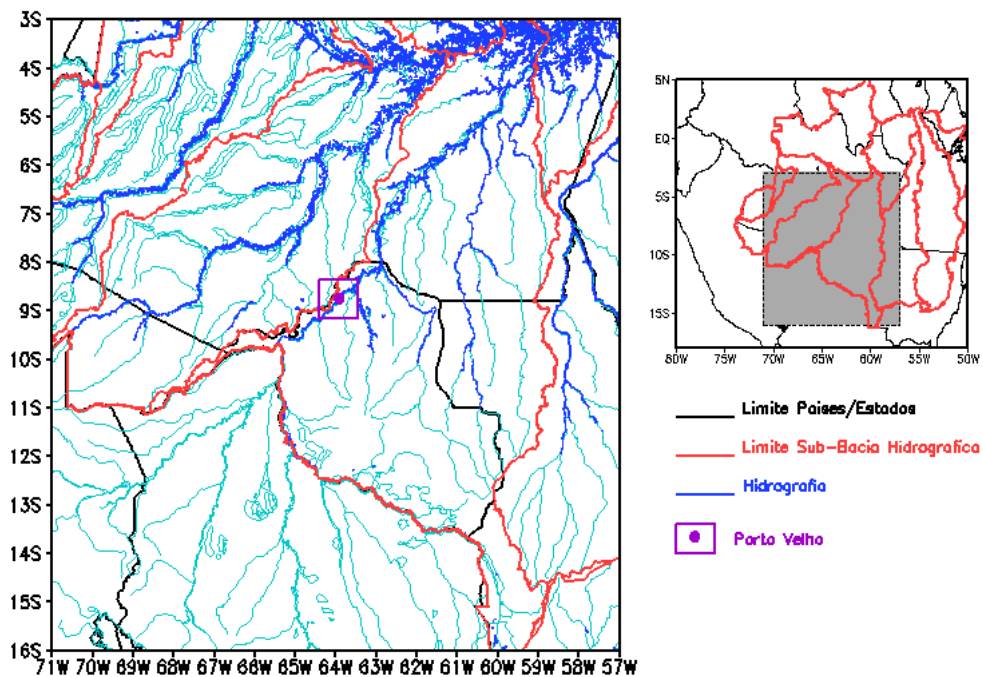
Para caracterizar os padrões oceânicos sobre o Pacífico e Atlântico, utilizam-se os dados mensais de temperatura da superfície do mar (TSM) disponíveis numa grade global com resolução de 1° por 1°, os quais são derivados do NCEP (REYNOLDS et al., 2002).

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Porto Velho localizado ao norte do Estado de Rondônia, na região sudoeste da Amazônia, conforme mostra a Figura 5. Segundo o IBGE (2003), compreende uma área de 34.082 Km<sup>2</sup> e possui uma população de 353.961 habitantes. De acordo com a classificação de Köppen seu clima é do tipo Am, tropical chuvoso, quente e úmido com regime pluviométrico superior a 1600 mm/ano, distribuído irregularmente em moderado período de estiagem de junho a agosto que raramente ultrapassa 60 mm/mês.

Sua principal bacia é rio Madeira se estende por Bolívia (51%), Brasil (42%) e Peru (7%) e possui superfície de 1.420.000 km<sup>2</sup>. O Rio Madeira recebe esse nome após o encontro dos rios Beni e Mamoré na fronteira entre Brasil e Bolívia. A importância deste rio está relacionada ao potencial útil de geração de energia, transporte de produção de grãos e extração de madeira, pesca e atração turística que vem aumentando sobre o município de Porto Velho voltadas ao desenvolvimento sustentável. Contribuindo desta forma ao crescimento econômico sobre a região e através da valorização do rio e floresta obtém baixos índices de devastação sobre as localidades próximas, minimizando problemas com as cheias e estiagem.

Figura 5 – Área de estudo centrada em Rondônia, com a hidrografia e destaque da localização da estação fluviométrica de Porto Velho.



Fonte: (DO AUTOR, 2011.)

### 3.3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Para maioria das análises das séries temporais são consideradas estacionárias, ou seja, aquela que está em equilíbrio estatístico, no sentido que contém nenhuma tendência. Sabe-se que a maior parte dos métodos que trata com não-estacionaridade de séries temporais está baseada em técnicas para remover ou filtrar a parte não-estacionária, deixando apenas a parte que pode ser tratada como estacionária. Em climatologia, utilizamos esse tipo de técnica quando desejamos conhecer o comportamento das anomalias de uma determinada variável.

Por exemplo: subtração de uma função periódica média a partir dos dados sujeitos a um ciclo anual produziria uma nova série transformada com média constante igual a zero. A fim de produzir uma série com média e variância constante, seria necessário transformar essas anomalias em anomalias normalizadas ou padronizadas.

Com esse intuito esta pesquisa utilizou-se desta metodologia de investigação do sinal a partir de variabilidade hidroclimática que consiste em obter os médios climatológicos e índices ou anomalias padronizadas. Para este trabalho usou-se médias mensal (cota máxima e mínima) da sub-bacia do rio madeira em Porto velho-RO, na qual foi trabalhada no software Microsoft Office Excel.

Temos que  $Z_i$  é a anomalia padronizada (desvio normalizado), calculada simplesmente pela subtração da média da amostra (que no caso seria igual a zero após remoção do ciclo anual) e dividindo pelo respectivo desvio padrão  $D_p$  o qual varia.

O calculo da anomalia padronizada segui abaixo:

$$Z_i = \frac{(x_{(i)} - x_{(m)})}{D_p} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde :

- $Z_i$  é a vazão-cota
- $X(i)$  é a vazão-cota média mensal
- $X(m)$  é a vazão-cota média mensal: climatológica do período
- $D_p$  é o desvio padrão mensal do período

A técnica de correlações será usada para investigar as relações estatísticas entre a variabilidade fluviométrica e a variabilidade pluviométrica regional, bem como da variabilidade climática dos Oceanos Pacífico e Atlântico tropical.

O conceito de correlação refere-se a uma associação numérica entre duas variáveis, não implicando necessariamente uma relação de causa ou efeito ou mesmo a existência de uma estrutura com interesses práticos. O estudo da correlação numérica entre duas variáveis é geralmente um passo intermediário na análise do problema. A correlação entre duas variáveis pode ser linear ou não.

