



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JÉSSICA DA COSTA NEVES

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A PRECIPITAÇÃO ESTIMADA POR SATÉLITE
(TRMM) E MEDIDA POR PLUVIÔMETRO NO PERÍODO DE 2000 A 2010 PARA AS
CIDADES DE BELÉM E BREVES-PA.**

Nº331

BELÉM – PARÁ

MAIO – 2014

JÉSSICA DA COSTA NEVES

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A PRECIPITAÇÃO ESTIMADA POR SATÉLITE
(TRMM) E MEDIDA POR PLUVIÔMETRO NO PERÍODO DE 2000 A 2010 PARA AS
CIDADES DE BELÉM E BREVES-PA.**

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

Orientador: Prof. Dr Henani José Brazão.

Belém-Pará

2014

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

N513e Neves, Jéssica da Costa
 Estudo comparativo entre a precipitação estimada por satélite (TRMM) e medida por pluviômetro no período de 2000 a 2010 para as cidades de Belém e Breves-PA. / Jéssica da Costa Neves – 2014
 35 f. : il.
 Orientador: Hernani José Brazão
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2014.

1. . Precipitação (Meteorologia). 2. TRMM. 3. Pluviômetros. 4. Estimativa.. I. Título.

CDD 22. ed.: 551.577098115

JÉSSICA DA COSTA NEVES

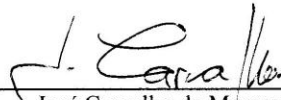
ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Meteorologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará –
UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção

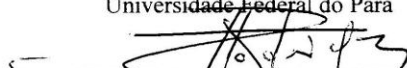
Data de aprovação: 30/05/2014

Conceito: BOM

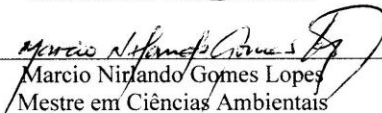
Banca examinadora:



José Carvalho de Moraes
Mestre em Meteorologia
Universidade Federal do Pará




Hernani José Brazão – Orientador
Doutor em Agrometeorologia
Universidade Federal do Pará



Marcio Nirlando Gomes Lopes
Mestre em Ciências Ambientais

Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia



Vanda Maria Sales de Andrade
Doutora em Agrometeorologia
IACIT Soluções Tecnológicas

Dedico a minha formação acadêmica, primeiramente a Deus por está sempre em minha vida e aos meus queridos e amados Pais José Neves e Raída que me ensinaram a lutar pelos meus sonhos e torná-los objetivo a ser cumprido, me apoiaram nos momentos difíceis mostrando-me o caminho e fazendo com que eu acreditasse sempre e seguisse enfrente com fé em Deus e na vida, e as minhas irmãs Leidiane e Luciane, companheiras de todas as horas, confidentes e amadas por mim com toda força que há nesse mundo e além dele. Aos meus cunhados, André por ter me levado em todas as viagens de campo, para eu chegar no horário e não perder o ônibus (RS) e Erivan por ter tido paciência, por eu não ter ido mais visitá-lo, e aproveitar um descanso no paraíso onde mora. Ao meu namorado Thiago pela compreensão, principalmente pelas alterações de humor vividas por mim no decorrer deste tempo. E aos demais familiares, minhas queridas Avós, primos e tios.

Aos meus queridos amigos Verena, Gabrielle, Carlos, Nathalia, Laiza, David, Vanessa, Flavio, Bruna, Zamara e Denize por terem compreendido a minha ausência, e as palavras ditas de entusiasmo, carinho e apoio na hora certa, onde sempre mesmo que em pensamento estavam ao meu lado na busca por este momento único e importante em minha vida.

Muito obrigada a todos.

AGRADECIMENTOS

A Deus

Por está sempre presente em meu coração, guiando meus caminhos e ter me concedido a graça da vida.

Aos meus Pais

Por terem se doado a mim, com um amor sem dimensão e terem acreditado que hoje eu estaria realizando uma etapa de extrema importância em minha vida. Quero agradecer por estarem sempre ao meu lado nos momentos que pensei em desistir e me fazerem ver que para se conquistar vitórias necessita-se de determinação, força, generosidade e compaixão com próximo e acima de tudo fé em Deus.

Ao professor, Jose Carvalho de Moraes.

Que teve toda a paciência comigo principalmente nos atrasos constantes e que me incentivou e mostrou os pontos principais que devo seguir profissionalmente. Obrigada por ter dedicado seu tempo não apenas como professor e orientador, mas também como amigo.

