



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

**RAFAEL CORDEIRO FERREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A PRECIPITAÇÃO ESTIMADA POR  
SATÉLITES E MEDIDA POR PLUVIÔMETRO NO PERÍODO DE 1998 A  
2007 NA CIDADE DE BELÉM-PA**

**GEOCIÊNCIAS**  
U F P A

**249**

**BELÉM-PARÁ  
2008**



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

**RAFAEL CORDEIRO FERREIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A PRECIPITAÇÃO ESTIMADA POR  
SATÉLITES E MEDIDA POR PLUVIÔMETRO NO PERÍODO DE 1998 A  
2007 NA CIDADE DE BELÉM-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Faculdade de Meteorologia para a obtenção de  
Grau de Bacharel em Meteorologia pela  
Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Galdino Viana Mota  
Co-orientadora: Nilzele de Vilhena Gomes

**BELÉM-PARÀ  
2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)  
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

---

Ferreira, Rafael Cordeiro

F383e        Estudo comparativo da precipitação estimada por satélites e medida por pluviômetro no período de 1998 a 2007 na cidade de Belém-Pa. / Rafael Cordeiro Ferreira. – 2008  
44 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Segundo Semestre de 2008.

Orientador, Galdino Viana Mota; Co-orientadora, Nilzele de Vilhena Gomes

1. Precipitação. 2. Estimativa. 3. TRMM 4. 3B42. 5. Pluviômetros I. Universidade Federal do Pará. II. Mota, Galdino Viana, Orient. III. Gomes, Nilzele de Vilhena, co-orient. IV.Título.

CDD 20º ed.: 551.57728115

---

ESTUDO COMPARATIVO DA PRECIPITAÇÃO ESTIMADA POR  
SATÉLITES E MEDIDA POR PLUVIÔMETRO NA CIDADE DE BELÉM-  
PA.

RAFAEL CORDEIRO FERREIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
a Faculdade de Meteorologia para a obtenção  
de Grau de Bacharel em Meteorologia pela  
Universidade Federal do Pará.  
Área de concentração: Meteorologia por  
Satélite

Defendido e Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Pela Comissão Examinadora.

---

Prof. Galdino Viana Mota - Orientador  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

---

Nilzele de Vilhena Gomes - Co-orientadora  
Mestre em Ciências Ambientais

---

Prof. Midori Makino  
Doutora em Matemática  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. Dimitie Nechet  
Mestre em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. Dr. Paulo Fernandes Souza Souza  
Mestre em Meteorologia Dinâmica  
Diretor da Faculdade de Meteorologia  
Universidade Federal do Pará

Dedico este trabalho a Deus, pois sem ele, nada seria possível. Aos meus pais Manoel Braga e Eliete Cordeiro pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas. Minha grande irmã Suellen Ferreira pela confiança e credibilidade em minha pessoa, durante todos os dias de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos Professores da Faculdade Meteorologia, que foram fundamentais durante estes quatro anos de aprendizado, em especial aos professores, Galdino Viana Mota pelo apoio e incentivo não apenas na elaboração deste trabalho, mas também pelo conhecimento transmitido. Professora Midori Makino, pela enorme preocupação com todos os estudantes desta faculdade na sua atuação como coordenadora do curso e também pela paciência, dedicação, credibilidade e paixão pela turma de 2005, o que nos fez jus escolher seu nome para ser estampado como o nome da turma. Professor Dimitrie Nechet pelos diálogos em todos os cantos desta universidade e por está ao nosso lado desde o nosso ingresso na vida acadêmica, apoiando-nos e nos incentivando sempre, o que nos fez com imenso prazer homenageá-lo em nossa formatura.

Aos meus pais, Eliete Cordeiro e Manoel Braga, minha querida irmã Suellen Ferreira, Zuila e Erika por estarem ao meu lado 24 horas por dia, enfrentando todas as barreiras que o destino traçou em nossos caminhos e juntos trabalhando, lutando e zelando pela paz em nossa família.

Aos amigos, José Fernando de Lima, Vera Lima e Yan Lima pela grande amizade e também pelo incentivo, cooperação e apoio de uma forma indireta durante os anos que eu estive vinculado a universidade, o que fez com que eu cultivasse um enorme respeito e gratidão, sem falar das nossas grandes aventuras que vão estar guardadas em minha memória. Também as grandes amigas, Rosilene Loureiro, Gláucia Gomes, Ana Gláucia e Renata Kelen, Monik e Silvia pelos momentos bons que passamos juntos dentro da faculdade e que irão permanecer fora dela por muitos anos.

Aos colegas de classe, Alexandra, Patrícia, Ionara, Luciana, Rômulo, Thiago e Junior pelo entrosamento durante estes quatro anos, por todos os momentos vividos, sejam eles momentos difíceis, momentos de saudades que sentíamos um aos outros em nossas épocas de férias e os momentos de tensão nas vésperas de provas. Em especial a uma grande irmã, Vânia que ganhei durante a vida acadêmica, por ter estado sempre ao meu lado em diversos momentos e que hoje tem um lugar reservado no meu coração.

Aos grandes amigos do LabSin. Rômulo Augusto, Nilzele de Vilhena Gomes, Venize Teixeira e Luciano Borges pelas conversas a respeito de diversos assuntos referentes ao desenvolvimento do meu trabalho. Daniela Ananias e Gleyciano Teixeira pelas conversas sempre construtivas, idas aos cinemas e ao shopping sempre com o intuito de confraternizar nossa amizade.

Expresso meus sinceros agradecimentos pela contribuição direta ou indiretamente na concretização desse trabalho.

O pensamento positivo pode vir naturalmente para alguns, mas também pode ser aprendido e cultivado, mude seus pensamentos e você mudará seu mundo.

Norman Vincent Peale.

## RESUMO

Utilizou dados de precipitação do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007 obtidos de um pluviômetro pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (IMETE) 2º DISME-BELÉM da estação meteorológica convencional localizada na latitude 01°43'S, longitude 48°43'W e altitude de 10m. Os dados foram comparados com as estimativas do Algoritmo 3B42 em uma grade de 1° x 1° de latitude e longitude, que combina dados de satélites no canal de microondas para ajustar aqueles do canal infravermelho. A comparação entre a chuva medida no pluviômetro com aquela estimada pelo 3B42 apresentou médias anuais, trimestrais e mensais aproximados no período estudado. Com destaque para o período chuvoso que são os trimestres de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) e março, abril e maio (MAM), onde a estimativa pelo 3B42 esteve próxima, cerca de 13mm e 35mm por mês respectivamente da precipitação pluviométrica, No período menos chuvoso que são os trimestres de junho, julho e agosto (JJA) e setembro, outubro e novembro (SON), em qual a estimativa do 3B42 também esteve com seus valores aproximados, porém maiores do que a estação chuvosa cerca de 40mm e 24mm por mês respectivamente em relação aos dados de pluviômetros, fazendo com que ambas as técnicas de avaliação quantitativa de precipitação acompanhem a variação sazonal e estimando de forma bastante aproximada comportamento das chuvas. No entanto, analisando uma pequena diferença entre os valores da precipitação pluviométrica e a precipitação estimada por satélite, em alguns casos atribui se a essa diferença o fato de que a precipitação pode ocorrer de naturezas distintas, seja ela influenciada por distúrbios sinóticos ou até mesmo uma simples chuva com curta duração em áreas isoladas.

**Palavras – Chave:** Precipitação. Estimativa. TRMM. 3B42. Pluviômetros.

## ABSTRACT

Used precipitation data of the period from January of 1998 till December of 2007 collected by pluviometers of the National Institute of Meteorology - 2° DISME - BELÉM/INMET in a conventional meteorological station located in 01°43'S of latitude and 48°43'W of longitude and 10m of altitude. They had been compared with the Algorithm 3B42 that combines Satellite data in the microwaves channel to adjust to those of infra-red channel. The comparison between the algorithm 3B42 with pluviometers data of the city of Belém showed that the estimator 3B42 even though follows in a approach way the average precipitation throughout the years of the period from 1998 to 2007 with distinct values, however, next at certain times to the year and similar values in others. With prominence for the rainy period that is the trimesters of December, January and February (DJF) and March, April and May (MAM), where the estimate for 3B42 was next to the pluviometric precipitation and also the less rainy period than is the trimesters of June, July and August (JJA) and September, October and November (SOND), where the estimate of 3B42 also was with its values approached in relation to the pluviometers data, making with that both the techniques of quantitative precipitation evaluation follow the seasonal variation and correctly esteem the rains behavior. However, analyzing a small difference between the values of the pluviometric precipitation and the precipitation esteem by satellite, in some cases the precipitation attributes this difference to the fact that can occur in distinct natures, either influenced by synoptic riots or even though a simple rain with short duration in isolated areas.