Quando estudado duas variáveis, verifica-se que, valores apresentados em uma correspondem os valores de outra, pode-se supor existir entre elas certa relação. Ao fazer um gráfico, observa-se que os valores dessas duas variáveis sobre um sistema de eixos perpendiculares dispõem nas proximidades de uma reta, diz-se haver, entre as variáveis em estudo, uma correlação linear. Se, além disso, verificar-se que ambas crescem juntas, ela será

direta ou positiva, mas se ao crescimento de uma, corresponder o decréscimo da outra, ela será inversa ou negativa.

O coeficiente de correlação linear é uma medida da intensidade da relação linear entre duas variáveis e mede o grau de relacionamento linear entre os dados emparelhados das variáveis X e Y em uma amostra que, é chamada de momento ou produto de Pearson calculado segundo a equação 2.

Neste trabalho foi efetuada a correlação linear dos desvios normalizado da fluviométrica entre a grade de chuva e TSM. Sendo os dados selecionados com defasagem (lag -2 ,lag -1 e lag 0) de até três meses respectivamente.

$$r_{xy} = \frac{\text{Cov}(x,y)}{\sqrt{\sigma_x \sigma_y}} \quad \text{Eq.2}$$

Onde: Cov é a covariância,  $\sigma_{xy}$  é o desvio padrão

## 4 RESULTADOS

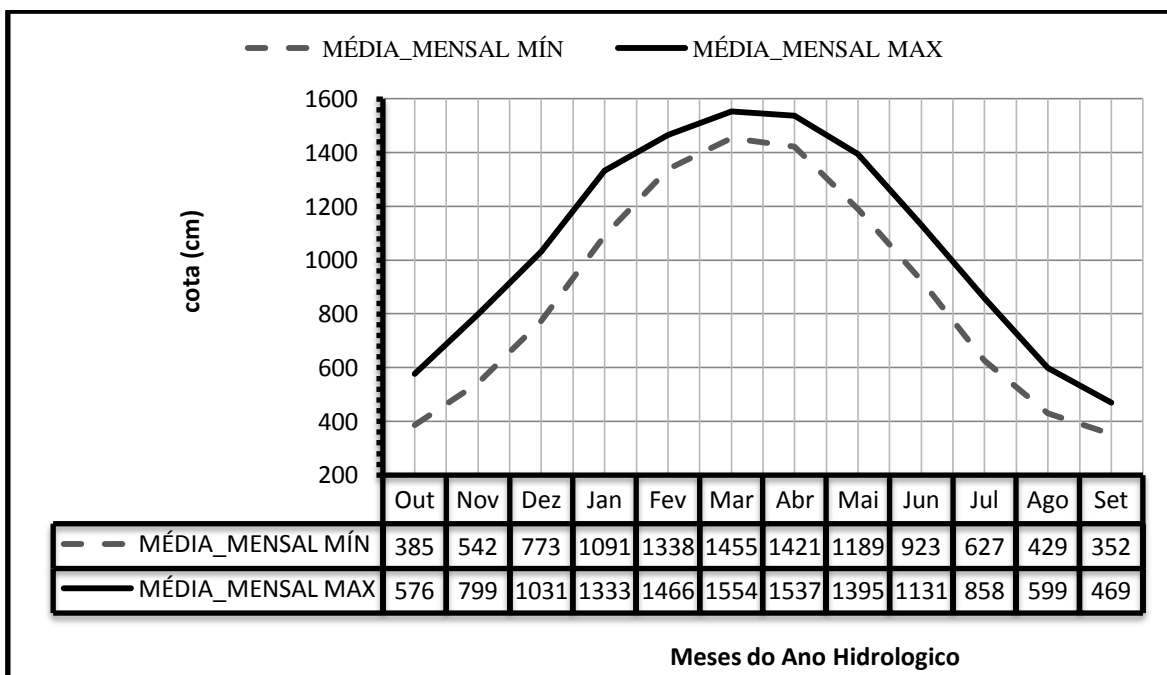
### 4.1 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

Na Figura 6 mostram-se os aspectos climatológicos mensais da fluviométrica do rio Madeira na região de Porto Velho, obtida a partir da média histórica dos dados de cotas máxima e mínima correspondente ao período de 36 anos (1974 a 2010).

Na evolução das médias mensais durante o ano hidrológico (Figura 6), observa-se que a subida do nível do rio inicia em outubro, com valores mínimos mensal de 385 cm e máximos mensal de 576 cm e aumentam progressivamente atingindo valores máximos nos meses de fevereiro, março e abril, sendo que no mês de março o rio apresenta seu nível mais alto (pico máximo da cheia anual), com valores entre 1455 e 1554 cm. A partir de maio até agosto ocorre a diminuição (descida) do nível do rio, sendo que o nível mais baixo (pico mínimo da vazante anual) é verificado em setembro, com cotas entre 352 e 469 cm.

Portanto, durante o ano hidrológico, os meses de **Novembro a Março** representam o período de **cheia** do rio Madeira, enquanto que os meses de **Mai a Setembro** representam o período de **vazante** do rio Madeira.

Figura 6 – Climatologia mensal (1974-2010) do nível fluviométrico ou cota (cm) do rio Madeira em Porto Velho.



Fonte: (DO AUTOR, 2011.)