Ao Coorientador, Marcio Nirlando Gomes Lopes e ao SIPAM.

Quero agradecer pela colaboração, boa vontade e disponibilidade em todos os momentos que foram pedidos orientações e esclarecimento de dúvidas. Obrigada pelo apoio e incentivo neste momento importante, onde objetivos estão sendo alcançados.

Aos Amigos e colegas.

Quero agradecer pelo amor dedicado a mim e pelas palavras de carinho dita em horas que pensei não ir em frente, a paciência que tiveram na minha ausência, horas que não pude participar de reuniões e confraternizações que todos estavam presentes, ao abraço de conforto que recebi sempre que necessário. Aos colegas o companheirismo, de todos os dias a folha emprestada, grafite 0.7, conquistas, tensões e momentos divertidos no decorrer da graduação, que ficaram marcados para sempre.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

RESUMO

A precipitação é fundamental para a sobrevivência dos seres vivos em geral. A quantidade considerável de energia recebida o alto índice de evaporação minimizam a proporção de água disponível até mesmo no período chuvoso trás preocupações em todas as atividades humanas, sendo que essa variação pode ocasionar estabilidade e instabilidade ambiental provocando alterações em determinadas regiões. A floresta Amazônica mantém a umidade elevada em baixos níveis, que é possivelmente reciclada pela atividade convectiva junta com outros fatores como a penetração de sistemas frontais, Alta da Bolívia, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) influenciam no regime de chuva da região. 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/pluviografos pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e dados estimados do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) algoritimo (3B43) que é um método de estimativa de precipitação que corresponde a series temporais de dados médios mensais de chuva, em milímetros por hora (mm hr-1), calculado a partir de dados de múltiplos satélites, em adição ao TRMM. Os pluviômetros estão localizados na cidade de Belém, capital do estado do Pará, localizada na região norte do Brasil latitude $01^{\circ}26'$ S e Longitude $48^{\circ}29'$ W e Breves município brasileiro do estado do Pará que se localiza ao sudoeste da Ilha de Marajó no estado, a latitude $01^{\circ}40'56''$ sul e a uma longitude $50^{\circ}28'49''$ oeste. Os resultados foram a partir de métodos estáticos, acumulados anuais, médias trimestrais e mensais desenvolvidas com as medidas de precipitação adquirida através dos dois métodos no período de 2000 a 2010, assim foram constadas pequenas diferenças entre os valores da precipitação pluviométrica e a precipitação estimada por satélite, em alguns fatores atribui-se essa diferença ao 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 (Meteorologia). TRMM. Pluviômetros. Estimativa.

ABSTRACT

The precipitation is crucial for the survival of living beings in general . A considerable amount of energy received from the high rate of evaporation minimize the proportion of water available even in the rainy season worries behind in all human activities , and this variation can cause stability and environmental changes causing instability in certain regions. The Amazon forest maintains high humidity at low levels , which is possibly recycled by convection joins with other factors such as the penetration of frontal systems , Bolivian High , the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and Upper Tropospheric Cyclonic Vortex (UTCV) influence rainfall regime in the region . In this paper a comparative study of precipitation from two different methods of quantitative assessments of precipitation, which is the data obtained from a rain gauge / pluviographs belonging to the National Institute of Meteorology (INMET) and estimated data from satellites TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission will be held) algorithm (3B43) which is a method of estimating rainfall corresponding to time series data of monthly average rainfall in millimeters per hour (mm hr- 1) calculated from data from multiple satellites , in addition to TRMM . Rain gauges are located in the city of Belém , capital of Pará state , located in northern Brazil latitude $01^{\circ} 26' S$ and longitude $48^{\circ} 29' W$ and Brief municipality in the state of Pará which is located southwest of the island Marajo in the state , latitude $01^{\circ} 40'56''$ South and longitude $50^{\circ} 28'49''$ west. The results from static methods , accumulated annual , quarterly and monthly averages developed with measurements of precipitation acquired by the two methods in the period 2000-2010 , as well constadas were small differences between the values of rainfall and rainfall estimated by satellite in some factors attributed to this difference to the fact that precipitation can occur in distinct natures , whether influenced by synoptic disturbances or even a simple rain with short duration in isolated areas .