**Key words:** Precipitation. Estimate. TRMM. 3B42. Pluviometers.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 - Exemplo do produto 3B42 de estimativa de chuva pelo Satélite TRMM da região metropolitana de Belém.	20
FIGURA 02 - Distribuição anual da precipitação na Amazônia em mm/ano	21
FIGURA 03 - Mapa mostrando parte da Amazônia Oriental e a Cidade de Belém-PA.	25
FIGURA 04 - Distribuição da Precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 no período de 1998 a 2007.	28
FIGURA 05 - Distribuição da precipitação no período de 1998-2007, estimado por satélite e obtidos através do pluviômetro do INMET na cidade de Belém-PA.	30
FIGURA 06 - Média Sazonal da precipitação estimada por satélites e obtida através de pluviômetros no período de 1998-2007 na cidade de Belém-PA.	31
FIGURA 07 - Precipitação acumulada trimestral através do algoritmo 3B42 para a Cidade Belém-PA (apontado pela seta) e proximidades. Período de 1998 a 2007.	33
FIGURA 08 Distribuição mensal da precipitação estimada por satélite e obtida através de pluviômetros no período de 1998-2007, comparada com a normal climatológica de 1967 a 2007 da cidade de Belém-PA.	34
FIGURA 09 - Distribuição seqüencial das médias mensais da precipitação de 1998 a 2007, e estimativas de precipitação pelo 3B42.	36
FIGURA 10 - Diferença percentual entre os acumulados mensais da precipitação medida na estação meteorológica do INMET e do algoritmo 3B42 para o período de 1998 a 2007 na Cidade de Belém-PA	37

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 01 - Comparação do índice pluviométrico de Belém pelos dados obtidos através de pluviômetros e dados estimados por Satélites meteorológicos no período de 1998 a 2007.

TABELA 02 - Média da precipitação pluviométrica sazonal da cidade de Belém do período de 1998 a 2007.

TABELA 03 - Diferença percentual entre a precipitação média mensal estimada pelo algoritmo 3B42 e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Belém no período de 1998 a 2007.

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABR	Abril
AGO	Agosto
CC	Coeficiente de Correlação
COV	Covariância.
DEZ	Dezembro
DIF.PERC	Percentual da diferença
FEV	Fevereiro
FIG	Figura
GOES	Geostationary Operational Environmental System
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
JAXA	Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial
JAN	Janeiro
JUN	Junho
JUL	Julho
LI	Linha de Instabilidade
LCbs	Linhas de Cumulusnimbus
MAR	Março
MAI	Mai
MM	Milímetro
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOV	Novembro
OUT	Outubro
SCMs	Sistemas Convectivos de Mesoescala
SET	Setembro
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
TSM	Temperatura da superfície do Mar
VREB	Variabilidade Relativa de BIEL
VCANS	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
3.1	O USO DE IMAGENS DE SATELITE NA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO	17
3.2	O PROJETO TRMM E A ESTIMATIVA 3B42 .....	19
3.3	PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE BELÉM .....	20
3.4	PRINCIPAIS SISTEMAS ATMOSFERICOS QUE INFLUENCIAM NO CLIMA DA REGIÃO DE BELÉM .	22
3.4.1	<b>Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)</b> .....	22
3.5.2	<b>Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM'S)</b> .....	22
3.4.3	<b>Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs)</b> .....	24
<b>4.</b>	<b>DADOS E METODOLOGIA</b> .....	<b>25</b>
4.1	DADOS.....	25
4.1.1	Estimativa do algoritmo 3B42.....	25
4.1.2	Dados Pluviométricos.....	25
4.1.3	Caracterização da área de estudo .....	26
4.2	METODOLOGIA.....	27
<b>5</b>	<b>RESULTADO E DISCURSÕES</b> .....	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>38</b>
	REFERÊNCIAS.....	39

## 1 INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é o elemento meteorológico de grande variabilidade, sendo o principal fator utilizado na subdivisão do clima em uma região. Estudos prévios mostram que a Região Amazônica é caracterizada por altos índices pluviométricos (NIMER, 1979; FIGUEROA; NOBRE, 1990) e são predominantemente do tipo convectivas, em forma de pancadas e de curta duração, estando assim associadas às nuvens Cumulonimbus e Cumulus

Na região Metropolitana de Belém são mais freqüentes as chuvas de convecção, que são provocadas pela intensa evapotranspiração de superfícies úmidas e aquecidas como as florestas, cidades e oceanos tropicais. O ar ascende em parcelas de ar que se resfriam de forma praticamente adiabática sem trocar calor com o meio exterior durante sua ascensão. Também ocorrem tempestades convectivas associadas à entrada de brisa marítima no período da tarde que muitas vezes se deslocam para o interior da Amazônia (COHEN, 1995). Estas chuvas também são conhecidas popularmente como pancadas de chuva, aguaceiros ou torós.

As atividades mais comuns da hidrologia necessitam de avaliações da quantidade de precipitação ocorrida em termos de bacia hidrográfica. Os pluviômetros espalhados pela superfície terrestre coletam informações precisas da precipitação, no entanto esta é válida somente para uma pequena área localizada no entorno do dispositivo. O monitoramento detalhado sobre extensas áreas exige a existência de uma densa rede de pluviômetros, o que em certos casos é inviabilizado em regiões de difícil acesso como a floresta Amazônica e regiões montanhosas (de ANGELIS, 2004).

Com a prática de extrapolação/interpolação, admite-se uma estimativa de precipitação para áreas mais distantes dos pontos medidos sem qualquer indício físico real sobre a quantidade de precipitação verdadeiramente ocorrida (CONTI, 2002).

Diversas metodologias para estimativa de precipitação através de imagens de satélite vêm sendo propostas. Estas metodologias se baseiam em imagens feitas por vários satélites, em diversas bandas do espectro eletromagnético. Destacam-se os satélites da série GOES (*Geostationary Operational Environmental System*), e o

satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), este último com o objetivo específico de medição de precipitação nos trópicos.

## **2 OBJETIVO**

Devido à baixa densidade de rede de pluviômetros, especialmente na Região Amazônica, torna-se imprescindível a utilização de alternativas para a quantificação da chuva através do sensoriamento remoto. Por isso, este trabalho tem como objetivo a comparação da chuva medida num pluviômetro com a aquela estimativa por satélites meteorológicos, no período de 1998 a 2007.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

A precipitação descreve qualquer tipo de fenômeno relacionado à queda de água do céu. Isso inclui neve, chuva, chuveiro, granizo e saraiva. A precipitação é uma parte importante do ciclo hidrológico, sendo responsável por retornar a maior parte da água doce ao planeta. É o elemento climatológico de maior importância na Amazônia, pois além de influenciar no comportamento de outros parâmetros meteorológicos tais como temperatura, vento e umidade, é a que melhor caracteriza a variabilidade climática nesta região (MARENGO, 1992).

A distribuição espacial e temporal da precipitação na Amazônia Oriental é fortemente modulada pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelos sistemas convectivos de mesoescala (SCMs; Mota, 2003 e Silva, 2003).

O leste da Amazônia é caracterizado por duas estações bem distintas: a estação seca (de junho a novembro) com precipitação em torno de 50 mm/mês e a estação chuvosa (de dezembro a maio), com precipitações maiores que 250 mm por mês, causado principalmente pela presença da (ZCIT).

A variabilidade espacial da precipitação medida por pluviômetros na América do Sul Tropical foi detalhadamente estudada por Figueroa e Nobre (1990). Seus resultados confirmam que os maiores valores de precipitação variam entre as sub-regiões da Amazônia. No entanto a caracterização sazonal da chuva nas proximidades de Belém é definida por duas estações: a chuvosa no período de dezembro a maio e menos chuvosa de junho a novembro.

Assim, a atividade convectiva característica na Bacia Amazônica tem um papel importante na determinação das condições do tempo e do clima da região. Ou seja, a convecção influencia os sistemas meteorológicos que atuam na região, da mesma maneira que os sistemas meteorológicos atuam para fortalecer e/ou enfraquecer as atividades convectivas. (MOTA, 2004; MOTA et al. 1994).

Tradicionalmente, a medição da chuva é feita por meio de pluviômetros e pluviógrafos. Inicialmente, mecânicos e, mais recentemente, eletrônicos, estes instrumentos são utilizados para a estimativa da quantidade de chuva ocorrida em uma bacia hidrográfica, a partir de informações pontuais. Porém, reconhecendo as dificuldades em manter uma densa rede de pluviômetros sobre uma imensa região,

como a Amazônia, estão sendo feitos cada vez mais esforços para quantificar a precipitação a partir de sensores a bordo de satélites espaciais.

### 3.1 O USO DE IMAGENS DE SATÉLITES NA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO.

O sensoriamento remoto utiliza algumas faixas do espectro eletromagnético para caracterizar variáveis hidrológicas, como por exemplo, a chuva. A fotografia aérea, localizada na faixa do visível, é a técnica de sensoriamento remoto freqüentemente utilizado pelos hidrólogos. Com o tempo, essas técnicas se desenvolveram, e agora incluem a maioria das faixas do espectro (MAIDMENT, 1993).