## 4.2 RELAÇÕES DA FLUVIOMETRIA COM OS OCEANOS TROPICAIS E PRECIPITAÇÃO REGIONAL

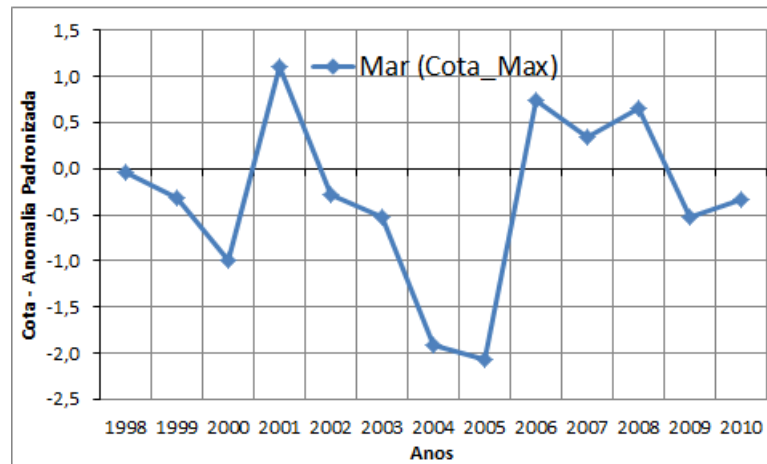
Nesta secção investigam-se as relações estatísticas (correlações) entre a variabilidade fluviométrica local (anomalia padronizada da cota do rio Madeira) com os padrões climáticos de grande escala sobre os oceanos Tropicais (Pacífico e Atlântico), bem como com a precipitação regional estimada pelo satélite TRMM. Uma vez que a resposta da precipitação regional na vazão ou cota do rio ocorre numa escala de 1 a 3 meses, as correlações foram calculadas para as defasagens temporais (lag) de -2 (dois meses antes), -1 (um mês antes) e 0 (mesmo mês ou correlação simultânea). Ou seja, para o período de cheia foram calculadas as correlações entre a cota de Março e as anomalias de TSM e precipitação para os meses de Janeiro (lag -2), Fevereiro (lag -1) e Março (lag 0). Similarmente, para o período de vazante foram calculadas as correlações entre a cota de setembro e as anomalias de TSM e precipitação para os meses de Julho (lag -2), Agosto (lag -1) e setembro (lag 0).

### 4.2.1 Período de Cheia do Rio Madeira

Considerando o período de cheia, cujo pico máximo da cota anual ocorre durante o mês de Março, foi processado as correlações entre a série temporal mensal das anomalias padronizadas de cota observada em março dos anos de 1998 a 2010 e a grade de anomalias de TSM e de precipitação do TRMM.

A Figura 7 mostra a série temporal mensal das anomalias padronizadas de cota do rio Madeira em Porto Velho durante o mês de março dos anos de 1998 a 2010, representando a variabilidade fluviométrica representativa do período de cheia do rio. Nota-se na Figura 7 a presença de alta variabilidade interanual com alternância de anos de cheia acima do normal em (2001, 2006 e 2007) e anos de cheia abaixo do normal (2000, 2004 e 2005), bem como anos de cheia dentro do padrão normal de variabilidade.

Figura 7 – Série temporal mensal das anomalias padronizadas do nível fluviométrico ou cota do rio Madeira em Porto Velho para o mês de Março (período de cheia) durante os anos de 1998 a 2010



Fonte: (DO AUTOR, 2011.)

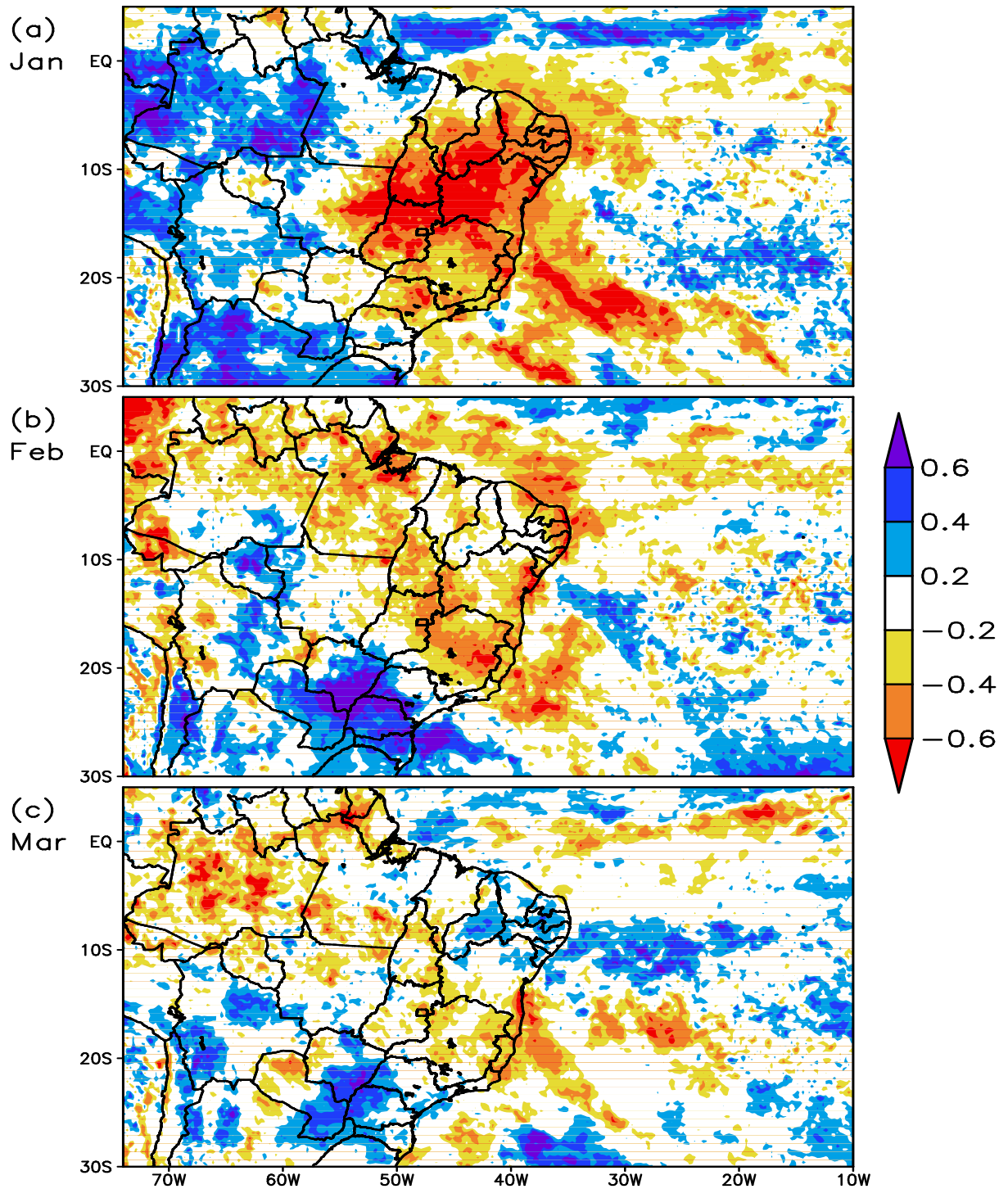
A Figura 8 mostra os mapas de correlações espaciais entre a cota e a grade de anomalias de precipitação do satélite TRMM para o mês de Março dos anos de 1998 a 2011.