Keywords : Precipitation (Meteorology). TRMM. Rain Gauges. Estimate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01- Pluviômetro da Estação Meteorológica do IAG – USP.....	04
Figura 02- Órbita do satélite TRMM	05
Figura 03- Mapa de localização geográfica das Cidades de Belém e Breves-PA.....	09
Figura 04- Precipitação estimada através do satélite TRMM para da região oriental do Estado do Pará.....	11
Figura 05- Média Sazonal da precipitação estimada por satélites e obtida através de pluviômetros no período de 2000 a 2010 na cidade de Belém-PA.....	11
Figura 06- Distribuição da precipitação anual (Acumulado) no período de 2000 a 2010, estimado por satélite e obtidos através do pluviômetro do INMET na cidade de Belém-PA.....	13
Figura 07- Distribuição média mensal da precipitação estimada por satélite e obtida através de pluviômetros no período de 2000 a 2010, comparada com a normal climatológica de 1961 a 1990 da cidade de Belém-PA.....	15
Figura 08- Média Sazonal da precipitação estimada por satélites e obtida através de pluviômetros no período de 2000 a 2010 na cidade de Breves-PA.....	16
Figura 09- Distribuição da precipitação acumulada anual para o período de 2000 a 2010, estimado por satélite e obtidos através do pluviômetro do INMET na cidade de Breves-PA.....	17
Figura 10- Distribuição média mensal da precipitação estimada por satélite e obtida através de pluviômetros no período de 2000 a 2010, comparada com a normal climatológica de 1961 a 1990 da cidade de Breves-PA.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Diferença percentual entre a precipitação média mensal estimada pelo TRMM e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Belém no período de 2000 A 2010.....	12
Tabela 02- Diferença percentual entre a precipitação acumulada anual estimada pelo TRMM e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Belém no período de 2000 A 2010.....	14
Tabela 03- Diferença percentual entre a precipitação média mensal estimada pelo TRMM e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Breves no período de 2000 A 2010.....	16
Tabela 04- Diferença percentual entre a precipitação acumulada anual estimada pelo TRMM e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Breves no período de 2000 A 2010.....	18

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

TSM - temperatura da superfície do mar

ZCIT Z - Zona de Convergência Intertropical

VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission

NASA - National Aeronautics and Space Administration

JAXA - Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial

TMI - Imageador de microondas

PR - Radar de precipitação

VIRS - Radiômetro no visível e no infravermelho

CERES - Sensor de energia radiante da superfície terrestre e das nuvens

LIS - Sensor para imageamento de relâmpagos

GPCC - Global Precipitation Climatological Center

CAMS - Climate Assessment and Monitoring System

NOAA - National Oceanic Atmospheric Administration

HDF - Hierarchical Data Format

DP- Desvio Padrão

SON - Setembro, Outubro e Novembro

CC – Coeficiente de Correlação

COV – Covariância

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Os principais sistemas que causam precipitação na região Norte do Brasil.....	02
1.2 Métodos de usados para medir precipitação.....	03
1.3 Objetivo.....	06
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	07
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	08
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	11
5. CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é fundamental para a sobrevivência dos seres vivos em geral. A quantidade considerável de energia recebida o alto índice de evaporação minimizam a proporção de água disponível até mesmo no período chuvoso, trás preocupações em todas as atividades humanas, sendo que essa variação pode ocasionar estabilidade e instabilidade ambiental provocando alterações em determinadas regiões.

A precipitação é uma variável meteorológica de grande importância que influencia diretamente a economia da região Amazônica, Considera-se também seu efeito direto no ao ciclo hidrológico e sua influência indireta em outras variáveis meteorológicas, como: Umidade relativa, Temperatura do ar e Temperatura do solo e a radiação solar formando um conjunto essencial para o desenvolvimento e crescimento de vegetais. Segundo Molion (1987), a produção agrícola na Região amazônica é controlada principalmente pela quantidade e distribuição de chuva. As características do regime de chuva também afetam as variações na temperatura e umidade do ar, nebulosidade e quantidade de radiação incidente à superfície.