No meio meteorológico, observa-se ênfase cada vez maior no uso de sensores na faixa de microondas, com aplicações tais como: estimativas de precipitação, estimativas de umidade do solo, determinação de perfis verticais de temperatura e umidade atmosférica. Além disso, iniciou-se a utilização de sensores ativos (radares) a bordo de satélites, como no caso da missão TRMM.

Os estes sensores a bordo de satélites caracterizam-se por serem capazes de transformar alguma fonte de energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente. Através destas e de outras mais tecnologias de áreas afins, como a Meteorologia, é possível a elaboração de variados e diferentes produtos que tenham como enfoque na observação e monitoramento com diversos e diferentes objetivos.

O princípio da estimativa de precipitação de chuva através de sensoriamento em bandas no visível é o fato de que o brilho da luz do sol refletida por nuvens pode ser uma indicação razoável de sua espessura e conseqüentemente do volume de água em seu interior (PETTY, 1995). Da mesma forma, as baixas temperaturas dos topos de nuvens estão associadas a um maior desenvolvimento vertical das nuvens e conseqüentemente a uma taxa de precipitação maior. A temperatura do topo de nuvem pode ser obtida a partir de medições de reflectância em bandas de infravermelho.

Porém, rapidamente se tornou evidente o fato de que nem toda a nuvem brilhante e nem toda nuvem com topo frio (ou seja, com reflectância baixa no IR) está efetivamente produzindo precipitação. De fato as estimativas no infravermelho e no visível devem ser feitas com critérios, considerando os tipos de sistemas que atuam em determinada região (WILHEIT, 1986; PETTY, 1995; MOTA, 2003) sendo essa provavelmente a sua principal limitação. Um divisor de águas na estimativa de

precipitação por satélite foi o emprego de sensores de microondas que respondem de forma razoavelmente física à presença de água e/ou cristais de gelo nas nuvens. De forma geral, as estimativas baseadas em imagens de microondas são melhores do que as obtidas com base em imagens no infravermelho (RAMAGE et al., 2003).

### 3.2 O PROJETO TRMM E A ESTIMATIVA 3B42

O satélite TRMM é um projeto em parceria entre a NASA e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA), e foi lançado em 27 de novembro de 1997 com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos, além de verificar como a mesma influencia o clima global (Kummerow et al. 2000). O satélite possui órbita oblíqua não-heliossíncrona baixa (inicialmente 350km, desde 2001 cerca de 403km), de forma que o período de translação é bastante curto (91 minutos), permitindo resoluções espacial e temporal comparativamente altas. Os instrumentos a bordo do TRMM são: imageador de microondas (TMI), radar de precipitação (PR), radiômetro no visível e no infravermelho (VIRS), sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens (CERES), e sensor para imageamento de relâmpagos (LIS). Para refinar as estimativas, existe um programa paralelo de validação em campo (Ground Validation ou GV), contando com radares meteorológicos em diversas estações ao longo da faixa intertropical.

O projeto TRMM gera diversos produtos (estimativas) de acordo com a combinação de instrumentos usada no algoritmo de cálculo. O produto 3B42, que será usado neste trabalho, usa estimativas de precipitação por microondas do TMI, corrigidas através de informações sobre a estrutura vertical das nuvens, obtidas do PR. O projeto TRMM possui ainda um programa de validação em campo, para minimização das diferenças entre estimativas por satélite e medições no solo. Deve-se ressaltar que esta calibração com dados de campo é feita de forma bastante global e generalizada, podendo gerar estimativas locais pouco precisas.

Na Figura 1 temos um exemplo da utilização do produto do algoritmo 3B42 de por Rocha, Oliveira e Mota (2008), que usou a estimativa de precipitação para analisar a precipitação anual de Belém para o ano de 2007 e concluiu que para este ano o algoritmo 3B42 teve um bom desempenho em relação à precipitação medida na cidade de Belém.

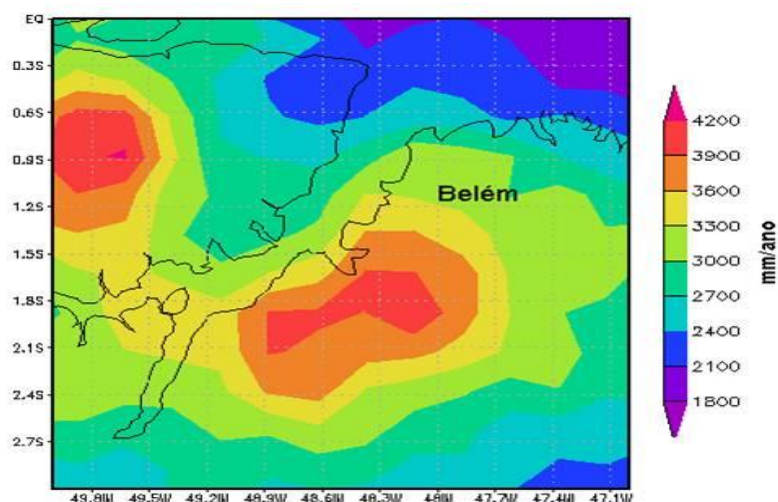


FIG. 01 – Exemplo do produto 3B42 de estimativa de chuva pelo Satélite TRMM da região metropolitana de Belém.

FONTE: Rocha, Oliveira e Mota (2008)

### 3.3 PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE BELÉM.

Como a precipitação é um elemento climático que apresenta uma grande variabilidade espacial e temporal, é interessante verificar o seu comportamento sazonal. Belém possui um regime de precipitação dividido em uma estação chuvosa, que compreende os meses de dezembro a maio, no qual os meses apresentem chuva superior a 350 mm por mês e uma estação seca, durante os meses de junho a novembro, com um total mensal inferior a 158 mm por mês. O total anual de precipitação é de aproximadamente 2949 mm. O trimestre mais seco é SET, OUT e NOV e o mais chuvoso é MAR, ABR e MAIO.

O clima de Belém é muito complexo com a influência de vários tipos de sistemas atmosféricos comuns da região tropical, tais como circulação de brisa marítima, ZCIT, SCMs, LI, Vórtices ciclônicos de altos níveis (VCANS), entre outros. Assim, torna-se importante a identificação destes sistemas (Fisch, 1997), visando o aumento do conhecimento da climatologia local. Logo, se observa na Figura 02 com destaque para a área que compreende a região de Belém, a distribuição anual da precipitação apresentada por Figueroa e Nobre (1990), confirmando a média de precipitação na região que compreende a cidade de Belém que varia entre 2000 a

3000 mm por ano, logo a normal climatológica encontrada pelo INMET esta entre essa faixa de precipitação.

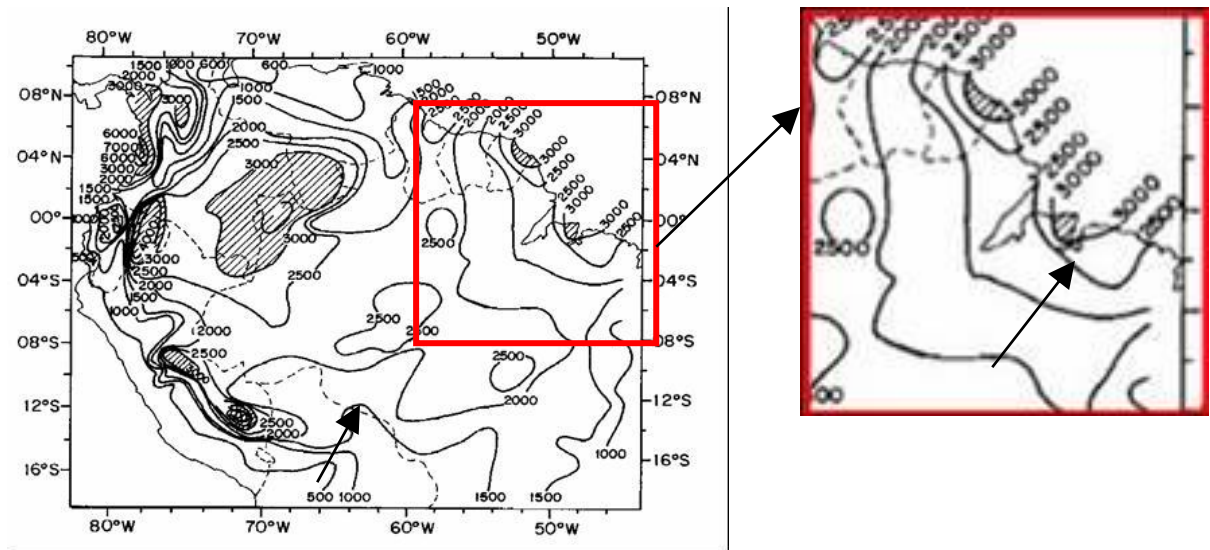


FIG. 02 - Distribuição anual da precipitação na Amazônia em mm por ano, Fonte: Segundo Figueroa e Nobre (1990).