Para o lag -2 (Fig. 8a), ou seja, a ocorrência de precipitação regional dois meses (janeiro) antes do pico de cota, observam-se correlações positivas cobrindo grande parte da Amazônia ocidental, incluindo Acre, Amazonas e norte de Rondônia (região de Porto Velho) e uma faixa zonal de correlação positiva sobre o Atlântico equatorial, que indica a presença da banda de nebulosidade associada à ZCIT.

Para o lag -1 (Fig. 8b), ocorrência de precipitação no mês anterior (fevereiro) ao pico de cota, nota-se a descaracterização da ZCIT sobre o Atlântico. Verifica-se uma região de correlações positivas na Amazônia ocidental (menor do que aquela observada em janeiro) atingindo somente o sul do Amazonas e grande parte de Rondônia (incluindo Porto Velho), sendo que essa área é aparentemente conectada com uma faixa meridional de correlações positivas ao sul do Brasil, entre Mato Grosso do Sul, Paraná e Santa Catarina, indicando a influência de sistemas frontais organizando a nebulosidade sobre a parte oeste do Brasil.

Para o lag 0 (Fig. 8c), precipitação ocorrendo durante o mês de pico da cota (março), não observam-se correlações sobre a Amazônia ocidental, incluindo a região de Rondônia, entretanto, observam-se correlações positivas ocorrendo na região da Bolívia (regiões de cabeceiras do rio Madeira) e aquela conexão com uma área de correlações positivas no sul do Brasil e Paraguai é verificada novamente, indicando a possível influência de sistemas frontais.

Figura 8 – correlações entre a série temporal das anomalias padronizadas de cota do rio Madeira e a grade espacial de anomalias de precipitação do satélite TRMM para: (a) lag -2 meses – Janeiro, (b) lag -1 mês – Fevereiro e (c) lag 0 – mês de Março (período de cheia) durante os anos de 1998 a 2010



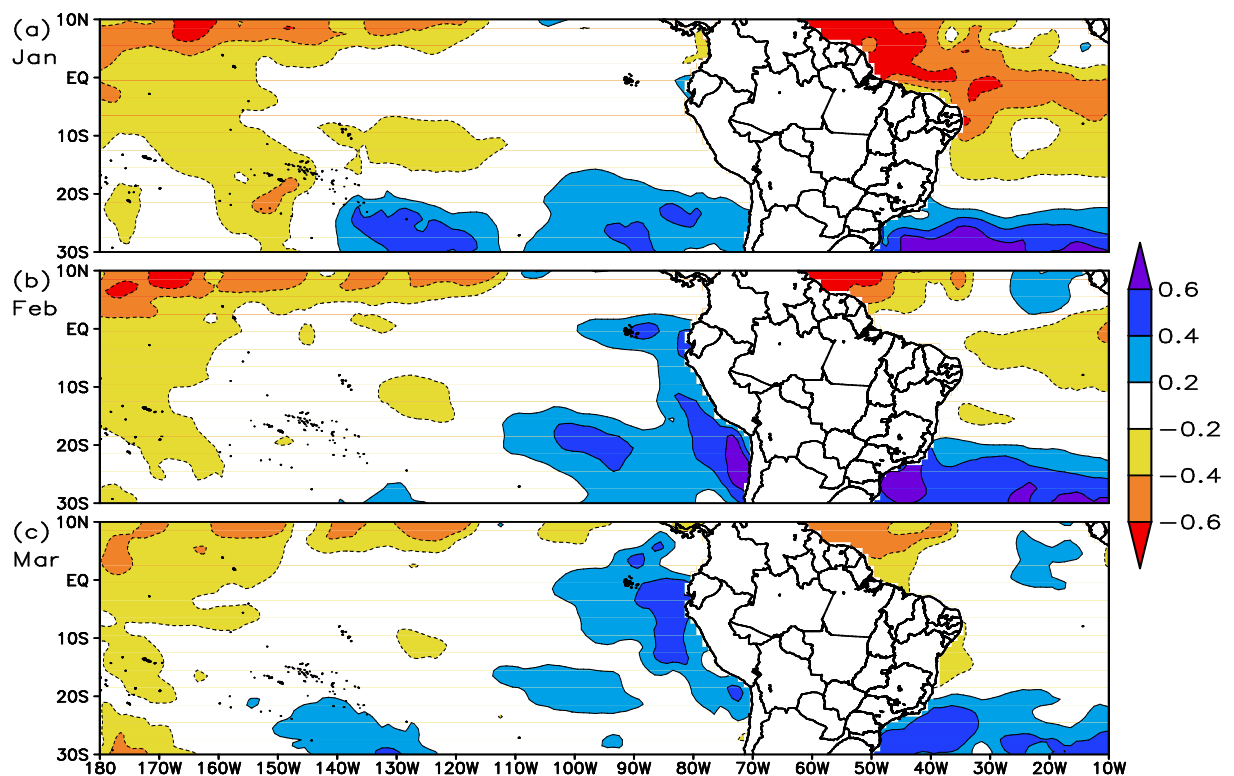
Fonte: (DO AUTOR, 2011.)

Analisando os mapas de correlações entre a cota e a grade de anomalias de TSM, observa-se que para o lag -2 (janeiro) não há correlações sobre a porção equatorial do oceano Pacífico, indicando a possível não interferência dos eventos El Niño e La Niña (Figura 9a), pelo menos dois meses antes do pico de cota em março. Por outro lado, evidencia-se uma grande área de correlações negativas sobre o Atlântico norte incluindo a porção equatorial sul, indicando que eventos de cota acima do normal associam-se com a manifestação de anomalias negativas de TSM.

Na Fig. 9b para o lag -1 (fevereiro) nota-se uma área de correlações positivas sobre o Pacífico leste, indicando que cota acima do normal associa-se a manifestação de anomalias positivas de TSM na porção leste do Pacífico. As correlações sobre o oceano Atlântico mostram valores negativos na faixa equatorial e valores positivos no Atlântico subtropical sul.

Na Fig. 9c para o lag 0 (março) observa-se a persistência de correlações positivas no Pacífico leste e também no Atlântico subtropical sul.