Segundo Lisboa (1997), o período mais chuvoso da região a Amazônica ocorre entre os meses de janeiro e maio, alcançando uma média anual de 2500 mm; já o período menos chuvoso vai de setembro a novembro. A umidade relativa media anual é de cerca de 80% e a direção do vento é predominante de nordeste (NE) (MORAES et al., 1997). Eventos como o El Niño, que corresponde ao aquecimento anômalo das águas do setor centro-leste do Oceano Pacífico, e o La Niña, intensificação dos ventos alísios e declínio da temperatura da superfície do mar (TSM) no pacífico do equatorial leste, a passagem de uma ZCIT (Zona de Convergência Intertropical); geram alterações nos climas das regiões afetadas, são eventos que influenciam diretamente a variabilidade da precipitação (MARENGO, 1992; OLIVEIRA, 1999; ROCHA, 2001). Por tanto é necessários o conhecimento detalhado sobre a precipitação e sua atuação de extrema importância para a ciência e a sociedade. E outros fatores também, como a penetração de sistemas frontais e a Alta da Bolívia (Virgi, 1981) influenciam as chuvas na região. e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN).

Em Belém as precipitações se concentram no final da tarde e início de noite, acompanhadas de vento forte e de forma inclinada, segundo NECHET, 1993, a mais comum é a Precipitação Convectiva, que é aquela causada pelo aquecimento diferencial da superfície, onde a parte mais aquecida ocorre o movimento vertical ascendente e a menos aquecida

movimento vertical descendente, o que caracteriza a célula convectiva, possui as seguintes características: Intensidade forte a moderada, abrangendo pequenas áreas, curta duração, isoietas concêntricas, e às vezes acompanhadas de ventos fortes e trovões. Precipitações típicas de regiões tropicais e associadas com sistemas frontais.

1.1 Os principais sistemas que causam precipitação na região Norte do Brasil

-Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A zona de convergência intertropical - ZCIT é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos. Devido à sua estrutura física, a ZCIT tem se mostrado decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima em diversas áreas da Região Tropical. O conjunto de características associadas à ZCIT possui um deslocamento meridional ao longo do ano. A marcha anual da ZCIT tem, aproximadamente, o período de um ano, alcançando sua posição mais ao norte (12 N) durante o verão do Hemisfério Norte, e a sua posição mais ao Sul (5 S) durante o mês de abril (Hastenrath e Heller, 1977 e Citeau et alii, 1988a e 1988b).

-Alta da Bolívia

A Alta Bolívia é uma circulação que se localiza na alta troposfera, sobre a América do Sul no período do verão no Hemisfério Sul onde o escoamento em altos níveis (200 hPa) apresenta-se meridional, de Sul a Norte, sobre o Brasil a leste do meridiano de 50° W. No verão o intenso aquecimento do continente causa desenvolvimento da Alta da Bolívia sobre a América do Sul tropical, e um cavado no Oceano Atlântico próximo ao litoral nordeste do Brasil, nos altos níveis.

O anticiclone (Alta da Bolívia) é associado a uma baixa térmica na superfície a origem desse sistema parece está relacionada à liberação de calor latente associada à convecção organizada na região amazônica e no Brasil central ou a fonte de calor elevada na região da Bolívia.

-Linhas de Estabilidade (LI)

Sistema meteorológico de mesoescala causador de precipitação, que desenvolve-se na costanorte-nordeste da América do Sul e podem se propagar para o interior do continente,

com máxima atividade convectiva no final da tarde (21:00 UTC).

As LI penetram o continente adentro quando o escoamento médio em 850 hPa é perpendicular à costa; e não penetram quando o escoamento é paralelo à costa e tem a maior frequência e extensão no período de atuação da ZCIT, bem organizada.

- Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs)

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) caracterizam-se como um conjunto de nuvens cumulonimbus (Cb) frias e espessas que apresentam a forma circular e crescimento vertical explosivo num intervalo de tempo entre 6 a 12 horas e associam-se, frequentemente, com eventos de precipitação intensa, acompanhados de fortes rajadas de vento (Madox, 1980; Silva Dias, 1987). em geral, ocorrem durante os meses de primavera e de verão do Hemisfério Sul (HS), formando-se no período noturno com ciclo de vida entre 10 a 20 horas.

1.2 Métodos usados para medir precipitação

– Pluviômetro - Através dos Pluviômetros (pluviógrafos), que são aparelhos destinados a medir pontualmente a precipitação, são constituídos de receptáculo de precipitação e provetas graduadas, nas quais são lidas as alturas de precipitação. Os pluviógrafos, além de medir a precipitação também registram no tempo à intensidade de precipitação. Onde sua unidade de medida é milímetro, mm, que corresponde à altura da lamina d'água acumulada na superfície, o que é válido à relação um milímetro equivale ao volume de um litro por metro quadrado de superfície (TUCCI, 2001), onde a medida de precipitação consiste em medir a altura da lâmina d'água acumulada no solo, numa superfície plana horizontal, após uma precipitação.