### 3.4 PRINCIPAIS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE INFLUENCIAM NO CLIMA DA REGIÃO DE BELÉM.

#### 3.4.1 Zona de Convergência Intertropical

É um sistema de escala planetária definido como uma zona de confluência dos ventos alísios e o principal sistema meteorológico que provoca chuva na Região Amazônica. Este sistema atua durante o ano inteiro e possui um deslocamento meridional estando associado com a região de máxima temperatura da superfície do mar (TSM) sobre os oceanos tropicais. Rao e Hada (1990) observaram que as estações localizadas Hemisfério Norte, tais como no Oiapoque, exibem o máximo de chuva durante o inverno austral (junho, julho e agosto) e o mínimo durante o verão austral (dezembro, janeiro e fevereiro). Cohen et al (1995) afirma que, na América do Sul, a ZCIT exerce sua influência em toda costa Norte e Nordeste do continente.

#### 3.4.2 Sistemas convectivos de Mesoescala.

Os SCMs são definidos como aglomerados de nuvens convectivas e profundas com a presença de gelo na média e alta troposfera (MORH e ZIPSER, 1996). Os SCM são fenômenos atmosféricos que provocam condições de tempo adversas em superfície nas localidades atingidas pelos mesmos.

Dos SCMs que atuam em Belém podem ser destacados as Linhas de Instabilidade, que são sistemas convectivos formados pelo contraste de temperatura entre o continente e o oceano juntamente com a confluência dos ventos alísios na região costeira (COHEN, et al 1995; HASTENRATH; HELLER, 1977; KOUSKY, 1980). Podem, também, ser definidas com a aglutinação de vários Cumulonimbus organizados em forma de linha. Sua formação na Amazônia está ligada ao contraste de temperatura entre duas superfícies que por sua vez formam as circulações locais que favorecem a formação deste sistema de mesoescala. As linhas de instabilidade podem permanecer ativas por mais de 48 horas, tendo o seu deslocamento entre 6° a 13° de longitude por dia e sua maior ocorrência se dá nos meses de Abril e Agosto

(COHEN et al., 1989), durante a noite a sua atividade convectiva diminui, voltando a intensificar-se durante o dia devido o aquecimento solar (MOLION; KOUSKY, 1985).

### **3.4.3 Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs)**

As Ondas de Leste ou Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) são perturbações atmosféricas superpostas na corrente dos Alísios, que provocam precipitação na Amazônia Oriental (MOTA, 2002; COUTINHO; FISCH, 2007).

Kagano (1979), ao estudar o clima e a circulação através de radiossondagens de Belém e Manaus, sugere que oscilações no campo de vento com periodicidade de 3 a 5 dias, nos baixos níveis, relacionam-se com as ondas de leste que afetam esta região. Além disso, os DOLs podem intensificar outros sistemas convectivos como as LIs, (BARBOSA, 2005).

## **4 DADOS E METODOLOGIA**

### **4.1 DADOS**

#### **4.1.1 Estimativa do Algoritmo 3B42.**

Serão utilizadas neste estudo as estimativas de precipitação do algoritmo 3B42, que é uma combinação de estimativas de precipitação do canal de microondas provenientes de sensores a bordo dos satélites TRMM Microwave Imager (TMI), Special Sensor Microwave Imager (SSM/I), Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E), Advanced Microwave Sounding Radiometer (AMSU-B) e com aqueles do canal infravermelho (HUFFMAN et. al., 1995).

O 3B42 foi desenvolvido com o objetivo de ajustar as estimativas de precipitação no canal infravermelho. As estimativas pelo 3B42 estão disponíveis em grades de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  a cada 3 horas, e este trabalho usa os dados do período de Janeiro de 1998 a Dezembro de 2007. aglutinados em médias das grades de  $1^\circ \times 1^\circ$  de latitude e longitude.

#### **4.1.2 Dados Medidos por pluviômetro.**

Os dados de precipitação foram obtidos do pluviômetro do Instituto Nacional de Meteorologia INMET 2°DISME/BELÉM em uma estação meteorológica convencional localizada na latitude  $01^\circ 43'$  Sul, longitude  $48^\circ 43'$  W e altitude de 10 metros, no período de Janeiro de 1967 a Dezembro de 2007 e interpolados para a construção de gráficos como a normal climatológica em uma série de dados de 40 anos, total acumulado anual, média sazonal, total acumulado mensal e seqüência do total acumulado mensal da precipitação.

#### 4.1.3 Caracterização da área de estudo.

Belém é segunda cidade mais populosa da região Norte e a maior região metropolitana da Amazônia. Sua área é de 1.065 km<sup>2</sup>. Possui um clima quente e úmido, tipicamente equatorial.

Banhada pela Baía do Guajará a cidade de Belém tem Temperatura média anual de 25°C, Umidade Relativa variando entre 80% a 90% em média e Índice Pluviométrico de 2949 mm por ano (INMET, 2008).

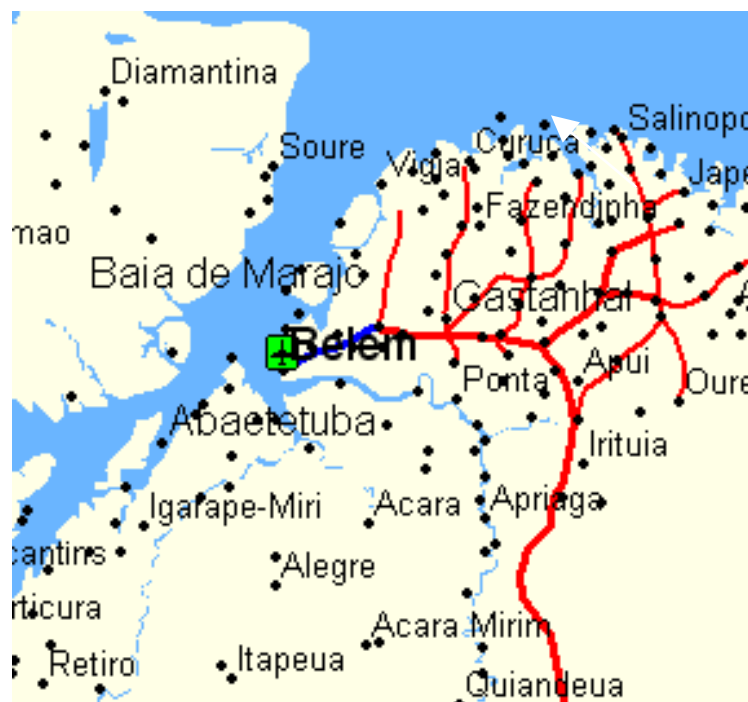


Fig. 03 – Mapa mostrando parte da Amazônia Oriental e a Cidade de Belém-Pará.

Fonte: Mapsource (2008).

## 4.2 METODOLOGIA

Neste trabalho será realizado um estudo comparativo da precipitação proveniente de dois métodos distintos de avaliações quantitativas da precipitação, que são os dados obtidos de um pluviômetro e dados estimados através de satélites.

A partir das séries de precipitação interpoladas do pluviômetro e do Algoritmo 3B42, foi possível extrair informações como; total acumulado anual, média sazonal, total acumulado mensal e seqüência do total acumulado mensal da precipitação sobre a região de Belém para o período de 1998 a 2007.

Foi feito também para comparação das médias trimestrais e mensais o cálculo da diferença percentual entre as estimativas do 3B42 e a precipitação medida na estação meteorológica do INMET de Belém de acordo com a fórmula abaixo:

$$DIF.PERC = \frac{(PRP_{3B42} - PRP_{INMET})}{PRP_{INMET}} \times 100$$

Onde:

*DIF.PERC*: Percentual da diferença entre a precipitação estimada entre o 3B42 e a medida no pluviômetro da estação meteorológica do INMET

$PRP_{3B42}$ : Precipitação estimada pelo algoritmo 3B42.

$PRP_{INMET}$ : Precipitação medida no pluviômetro da estação meteorológica do INMET.

E por fim foi encontrado o Coeficiente de correlação (CC), onde é uma medida da dependência linear entre as variáveis, ou seja, se situa no intervalo compreendido entre -1 e +1, o sinal indica a direção se a correlação é positiva ou negativa, o tamanho da variável indica a força da correlação.

Feitos os CC entre os dados o algoritmo 3B42 e dados medidos no pluviômetro da estação meteorológica do INMET, através da formula a seguir:

$$CC_{x,y} = \frac{cov(x, y)}{DP_x * DP_y}$$

Onde X: é a precipitação da fonte de dados baseadas em medidas de superfície e Y: é a precipitação da fonte de dados baseadas em estimativa de satélite. A expressão cov(x,y) é a covariância dada por:

$$\text{cov}_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)}{N}$$

Onde:  $x$  e  $y$  são os valores da precipitação para a série de dados pluviométricos medidos em superfície e das estimativas de precipitação, respectivamente.  $\mu_x$  é a média da precipitação para os dados medidos em superfície e  $\mu_y$  é a média da precipitação dos dados estimados por satélite.

Foram feitas comparações entre a precipitação pluviométrica e a precipitação estimada por satélite com o objetivo de compreender e chegar a conclusões referentes à utilização do sensoriamento remoto para a aquisição de resultados climatológicos.