Figura 9 – correlações entre a série temporal das anomalias padronizadas de cota do rio Madeira e a grade espacial de anomalias de TSM para (a) lag -2 meses – Janeiro, (b) lag -1 mês – Fevereiro e (c) lag 0 – mês de Março (período de cheia) durante os anos de 1998 a 2010



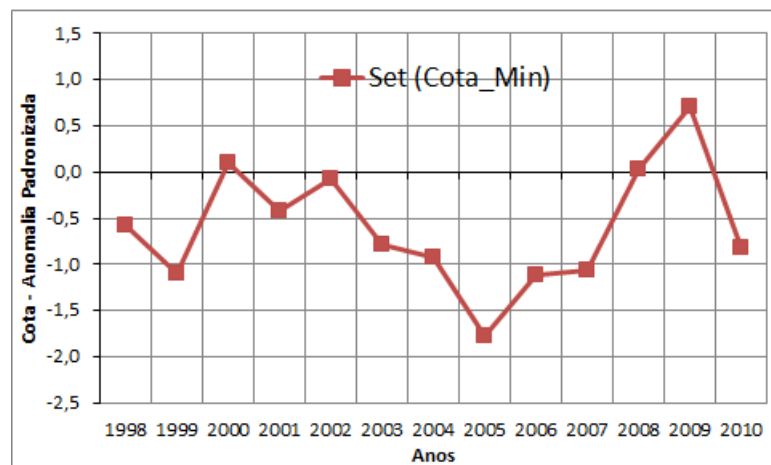
Fonte: (DO AUTOR, 2011.)

#### 4.2.2 Período de Vazante do Rio Madeira

Considerando o período de vazante, cujo pico mínimo da cota anual ocorre no mês de setembro, foi calculado as correlações entre a série temporal mensal das anomalias padronizadas de cota observada em setembro dos anos de 1998 a 2010 e a grade de anomalias de TSM e de precipitação do TRMM.

A Figura 10 ilustra a série temporal mensal das anomalias padronizadas de cota do rio Madeira em Porto Velho durante o mês de setembro dos anos de 1998 a 2010, representando a variabilidade fluviométrica representativa do período de vazante do rio. Observa-se na Figura 10 a presença de pequena variabilidade interanual com apenas um ano de vazante acima do normal (em 2009) e vários anos de vazante abaixo do normal (1999, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 e 2010), bem como anos de vazante dentro do padrão normal de variabilidade.

Figura 10 – Série temporal mensal das anomalias padronizadas do nível fluviométrico ou cota do rio Madeira em Porto Velho para o mês de Setembro (período de vazante) durante os anos de 1998 a 2010



Fonte: Do Autor, 2011.

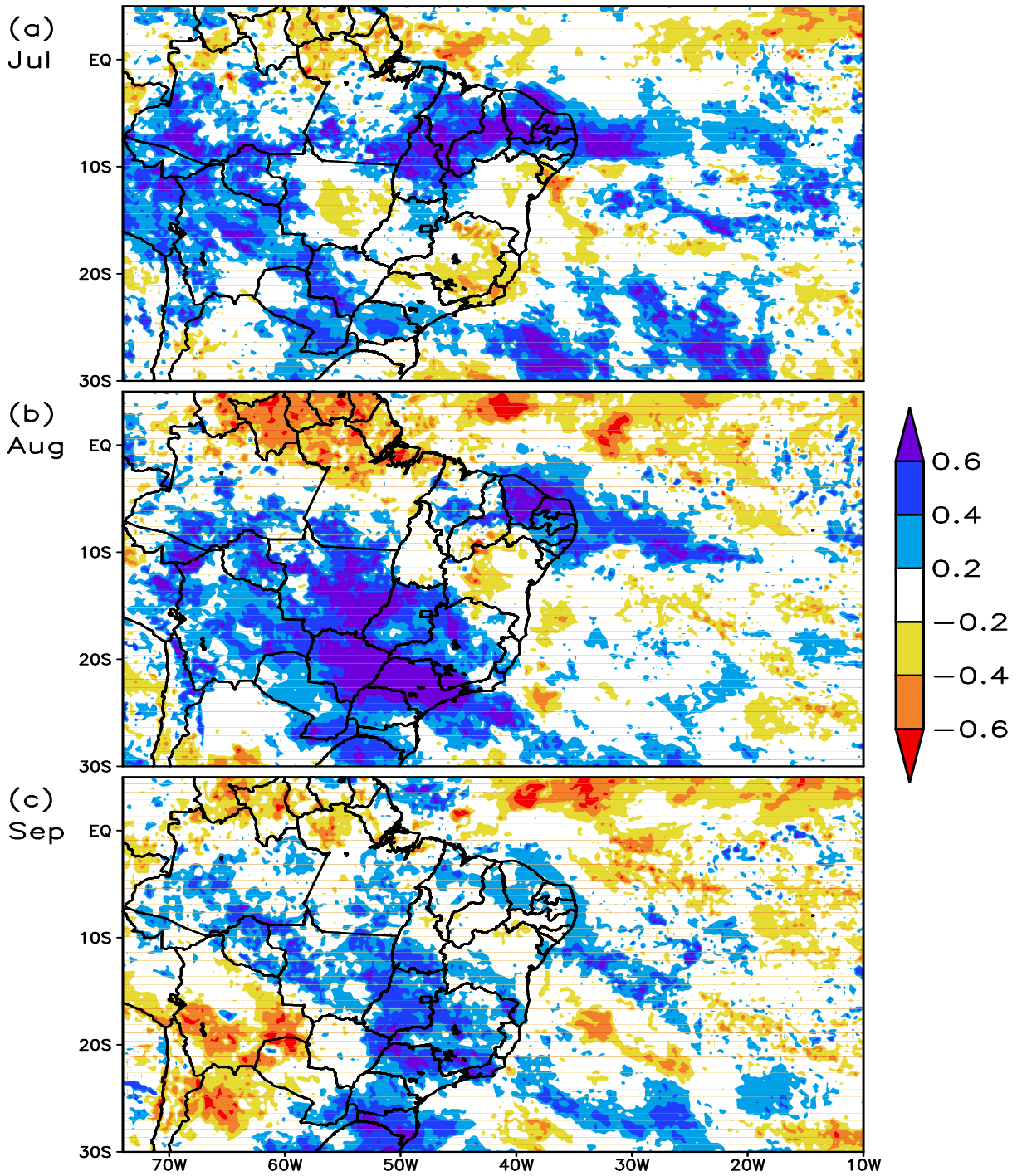
A Figura 11 ilustra os mapas de correlações espaciais entre a cota e a grade de anomalias de precipitação do satélite TRMM para o mês de setembro do período de 1998 a 2011.