Uma das principais vantagens da utilização dos pluviômetros para medirem precipitação é que eles conseguem medir diretamente a precipitação; possuem fácil manuseio, pois ele é constituído apenas de um receptáculo e uma proveta graduada em milímetro; e também possui baixo custo operacional, uma vez que está disponível no comércio especializado e qualquer pessoa pode construir facilmente um.

Entretanto, os pluviômetros também possuem desvantagens, como por exemplo, os pluviômetros fazem medidas pontuais, uma vez que a precipitação ocorre sobre uma área, eles também precisam ser operados manualmente e ocorrem erros inerentes ao

funcionamento como a velocidade do vento, a inclinação da chuva e distribuição não uniforme dos aparelhos.

Figura 01 – Pluviômetro da Estação Meteorológica do IAG-USP.



Fonte: Blog Meteorópole (2013).

– Satélite (TRMM)

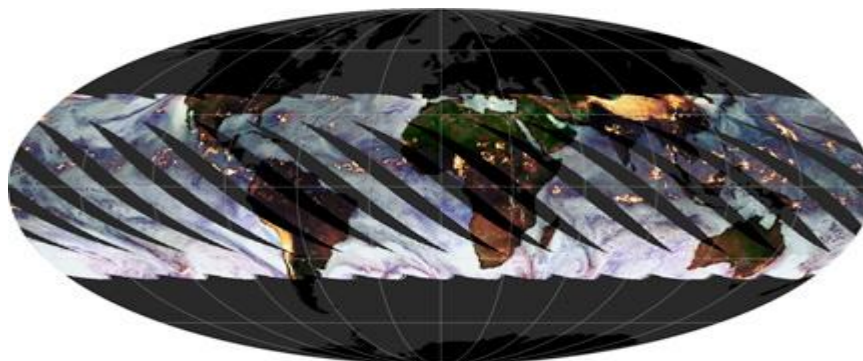
O satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) é um projeto em parceria entre a NASA (National Aeronautics and Space Administration) e a JAXA (Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial), e foi lançado em 27 de novembro de 1997 com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos, além de verificar como a mesma influencia o clima global (KUMMEROW et al., 2000). 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), contando com radares meteorológicos em diversas estações ao longo da faixa intertropical. A órbita baixa (inicialmente 350 km, e após 2001, aproximadamente 403 km) permite que o período de translação seja curto (91 min) permitindo resolução espacial e temporal relativamente alta. 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.

- Algoritmo 3B43

O produto 3B43, corresponde a series temporais de dados médios mensais de chuva, em milímetros por hora (mm hr-1), calculado a partir de dados de múltiplos satélites, em adição ao TRMM, A parceria entre a NASA (National Aeronautics and Space Administration) e JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) desenvolveram um programa com o objetivo de avaliar e melhorar a observação da precipitação e a condensação sobre os trópicos e sub trópicos ao longo do globo (Kumerow et al., 1998, Kumerow, 2000). Ao longo dos anos, os sensores e algoritmos do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) vêm sendo calibrados e aperfeiçoados. Atualmente, o algoritmo 3B43 (Viana, et. al., 2010; Fleming et. al., 2011) vem corroborar com a melhoria das estimativas de precipitação sobre a região tropical por meio da utilização de dados de acúmulo mensal de chuva do Global Precipitation Climatológico Center (GPCP). Tal monitoramento (algoritmo 3B43) vem sendo avaliado com dados reais de precipitação, através de informações da rede pluviométricas na América do Sul (Rozante et. al., 2010), Bacias Hidrográficas (Collischonn, et. al., 2007; Nóbrega, et. al., 2008), sobre áreas desmatadas (Oliveira e Angelis, 2010). Os dados do produto 3B43 são disponibilizados no formato Hierarchical Data Format (HDF) em uma grade de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ graus, recobrimdo o globo terrestre entre as latitudes 50°N a 50°S . O objetivo do produto 3B43 é produzir a melhor estimativa de precipitação. O Algoritmo 3B43 é executado uma vez por mês para produzir a taxa de precipitação com melhor estimativa única.

Figura 02- Orbita do satélite TRMM.



Fonte: Nasa; Projeto TRMM (2014).