## 5 RESULTADO E DISCUSSÕES

Para o período de 1998 a 2007 verificou se que Belém possui uma variabilidade relativa de BIEL (VREB) abaixo de 15% onde pode ser considerada uma região de alta pluviosidade.

$$\text{VREB} = \frac{\text{Média Absoluta}}{\text{Média Anual}} \times 100$$

O calculo da variabilidade da precipitação proposto por BIEL foi de 9,2%, para este período, confirmando assim a alta pluviosidade da região.

O Litoral norte da Amazônia oriental é uma região de alta pluviosidade distribuída diferentemente ao longo do ano e com características regionais distintas. A distribuição média anual da precipitação no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007 (FIGURA 4) mostra os maiores valores de precipitação na região costeira da Amazônia, desde o Amapá até o nordeste paraense, com a cidade de Belém inserida nestes núcleos de máxima precipitação, chegando, através das estimativas do 3B42, a 3000 mm/ano, semelhante à climatologia proposta por Figuero e Nobre (1990).

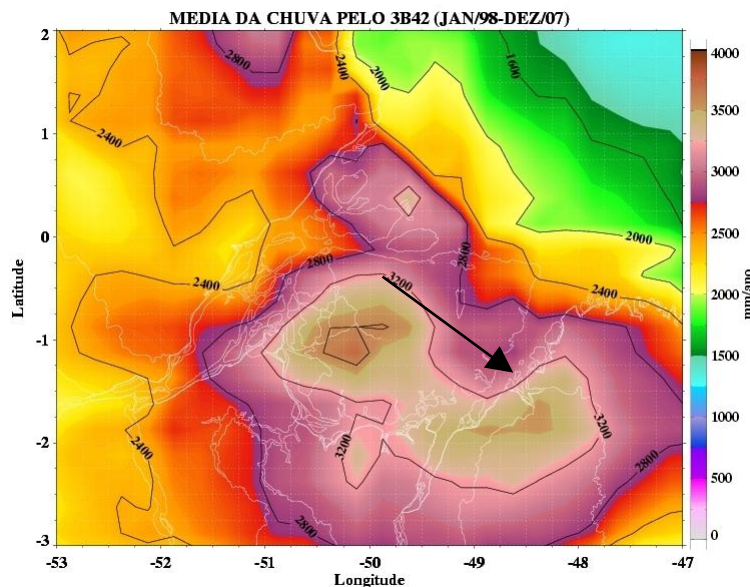


FIG. 04: Distribuição da Precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 no período de 1998 a 2007. Belém–PA (apontado pela seta) e proximidades.

Fonte: TRMM/NASA (2008)

TABELA 01: Comparação do índice pluviométrico de Belém pelos dados obtidos através de pluviômetros e dados estimados por Satélites meteorológicos no período de 1998 a 2007.

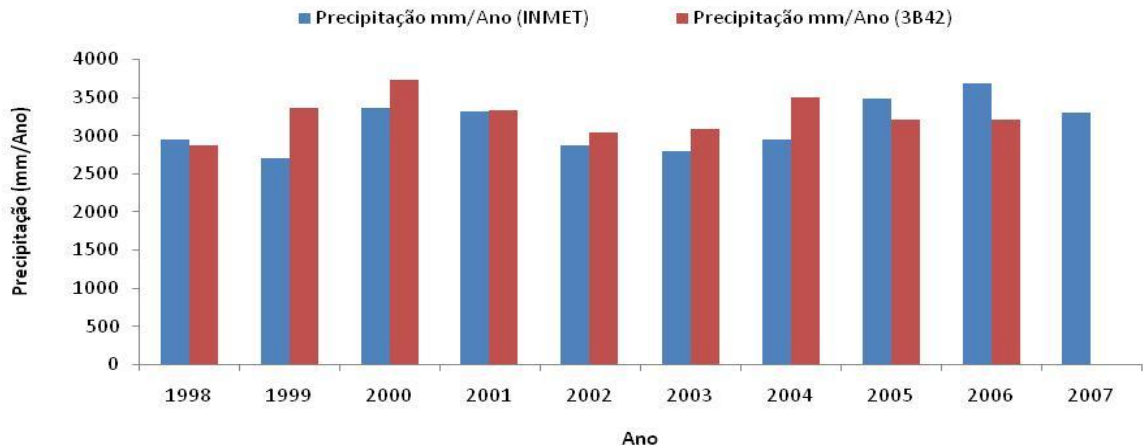
<b>FONTE DE DADOS</b>	<b>MÈDIA ANUAL</b>
Normal climatológica 1967-2007	2949 mm/Ano
Média INMET 1998-2007	3134 mm/Ano
Média 3B42 1998-2007	3120 mm/Ano

A TABELA 01 mostra os valores de precipitação acumulado anual da precipitação obtida por pluviômetros e pelo algoritmo 3B42, em comparação com a normal climatológica de Belém. A precipitação média anual estimada por satélite e a medida por pluviômetro, no período de 1998 a 2007, obtiveram valores aproximados, com o 3B42 superestimando a precipitação, em relação ao pluviômetro, em apenas 14 mm por ano.

Em relação à normal climatológica, que possui uma média de 2949 mm por ano, a estimativa de precipitação do algoritmo 3B42 apresentou uma superestimativa de 171 mm, no entanto deve se levar em consideração que neste caso trata-se de uma comparação atemporal.

A grande importância desse resultado é que a média anual da precipitação do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007 para Belém estimada pelo algoritmo 3B42 e a medida no pluviômetro da estação do INMET apresenta valores aproximados o que torna a estimativa do algoritmo 3B42, bastante válida, ou seja, um bom recurso estimador da quantidade de precipitação para a região de Belém.

A Figura 05 mostra que, o algoritmo 3B42 estima de forma bastante aproximada a precipitação sobre a capital Belém. Em alguns picos, o satélite superestimou a média anual de precipitação, em outros subestimou.

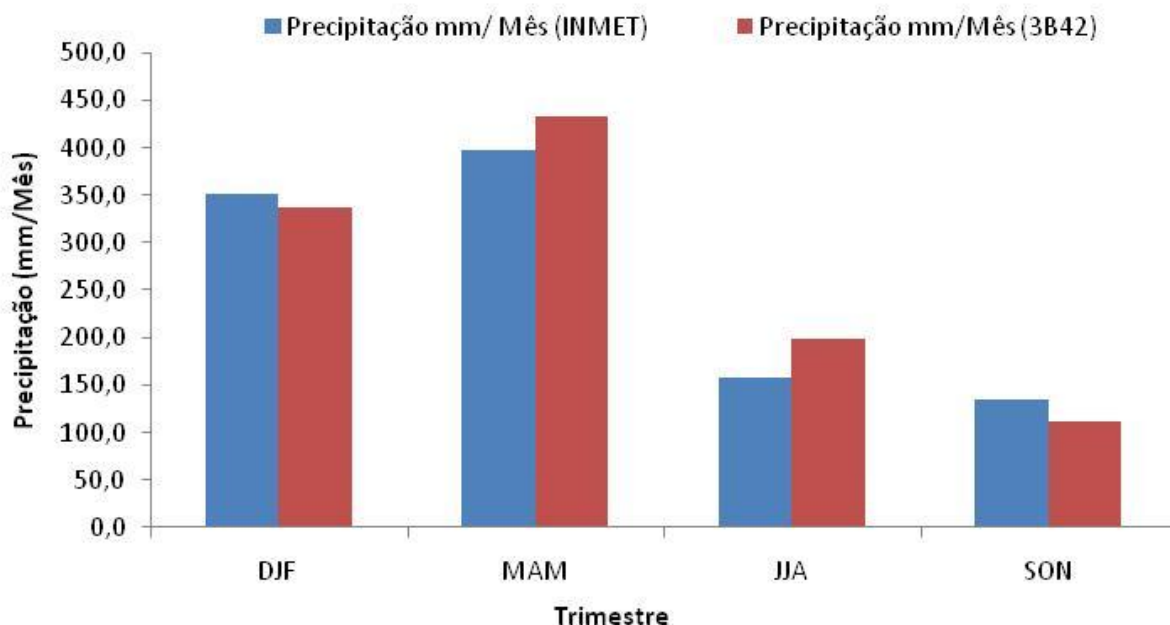


Fonte: INMET; TRMM/NASA (2008).

Fig. 05: Distribuição da precipitação no período de 1998-2007, estimado por satélite e obtidos através do pluviômetro do INMET na cidade de Belém-PA.

Nos anos de 1998, 2005 e 2006 a precipitação medida pelo pluviômetro foi maior comparada com a estimativa do 3B42, mas mantendo seus valores próximos, com exceção do ano de 2006 em que a precipitação pluviométrica foi elevada em relação à estimada pelo 3B42. Já nos anos de 1999, 2000, 2002, 2003 e 2004 a técnica de estimativa de precipitação por satélite foi maior em comparação com os dados de pluviômetros, com uma superestimativa um pouco acima da precipitação pluviométrica com valores altos no ano de 1999 ano de ocorrência do fenômeno LA Niña, onde foi a maior superestimativa do algoritmo 3B42 em relação a precipitação medida na estação encontrada. Destaca-se também o ano de 2001 onde o total acumulado de precipitação foi muito aproximado tanto na estimativa pelo 3B42 quanto a precipitação medida pelo pluviômetro.