Para o lag -2 (Fig. 11a), ocorrência de precipitação dois meses (julho) antes do pico de cota, observam-se correlações positivas cobrindo grande parte da Amazônia ocidental (Acre, Amazonas e Rondônia) sendo que há uma conexão com uma faixa de correlações positivas se estendendo ao longo da parte oeste do Brasil e Bolívia e Paraguai, indicando a possível influência de sistemas frontais. Além disso, também nota-se uma grande área de correlações positivas na porção oriental da Amazônia (Pará e Tocantins) e norte do Nordeste (desde o Maranhão até a Paraíba), indicando áreas de convecção associadas a sistemas de inverno (convergência na parte norte do sistema de alta pressão subtropical e ondas de leste (MOTA,1997).

Para o lag -1 (Fig. 11b), precipitação no mês anterior (agosto) ao pico de cota, nota-se a intensificação da grande área contendo correlações positivas adentrando a região sudeste e centro-oeste do Brasil que intensifica as chuvas na região de Rondônia, indicando a presença de sistemas frontais organizando a formação de nuvens e chuva nestas regiões. A área de correlação positiva no norte do nordeste fica restrita ao Ceará.

Para o lag 0 (Fig. 11c), precipitação ocorrendo durante o mês de pico da cota (setembro), mantém-se a configuração do mês anterior com relativa diminuição na intensidade das correlações, ou seja, verifica-se uma grande faixa de correlações positivas se estendendo sobre as regiões sudeste, centro-oeste e atingindo a região de Rondônia, as quais associam-se a manifestação de sistemas frontais, típicos do período de inverno.

Figura 11 – Correlações entre a série temporal das anomalias padronizadas de cota do rio Madeira e a grade espacial de anomalias de precipitação do satélite TRMM para: (a) lag -2 meses – Julho, (b) lag -1 mês – Agosto e (c) lag 0 – mês de Setembro (período de vazante) durante os anos de 1998 a 2010

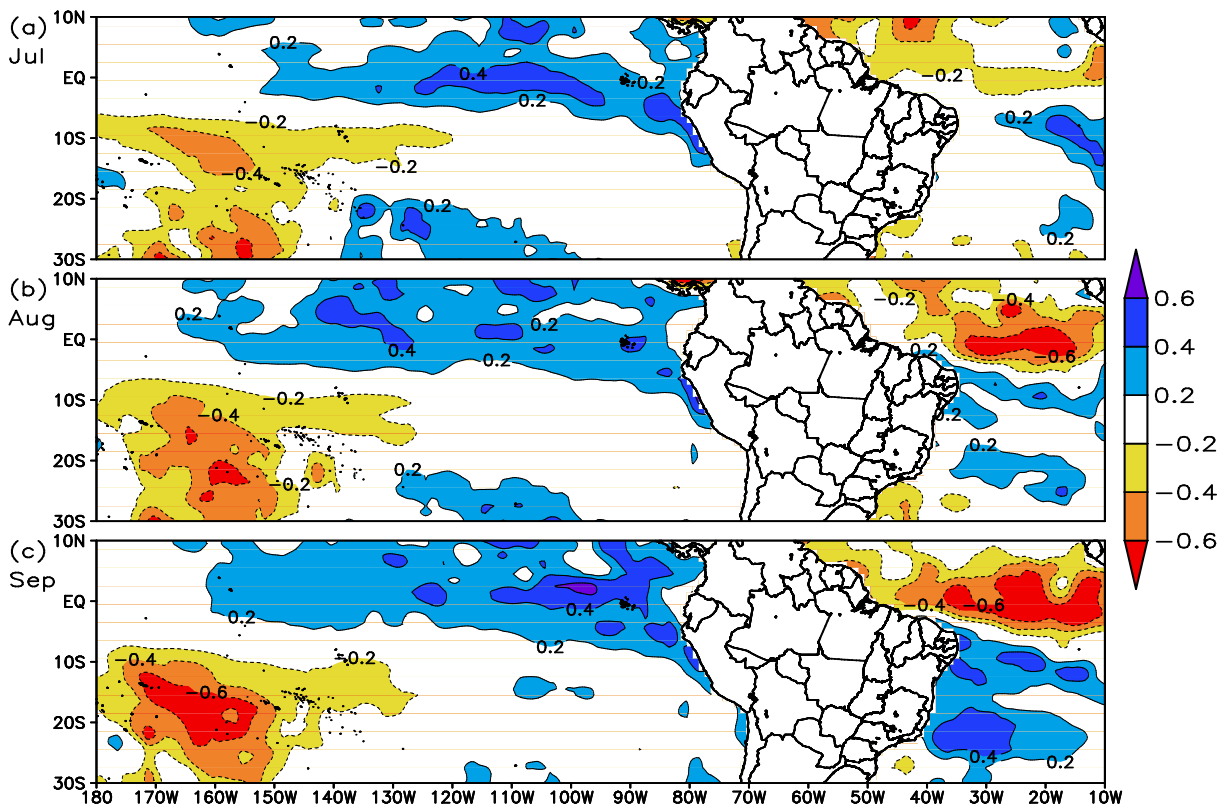


Fonte: (DO AUTOR, 2011.)

Na Figura 12 os mapas de correlações entre a cota e a grade de anomalias de TSM considerando o lag -2 (julho), lag -1 (agosto) e lag 0 (setembro) observa-se a persistência de uma grande área contendo correlações positivas sobre o oceano Pacífico equatorial, indicando que eventos de vazante acima do normal associam-se com a presença de anomalias positivas de TSM (episódios El Niño) no Pacífico tropical.

Por outro lado, sobre o Oceano Atlântico também observa-se a persistência de um padrão similar ocorrendo nas 3 defasagens, ou seja, para o lag -2 (julho), lag -1 (agosto) e lag 0 (setembro) nota-se uma região de correlações negativas no Atlântico Norte e correlações positivas no Atlântico Sul.

Figura 12 – Correlações entre a série temporal das anomalias padronizadas de cota do rio Madeira e a grade espacial de anomalias de TSM para: (a) lag -2 meses – Julho, (b) lag -1 mês – Agosto e (c) lag 0 – mês de Setembro (período de vazante) durante os anos de 1998 a 2010



Fonte: (DO AUTOR, 2011.)