1.3 Objetivo

A região Amazônica possui uma baixa quantidade de pluviômetros, assim sendo necessárias medidas alternativas para a quantificação da chuva através do sensoriamento remoto. O presente trabalho tem como objetivo a comparação da precipitação estimada pelo satélite (TRMM) e a medida por pluviômetros, abrangendo o período de dez anos (2000-2010).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Molion et al. (1987), Nos trópicos o parâmetro meteorológico mais importante é a precipitação, pois é o que apresenta maior variação em termos de mudanças sazonais. A precipitação pluviométrica anual varia intensamente de um local para o outro. Estudos observacionais mostram que a Amazônia Brasileira apresenta uma grande variabilidade de precipitação no tempo e espaço que está associada à influência de diferentes sistemas atmosféricos nas de meso-escala, sinótica e macro que interagem entre si (VITORINO, 2002).

A precipitação abundante ocorre na estação úmida de dezembro a maio e a menos chuvosa de junho a novembro (FIGUEROA ;NOBRE, 1990). Segundo Molion (1987), o clima de uma região é determinado por fatores, denominados controles climáticos, que atuam tanto na escala global como na regional. Os mais importantes são a circulação geral da atmosfera (CGA), a topografia local, a natureza da cobertura vegetal, o ciclo hidrológico e a influência de correntes oceânicas se a região for costeira.

Segundo (Barrera, 2005) Em função de ser o satélite mais bem equipado em termos de instrumentos para estimativa de precipitação, o satélite TRMM fornece estimativas mais precisas do que as técnicas indiretas, baseadas em imagens de outros satélites. Vários pesquisadores estão realizando estudos com os dados do TRMM como, Collischonn et al.(2006) que mostraram que a estimativa de precipitação do satélite TRMM é bastante precisa quando comparada com dados de solo na bacia do alto São Francisco.

Em aplicação semelhante para a bacia do Tapajós, Collischonn (2006) mostrou que além de dar bons resultados, a estimativa de satélite pode ajudar a identificar pluviômetros com problemas na leitura ou mal localizados, constituindo-se em ferramenta para consistência de dados. 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).

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).