Essa variação entre uma superestimativa e a subestimativa pode estar relacionada às possíveis ocorrências de diferentes padrões de precipitação ao longo desse período, a exemplo de fenômenos como o LA NIÑA e a ZCIT, que podem influenciar diretamente na configuração espaço temporal da precipitação.



FONTE: INMET; TRMM/NASA (2008).

FIG. 06: Média Sazonal da precipitação estimada por satélites e obtida através de pluviômetros no período de 1998-2007 na cidade de Belém-Pa.  
FONTE: INMET; TRMM/NASA (2008).

Na Figura 06 observa-se com clareza a ocorrência dois períodos distintos tanto nos dados pluviométricos quanto nos dados proveniente do algoritmo 3B42, um período chuvoso nos trimestre de Dezembro, Janeiro e Fevereiro (DJF) e Março, Abril e Maio (MAM); e o menos chuvoso nos trimestre de Junho, Julho e Agosto (JJA) e Setembro, Outubro e Novembro (SON). Estes dados seguem aproximados os valores quantitativos de chuvas, o que faz do satélite TRMM um bom recurso estimador, ou seja, a alternância entre estações úmidas e secas, característica da região, é bastante bem representada.

TABELA 02: Média da precipitação pluviométrica sazonal da cidade de Belém do período de 1998 a 2007.

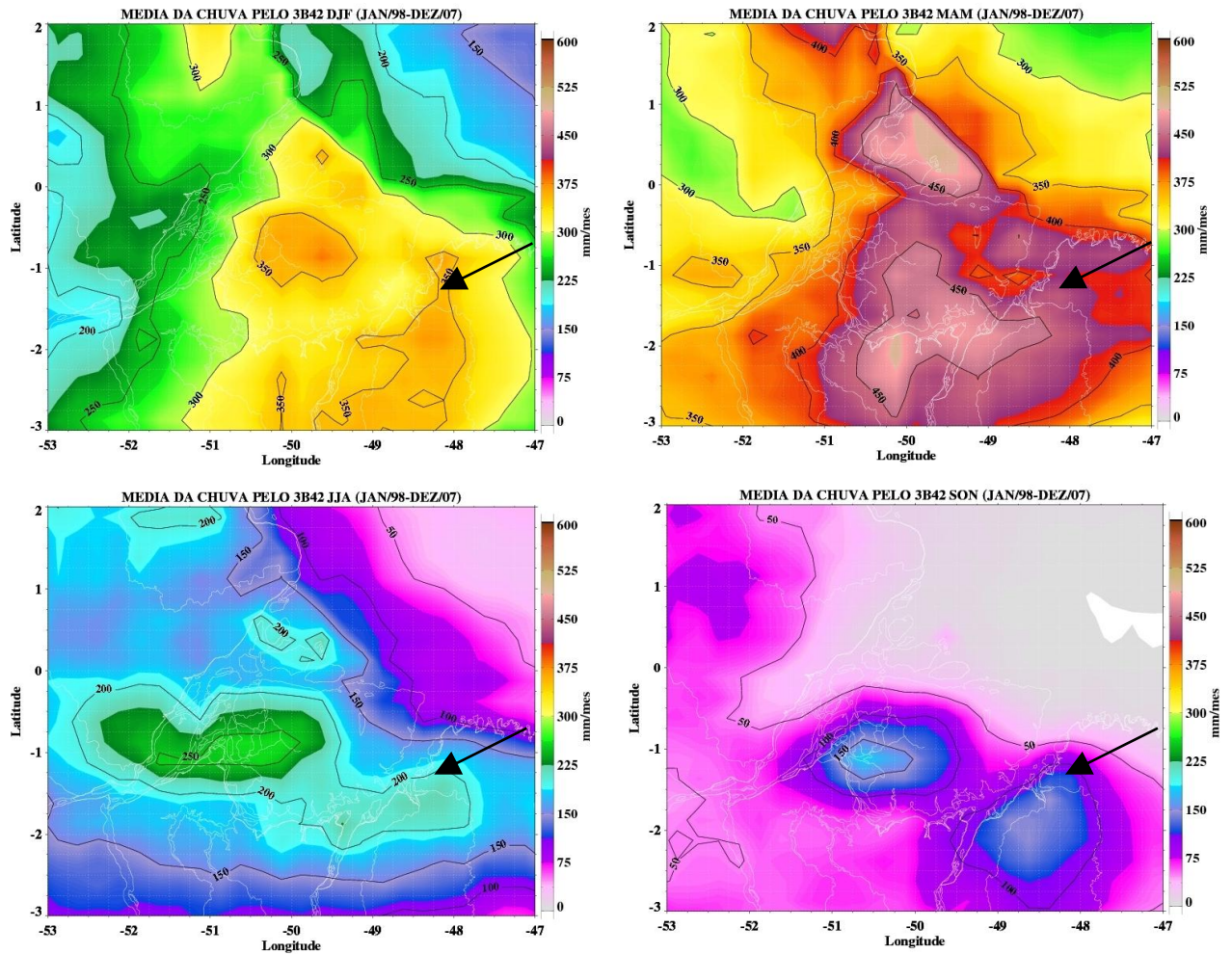
TRIMESTRE	TRMM mm/mês	Pluviômetro mm/mês	Dif. Percentual %
DJF	337,4	350,3	-3,7
MAM	432,4	397,0	8,9
JJA	197,9	158,2	25,1
SON	110,9	134,4	-17,5

A média trimestral da precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 e a precipitação pontualmente medida em Belém apresenta valores aproximados no período chuvoso, com diferença percentual de apenas -3,7% e 8,9% em DJF e MAM, respectivamente. Por outro lado no período menos chuvoso a diferença percentual entre a precipitação estimada por satélite e medida em superfície mostra-se maior que no período menos chuvoso, sendo 25,1% e -17,5% em JJA e SON, respectivamente (TABELA 2).

Gomes (2008) obteve resultados semelhantes para a região de Caxiuanã e sugeriu que este resultado seja explicado com base na desigual natureza dos sistemas precipitantes que ocorrem nos diferentes trimestres, pois o tipo, distribuição de tamanhos e densidade dos hidrometeoros dentro das nuvens precipitantes interferem na resposta pelos canais de microondas (MOHR e ZIPSER, 1996) e infravermelho utilizados no algoritmo 3B42, devido a presença dos diferentes hidrometeoros que são peculiares a cada tipo de sistema precipitante. E ainda a semelhança entre a precipitação medida e estimada no trimestre DJF e MAM pode ser justificada pela predominância de sistemas precipitantes durante este período do ano que se caracterizam por ocupar grandes áreas, tornando assim a precipitação pontualmente medida semelhante à precipitação estimada numa grade de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  de latitude e longitude pelo 3B42 em Belém.

A Figura 7 mostra a distribuição espacial da média de precipitação durante os trimestres DJF, MAM, JJA e SON para o período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007. A precipitação média trimestral pelo algoritmo 3B42 apresenta semelhanças com a climatologia prévia de Figueroa e Nobre (1990), com a Região de Belém sempre localizada nos locais de núcleos de máxima precipitação tanto no período chuvoso quanto no período menos chuvoso que se encontram distribuídos próximo a faixa litorânea da Amazônia Oriental.

Os máximos de precipitação no período chuvoso são devidos principalmente a atuação da ZCIT (RAO e HADA, 1990) e a interação da ZCIT na formação de LIs (COHEN, SILVA DIAS e NOBRE, 1995). No período menos chuvoso estes máximos ocorrem principalmente devido a atuação de linhas de LIs que tem maior ocorrência nos meses de abril e agosto (COHEN, SILVA DIAS e NOBRE, 1989) e a atuação de DOLs.



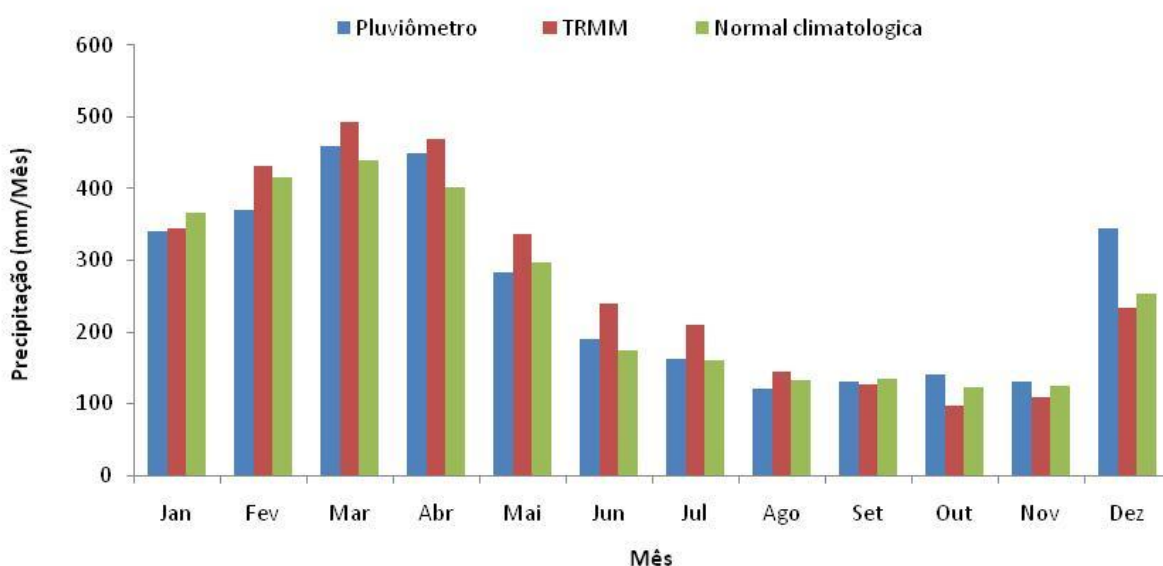
FONTE: TRMM/NASA 2008.