## 5 CONCLUSÕES

Usando dados de cota fluviométrica do rio Madeira em Porto Velho num período de 37 anos (1974 a 2010) evidenciou-se que durante o ano hidrológico, os meses de novembro a março representam o período de cheia do rio Madeira, enquanto que os meses de maio a setembro representam o período de vazante do rio Madeira.

Os dados de precipitação do satélite TRMM em alta resolução espacial ( $0.25^\circ$ ) permitiram investigar a configuração da chuva regional influenciando a variabilidade de cota do rio Madeira.

Considerando o período de cheia, cujo pico máximo anual ocorre em Março, verificou-se que a chuva que antecede 2 meses (janeiro) o pico de cheia associa-se à ZCIT e convecção em grande parte da Amazônia. Para o mês que antecede (fevereiro) e durante o mês de pico da cheia (março) observou-se a influência de sistemas frontais organizando a convecção na Amazônia ocidental.

Já para o período de vazante, cujo pico mínimo anual deflagra-se no mês de setembro, observou-se que desde julho a setembro (defasagens de -2, -1 e 0) persiste a influência de sistemas frontais na região sudeste e centro-oeste do Brasil que intensificam a convecção e provocam chuva na região de Rondônia, explicando a variabilidade de cota acima do normal.

A relação da variabilidade de cota do rio Madeira com os oceanos Tropicais indicaram que eventos de vazante abaixo do normal associam-se com anomalias negativas de TSM, ou seja, aos episódios La Niña sobre o Pacífico. No oceano Atlântico, também verificam-se correlações significativas com sinal oposto entre as bacias norte e sul.

Para o período de cheia, notaram-se correlações apenas no Pacífico leste e correlações mais evidentes na bacia norte e subtropical sul do Atlântico.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS (ANA). Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. *Banco de dados SNIRH*. Disponível <<http://www.ana.com.br>>, Acesso em 01/10/2010.
- AMBRIZZI, T.; DE SOUZA, E.B.; PULWARTY, R.S. The Hadley and walker regional circulations and associated ENSO impacts on the South American seasonal rainfall.. In: HENRY, F. D.; RAYMOND, S. B. (Org.). *The Hadley circulation: present, past and future*. 1 Ed, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004. p. 203-235.
- ARTAXO, P.; OLIVEIRA, P.H.; LARA, L., PAULIQUEVIS; T.M.; RIZZO, L.V.; PIRES JUNIOR, C.; PAIXÃO, M. A. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3, p.168-189. 2006.
- BEZERRA, A.C.N. *Aspecto da circulação atmosférica de grande escala sobre o norte e nordeste do Brasil relacionados com a temperatura da superfície do mar*. 2006. 96f. Dissertação (mestrado de meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006
- CANE, M.A. Tropical Pacific ENSO modes: ENSO as a mode of coupled system. In: TRENBERTH, K.E. (ed.) *Climate system modelling*. Cambridge :University US, p.583-614, 1992.
- COEHN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C.A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. *Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática*, v.4, n.11, p. 34 – 40, 1989.
- COMPANHIA DE PESQUISA EM RECURSOS NATURAIS (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil. Monitoramento hidrológico. *Boletim* n. 2 - 16/02/2007. Disponível em: <<http://www.ana.cprm.br>>. Acesso: 27 de julho de 2011
- DIAZ, A. ; STUDZINSKI C. D. S. Rainfall anomalies in the Uruguay-Southern Brazil region related to SST in the Pacific and Atlantic Oceans using canonical correlation analysis. *VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, S. B. Met, Belo Horizonte, v.2 , p. 42-45, 1994
- FERREIRA, N.S. Zona de Convergência Intertropical. *Boletim do Climanálise Especial. Comemoração dos 10 anos*, 1996. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a>>. Acesso em: 22 mar. 2011.
- FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Clima da Amazônia. *Boletim do Climanálise Especial - Comemoração dos 10 anos*, 1996. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a>>. Acesso em: 22 de ago, 2011.
- GONÇALVES, A. S *Estudos dos efeitos das mudanças globais na bacia do Rio Madeira*. 2011.43f. Relatório final (projetos de iniciação científica). Faculdade de Tecnologia da Informação do CPTEC/INPE, São Paulo, 2011

HARTMANN, D. L. *Global physical climatology*. Ed. única. Washington: Departamento of Atmospheric sciences, University of Washington; Seattle, 1994.

HASTENRATH, S. Variations in Low-latitude circulation and climatic events in the Tropical Americas. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v.33, p.202-215. 1975.

HASTENRATH, S. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the Tropical Atlantic. *Monthly Weather Review*, v.112, p. 1097-1107. 1984.

\_\_\_\_\_;GREISCHAR, L. Circulation mechanisms related to Northeast Brazil rainfall anomalies. *Journal of Geophysical Research*, Washington, v. 98, n.D3, p. 5093-5102.1993.

\_\_\_\_\_;HELLER, L. Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil. *J. Royal Meteorologic Sociedade*, v.103, p.77-92. 1977.

\_\_\_\_\_; CASTRO, L.C.; ACEITUNO, P. The Southern Oscillation in the Tropical Atlantic sector. *Contrib. Atmos. Phys.*, v.60, p. 447-463. 1987.

HUFFMAN, G.J.; ADLER, D.T.; BOLVIN, G.; Gu, E.J.; NELKIN, K.P.; BOWMAN, Y. HONG, E.F.; STOCKER, D.B. WOLFF. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis: Quasi-global, multi-year, combined-sensor precipitation estimates at fine scale. *J. Hydrometeorology*, v.8, n.1, p.38-55. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO (IBGE). *Estatística do Século XX do Brasil*. Dados demográficos do estado de Rondônia. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 CD-ROM.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/ CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMATICOS (INPE/CPTEC). *El Niño e La Niña*. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/enos>>. Acesso em outubro 2010.

KALNAY, E; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS W.; DEAVEN, D.;GANDIN,L.; IREDELL, M.; SAHA S.; WHITE G.; WOOLLEN J.; ZHU, Y.; CHELLIAH M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K. C.; ROPELEWSKI, C.;WANG, J.; LEETMAA, A. REYNOLDS, R.; JENNE, R.; JOSEPH, D. The NCEP–NCAR 40–Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.77, n.3, p. 437–471. 1996.