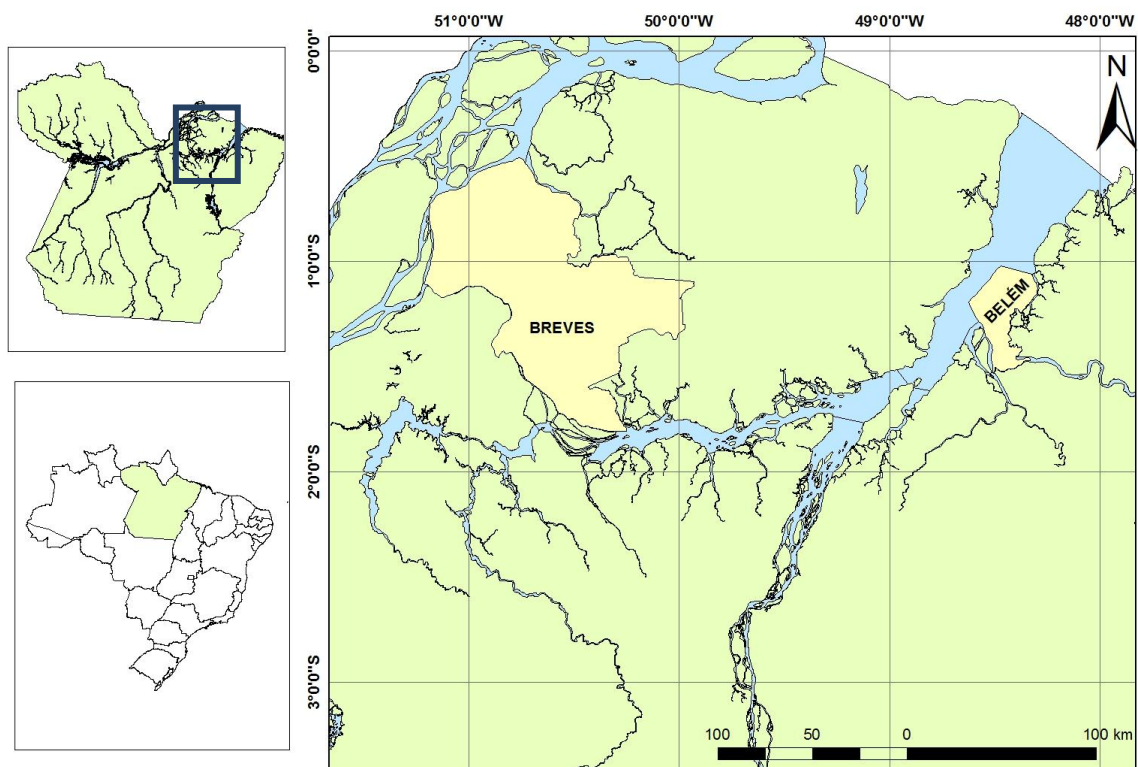
3 MATERIAS E MÉTODOS

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/pluviógrafos e dados estimados através de satélites.

A cidade de Belém, capital do estado do Pará, localizada na região norte do Brasil latitude $01^{\circ}26' S$ e Longitude $48^{\circ}29' W$ com uma área de 1.070Km^2 possui um clima bem distinto caracterizado por ser quente e úmido dividido em dois períodos bem definidos, o período seco que vai de junho a novembro e um período chuvoso que vai de maio a dezembro, porém com registro de chuvas na região durante todo o ano. A cidade é caracterizada por altas temperaturas, influenciada pela ilha de calor da região metropolitana, por fenômenos meteorológicos que agem principalmente durante o verão do Hemisfério Sul e pela alta umidade do ar proveniente da floresta amazônica.

Breves é um município brasileiro do estado do Pará. Localiza-se ao sudoeste da Ilha de Marajó no estado, a latitude $01^{\circ}40'56''$ sul e a uma longitude $50^{\circ}28'49''$ oeste, estando a uma altitude de 40 metros. Sua população em 2008 era de 99.223 habitantes, sendo portanto a maior e principal cidade da Ilha de Marajó. Fazendo parte do equatorial úmido, o clima do Município apresenta todas as características inerentes a esse clima: amplitude térmica mínima, temperatura média em torno de $27^{\circ} C$, mínima superior a $18^{\circ} C$ e máxima de $36^{\circ} C$, umidade elevada e alta pluviosidade nos seis primeiros meses do ano. Nesses meses mais chuvosos, ocorrem as menores temperaturas, enquanto nos últimos seis meses ocorrem as temperaturas mais elevadas.

Figura 03- Mapa de localização geográfica das Cidades de Belém e Breves-PA.



Fonte: Ferreira (2014)

Para os resultados foram utilizados dados de precipitação das estações convencionais da cidade de Belém e Breves que abrange o período de Janeiro a Dezembro (2000 a 2010). Utilizaram-se dados estimados de precipitação mensal do satélite TRMM e dados mensais do pluviômetro (INMET).

Os dados de pluviômetros foram adquiridos da seguinte forma, foram selecionadas as datas em questão do dia 01 de Janeiro ao dia 31 de Dezembro de 2000 a 2010 das cidades de Belém e Breves disponibilizados através do site Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados do satélite TRMM foram adquiridos de seguinte forma: Utilizando-se latitude e longitude das cidades em questão, foram baixados dados mensais de precipitação referentes ao algoritmo 3B43, através do site fornecido pela National Aeronautics and Space Administration –NASA (2014).

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

$$DIF.PERC = \frac{(PRP_{trmm} - PRP_{inmet}) \times 100}{PRP_{inmet}}$$

Onde:

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

PRP_{TRMM} : Precipitação estimada pelo Satélite TRMM.

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 do satélite TRMM e dados medidos no pluviômetro da estação meteorológica do INMET, através da fórmula 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.

Y: é a precipitação da fonte de dados baseadas em estimativa de satélite.