FIG. 07: Precipitação acumulada trimestral através do algoritmo 3B42 para a Cidade Belém-PA (apontado pela seta) e proximidades. Período de 1998 a 2007.  
FONTE: TRMM/NASA (2008)

Portanto, se percebe que o algoritmo 3B42 acompanha a variação sazonal: Há uma tendência do algoritmo 3B42 superestimar a precipitação total em MAM e JJA e subestimar a precipitação nos trimestre DJF e SON. Essa diferença é da mesma ordem das verificadas em trabalhos encontrados em pesquisas, e os resultados podem ser considerados satisfatórios.

A Figura 8 mostra a precipitação média mensal da precipitação em Belém no período de Janeiro de 1998 a dezembro de 2007 e a normal climatológica segundo o INMET para o período de Janeiro de 1967 a Dezembro de 2007. A precipitação medida pontualmente e estimada através do algoritmo 3B42 para os 10 anos estão coerentes a normal climatológica, com o mês mais chuvoso em março. O mês menos chuvoso é outubro de acordo com 3B42 em semelhança a normal climatológica, para a precipitação média dos 10 anos medida pontualmente o mês menos chuvoso é agosto, entretanto, segundo estes dados, a diferença da precipitação entre os meses de agosto a outubro é cerca de menos de 20 mm/mês o que torna a nossa comparação dentro de um valor aceitável.

Assim como na análise da precipitação média trimestral, nota-se que o período mais chuvoso está ente os meses de dezembro a maio e o período menos chuvoso está entre os meses de junho a novembro. Este distinto comportamento entre as estações deve-se em parte à posição geográfica da ZCIT mais ao Sul nos meses mais chuvosos e os meses de menor precipitação decorrem do deslocamento da ZCIT para sua posição ao norte, provocando movimentos descendentes sobre a parte do Atlântico Equatorial, e com isso inibindo a precipitação (Fisch, 1997).



FONTE: INMTE; TRMM/NASA 2008.

FIG. 08: Distribuição mensal da precipitação estimada por satélite e obtida através de pluviômetros no período de 1998-2007, comparada com a normal climatológica de 1967 a 2007 da cidade de Belém-PA.

Além disso, é observado na Figura 8, que nos meses de setembro a dezembro a média mensal dos 10 anos de precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 é subestimada em relação à precipitação medida no pluviômetro. Nos demais meses (janeiro a agosto) ocorre o inverso.

De janeiro a abril e também o mês de setembro, mostrou que a precipitação estimada apresenta valores mais próximos a precipitação medida convencionalmente, com diferenças menores a 16,5 %; nos demais meses a precipitação média mensal estimada pelo 3B42 possui valores menos aproximados aos valores da média da precipitação medida em superfície, porém a diferença percentual entre as duas fontes não excede a 32%, sendo o mês de dezembro o qual mostra a maior diferença percentual (TABELA 3).

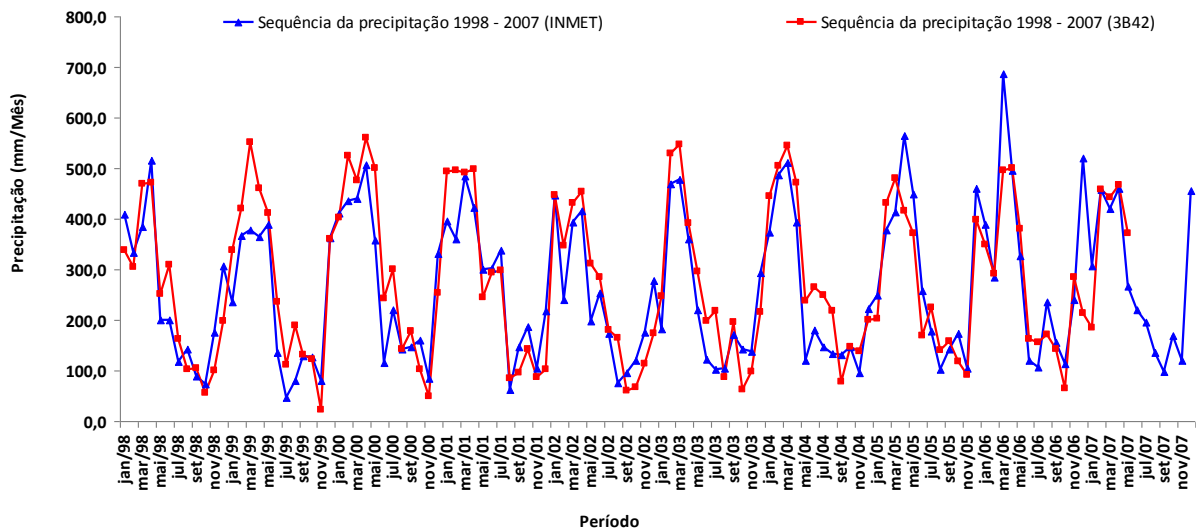
TABELA 03 Diferença percentual entre a precipitação média mensal estimada pelo algoritmo 3B42 e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Belém no período de 1998 a 2007.

<b>Mês</b>	<b>Diferença Percentual (%)</b>
<b>JAN</b>	<b>1,4</b>
<b>FEV</b>	<b>16,2</b>
<b>MAR</b>	<b>7,4</b>
<b>ABR</b>	<b>4,2</b>
<b>MAI</b>	<b>19,4</b>
<b>JUN</b>	<b>25,8</b>
<b>JUL</b>	<b>29,8</b>
<b>AGO</b>	<b>18,7</b>
<b>SET</b>	<b>-2,9</b>
<b>OUT</b>	<b>-30,7</b>
<b>NOV</b>	<b>-17,2</b>
<b>DEZ</b>	<b>-31,9</b>

Assim como nas análises da média trimestral de precipitação, especula-se que as diferenças entre a estimativa do algoritmo 3B42 e os dados medidos convencionalmente na estação meteorológica do INMET em Belém tenham relação aos tipos, distribuição de tamanhos e densidade dos hidrometeoros dentro das nuvens causadoras da precipitação que pode interferir na resposta pelos canais de microondas e infravermelho, utilizados no algoritmo 3B42, devido a presença dos

diferentes hidrometeoros que são peculiares a cada tipo de sistema precipitante (MOHR e ZIPSER, 1996).

Os acumulados mensais da precipitação medida pontualmente em superfície e a estimada pelo algoritmo 3B42 no período de 1998 a 2007 em Belém seguem o mesmo padrão como pode ser visto também na Figura 9. Entretanto, há meses em que os valores da precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 são similares à precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 e em outros que os valores de precipitação são menos similares.



FONTE: INMTE; TRMM/NASA 2008.

FIG. 09: Distribuição seqüencial das médias mensais da precipitação de 1998 a 2007, e estimativas de precipitação pelo 3B42.

A Figura 10 mostra a diferença percentual entre os acumulados mensais de precipitação medida na estação meteorológica do INMET e estimada pelo algoritmo 3B42. Nota-se que as maiores diferenças percentuais estão em geral durante o período menos chuvoso. No período chuvoso os valores estimados pelo algoritmo 3B42 são mais próximos ao medido em superfície. A partir do ano de 2004 as diferenças entre as duas fontes de dados diminuiram consideravelmente em relação aos anos anteriores aqui estudados.

O coeficiente de correlação entre os acumulados mensais da precipitação medida em superfície e estimada pelo algoritmo 3B42 em Belém é 0,87, ou seja, as duas fontes de dados têm um comportamento diretamente proporcional, e por ser um valor aproximado a 1, mostra que as duas variáveis têm uma boa dependência entre si. Assim, este valor é mais um indicativo de que os a precipitação medida pelo pluviômetro e estimada através do algoritmo 3B42 apresentam um padrão semelhante.