MARENGO, J. Characteristics and variability of the water budget in the Amazon Basin. *Climate Dynamics*, n. 24, p. 11-22. 2005.

\_\_\_\_\_. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. *Theoretical and Applied Climatology*. v. 78, p.79-96, 2004

\_\_\_\_\_. Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. *International Journal of Climatology*, v.12, n.8, p.853-863. 1992.

\_\_\_\_\_; HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. *Journal of Climate*, v.6, p.617-617. 1993.

MARENGO, J; DRUYAN, L.; HASTENRATH, S. Observational and modeling studies of Amazonia interannual climate variability. *Climatic Change*, v.23, n.3, p.267-286. 1993.

MARENGO, J; SOARES, W.R; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the Low-level Jet East of the Andes as derived from the NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *Journal of climate*. v. 17, p. 2261-2280. 2004.

MARENGO, J; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V.; FILIZOLA, N.; WAINER, I . On the onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. *Journal of Climate*. n.14, p. 833-852. 2001.

MEYERS, S.D.; O'BRIEN, J.J; THELIN, E. Reconstruction of monthly SST in the Tropical Pacific Ocean during 1868-1997 using adaptive climate basis function. Disponível em: <[http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10/175/1520793\(1999\)127%3C1599%3AROMSIT%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10/175/1520793(1999)127%3C1599%3AROMSIT%3E2.0.CO%3B2)> . Acesso em: 22 mar 2011

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmospheric Science*, n.38, p. 2653-2673.1981.

MOTA, G. V. *Estudo observacional de distúrbios ondulatórios de leste no nordeste Brasileiro*. 1997. 95f. Dissertação (mestrado de Meteorologia) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

NOBRE, P. *On the genesis of anomalous SST and rainfall patterns over the tropical Atlantic Basin*. 1993, 151 f. Tese (Ph.D) -University of Maryland, 1993.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, Boston, v. 10, n. 4, p. 2464-2479. 1996.

NOBRE,P.; CARLOS, A; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. *Mudanças climáticas e Amazônia*. Cienc. Cult., São Paulo, v. 59, n. 3, 2007. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v59n3/a12v59n3.pdf>>. Acesso em: 12 Julho de 2011.

NOBREGA, R . S. *Modelagem de impactos do desmatamento nos recurso hídricos da bacia hidrográfica do rio Jamari (RO) utilizando dados de superfície e TRMM*. 2008, 184f.Tese (doutorado em meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande; Campina Grande. 2008.

OLIVEIRA, G. S. O. *El Niño e você: O fenômeno climático*. Brasília, DF: Ed. Thesaurus, 1999.

PHILANDER, S. GEORGE. *El Niño, La Niña and the Southern Oscillation*. San Diego Californian, US. Ed. Copyright © by Academic Press, Inc. 1990 286 p.

RAO, V.B. SATUAMURTI, P., BRITO, J. I. B. de. On the 1983 drought in Northeast Brazil. *International Journal of Climatology*, Sussex-UK, v. 6, n. 1, p. 43-51. 1986.

REYNOLDS, R.W; RAYNER N.A; SMITH T.M; STOKES D. C, WANG W. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J. of Climate*. v.15, p.1609–1624. 2002.

ROCHA, E.J.P *Balanço de Umidade e Influencia de Condições de Contorno Superficiais sobre a Precipitação da Amazônia*. 2001. 210p. Tese (doutorado em meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

SANTOS D. M. *Análise e modelagem hidrometeorológica na bacia do rio Tocantins e Marabá-Pa*. 2008.118 f. Dissertação (mestrado em ciência ambiental) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

SILVA, L. F. *Precipitação do Norte do Nordeste Brasileiro e padrões de temperatura da superfície do mar e pressão ao nível do mar: relações com as fases do El Niño/Oscilação Sul e da Oscilação Decadal do Pacífico*. 2006. 95 f. Dissertação (mestrado em meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

SILVA, V. B. et al. An improved gridded historical daily precipitation analysis for Brazil. *Journal of Hydrometeorology*, v. 8, p.847-861. 2007.

SOUZA, E. B. *Um estudo observacional sobre o Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical*. 1997, 62 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.

\_\_\_\_\_. Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na estação chuvosa do Semi-Árido-Nordestino. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 277-283. 1998.

\_\_\_\_\_. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. *Acta Amazonica*, v. 30, n. 2, p. 305-318. 2000.

\_\_\_\_\_. Precipitação Sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso. Observações e simulações regionais com REGCM3. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.2, p.111-124. 2009.

\_\_\_\_\_. Principais mecanismos dinâmicos associados a variabilidade de precipitação diária sobre a amazônia oriental durante a estação chuvosa. in: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13. 2004, Fortaleza-CE. *Anais...* Fortaleza: SBMET, 2004. 1 CD-ROM

\_\_\_\_\_. *Variabilidade pluviométrica intrasazonal sobre a Amazônia Oriental e Nordeste Brasileiro durante o outono austral: mecanismos atmosféricos de baixa e alta frequência*. 2003. 143 f. Tese (doutorado em meteorologia) - Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Departamento de Ciências Atmosféricas, São Paulo, 2003.

\_\_\_\_\_; AMBRIZZI, T. ENSO impacts on the South American rainfall during 1980s: Hadley and Walker circulation. *Atmosphere*, v. 15, p. 105-120. 2002.

\_\_\_\_\_; ROCHA, E.J.P. Diurnal variations of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: mean characteristics and extreme events. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 3, p. 142-152. 2006.

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.

\_\_\_\_\_, et al. Análise e previsão climática regional da Amazônia oriental: contribuições do projeto RPCH. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2008, São Paulo-SP. *Anais...* São Paulo: SBMET, 2008. 1 CD-ROM

TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM). *Mission Overview*. Disponível em <<http://trmm.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em setembro de 2010.

UVO, C. B. *Influence of Sea Surface Temperature on Rainfall and Runoff in Northeastern South America: Analysis and Modeling*. 1998. 83 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Lund, Departamento de Engenharia de Recursos de Água, Sweden, 1998.

WAGNER, R.G. Mechanisms controlling variability of the interhemispheric sea surface temperature gradient in the tropical Atlantic. *Journal of Climate*, Boston, v. 9, n. 7, p. 2010-2019. 1996.