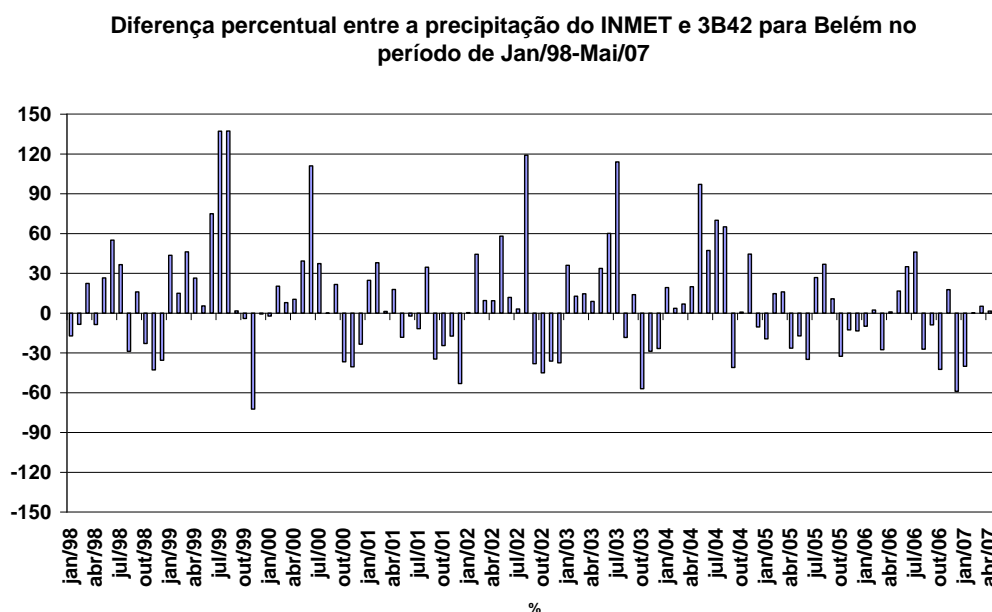


FIG. 10 – Diferença percentual entre os acumulados mensais da precipitação medida na estação meteorológica do INMET e do algoritmo 3B42 para o período de 1998 a 2007 na Cidade de Belém-PA

Portanto nota-se que a estimativa de precipitação pelo algoritmo 3B42, segue um padrão aproximadamente similar ao climatológico e a precipitação medida em superfície através de pluviômetro na estação do INMET. Também pode ser considerado um bom resultado no que diz respeito à comparação entre ambas as técnicas de avaliações quantitativas da precipitação pela distribuição seqüencial das chuvas desde janeiro de 1998 até dezembro de 2007.

## 6 CONCLUSÃO

A precipitação na cidade de Belém foi estudada utilizando os dados medidos por pluviômetros de uma estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com aqueles do algoritmo estimador 3B42, que é resultante da combinação de estimativa de precipitação do canal de microondas e infravermelho.

A comparação a partir das médias anuais, trimestrais e mensais observou que estimativa do algoritmo 3B42 mostrou um resultado satisfatório, em que a série comparativa anual do algoritmo 3B42 estima de forma aproximada a precipitação sobre a região de Belém. O mesmo pode ser observado na análise comparativa da série média trimestral em que se encontrou uma variação sazonal com resultados também bastante aproximados aos valores quantitativos de chuvas. A alternância entre as estações úmidas e secas, característica da região é bem representada pelo algoritmo 3B42. Também observou se o comportamento da média mensal da precipitação, o qual mostrou que as avaliações quantitativas de chuvas no período de 1998 a 2007 em Belém seguem o mesmo padrão climatológico regional mesmo o 3B42 estimando valores similares e em outros momentos estimando valores menos similares.

Um resultado importante para este estudo foi a constatação de que as maiores diferenças percentuais estão em geral durante o período menos chuvoso e no período chuvoso os valores estimado pelo algoritmo 3B42 são mais próximos ao medido em superfície e em relação ao Coeficiente de Correlação encontrado foi evidenciado que as duas fontes de dados têm um comportamento diretamente proporcional e por ser um valor aproximado a 1, mostra que ambas possuem uma boa dependência entre si.

Por fim, a precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 também pode ser considerado um bom resultado no que diz respeito à comparação entre ambas as técnicas de avaliações quantitativas da precipitação pela distribuição seqüencial das chuvas desde Janeiro de 1998 até Dezembro de 2007.

## REFERENCIAS

- ALVES, J. M. B.; SOUZA, E. B.; REPELLI, C. A.; VITORINO, M. I.; FERREIRA, N. S. Episódios de La Niña na Bacia do Oceano Pacífico Equatorial e a distribuição sazonal e intrasazonal das chuvas no setor norte do nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.12, n.1, p.63-76. 1997.
- ADLER, R.F.; HUFFMAN, G.J.; KEEHN, P.R. Global tropical rain estimates from microwave-adjusted geosynchronous IR data. *Remote Sensing Reviews.*, 11, p. 125-152, 1994.
- ANGELIS, C. F. *Análise dos sistemas precipitantes no Brasil a partir de dados processados em um integrador de informações adquiridas por pluviômetros, satélites, rede de relâmpagos e radares meteorológicos-PRECIBRA*. Projeto de Pesquisa. CPTEC-INPE, 2004.
- BARBOSA, R.L. *Interação das perturbações convectivas iniciadas na costa Norte do Brasil com Distúrbios Ondulatórios de Leste*. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, São José dos Campos. 2005.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo. *Manual de códigos meteorológicos - MCA 105-10*. Rio de Janeiro, 2001.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. *Mon. Wea. Rev.*, n. 123, p. 3163-3174. 1995.
- CONTI, G. N. *Estimativa da precipitação através de técnicas de sensoriamento remoto: Estudo de caso para o estado do Rio Grande do Sul*. 2002. 00f. Dissertação (Mestrado em M.....), IPH-UFRGS, 2002.
- COUTINHO, E. C. *Estudo das características na região do Centro de Lançamento de foguetes de Alcântara (CLA)*. – Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos 1999. 141p. - ( INPE-8149-TDI/754 ) .
- CUTRIM, E. M. C. Chuvas na Amazônia durante o século. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 20.,2000, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro. 2000.
- FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. Precipitation distribution over Central and Western tropical South-America. *Climanálise*, n. 5, p.36-44. 1990.
- FISCH, G. *Atlas climatológico do CLA*. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial (CTIAIE), 54 p., 1997. (Relatório Técnico ACA 0 1\97,)
- GOMES, N. de V. *Estudo da variabilidade espacial e temporal da precipitação na Amazônia através do algoritmo GPI*. 2006. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia)- Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

HASTENRATH, S.; LAMB., *Climatic Atlas of the Tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans*. University of Wisconsin Press, 1977. 177 p.

MAIDMENT, D. R. ; PARZEN, E. Cascade model of monthly Municipal Water Use. *Water Resources Research*, v. 20, n. 1, p. 15-23. 1984.

MOTA, G. V. *Characteristics of rainfall and precipitation features defined by the tropical rainfall measuring mission over South America*. ano 201f. Utah: University of Utah, Tese (Doutorado em Meteorologia ) , University of Utah, Utah, EUA, ano

MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da região amazônica: mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Rio de Janeiro, n.2, p.107-117, dez. 1987.

MOLION, L. C. B. Pluviometria na Amazônia: são os dados confiáveis? *Climanálise*. vol. 05. nº 03. 1990.

MARENGO, J. A.; HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon Basin. *American Meteorological Society*. v. 06. p. 617-627. 1993

MOHR, K. I.; EDWARD, J. Z. Defining mesoscale convective systems by their 85-GHz Ice scattering signatures. *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 77, No. 6, pp. 1179-1189. 1996.

NASCIMENTO, A. A. Simulação Hidrológica Com o Uso de Chuva Estimada Por Satélite, ano 116 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Local, ano.

OLIVEIRA, A. S, *Interações entre sistemas na América do Sul e convecção na Amazônia*. 1986. 246 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas espaciais Inpe- 4008-TLD/239, São Jose dos Campos, 1986.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 42, n. 2, p. 81-91, 1990.

FERREIRA, N.S. **Zona de Convergência Intertropical**. [online]. Disponível em: [http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/zcit\\_1.html](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/zcit_1.html)>. Acesso em jun. 1998.

COEFICIENTE de correlação de Pearson [online] Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Coeficiente\\_de\\_correla%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_Pearson](http://pt.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_correla%C3%A7%C3%A3o_de_Pearson). Coeficiente de Correlação de Pearson. Acesso em 02 de Dezembro 2008

BELÉM do Pará. [online] Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Bel%C3%A9m#cite\\_note-ibge2007geral-1](http://pt.wikipedia.org/wiki/Bel%C3%A9m#cite_note-ibge2007geral-1). Belém é um Município Brasileiro. Acesso em 04 de Dezembro 2008.

PLUVIÔMETRO. [online] Disponível em:  
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Pluvi%C3%B4metro>.

Um pluviômetro é um aparelho de meteorologia. Acesso em 07 de Dezembro 2008.

**TR** (TRMM) Background [online] Disponível em:

[http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview\\_dir/background.html](http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/background.html).

Why TRMM is valuable Questions & Answers about TRMM. Acesso em 11 de Dezembro 2008.