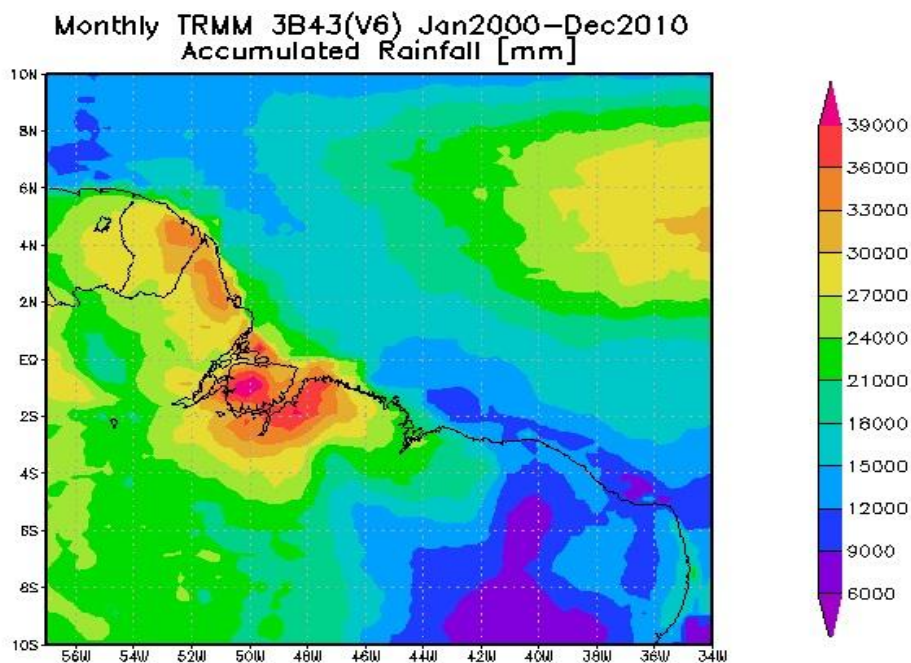
DP: é o desvio padrão de X e de Y.

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.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

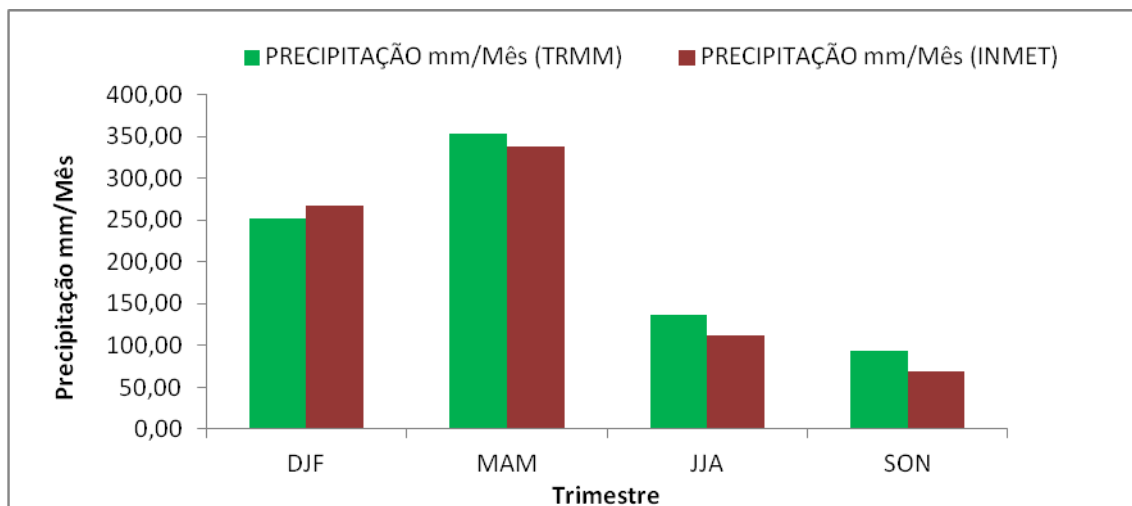
-BELÉM

Figura 04- Precipitação estimada através do satélite TRMM para da região do Estado do Pará. .



Fonte: (NASA, 2014).

Figura 05- Média Sazonal da precipitação estimada por satélites e obtida através de pluviômetros no período de 2000 a 2010 na cidade de Belém-PA.



Fonte: (INMET; TRMM/NASA, 2014).

Na figura 05 nota-se nitidamente a climatologia sazonal da região, o período mais chuvoso nos trimestres de Dezembro, Janeiro, Fevereiro (DJF), Março, Abril, Maio (MAM) e o período menos chuvoso nos trimestres de Junho, Julho, Agosto (JJA) e Setembro, Outubro, Novembro (SON). Os dados do satélite acompanharam os dados do pluviômetro mostrando que o TRMM para esse período chuvoso está sendo um bom recurso estimador de precipitação, ou seja, a alternância entre estações úmidas e secas, característica da região, é bastante bem representada. Para Nóbrega, et. al. (2008) o TRMM é hábil em analisar a variabilidade sazonal, representando de forma satisfatória os períodos secos e chuvosos.

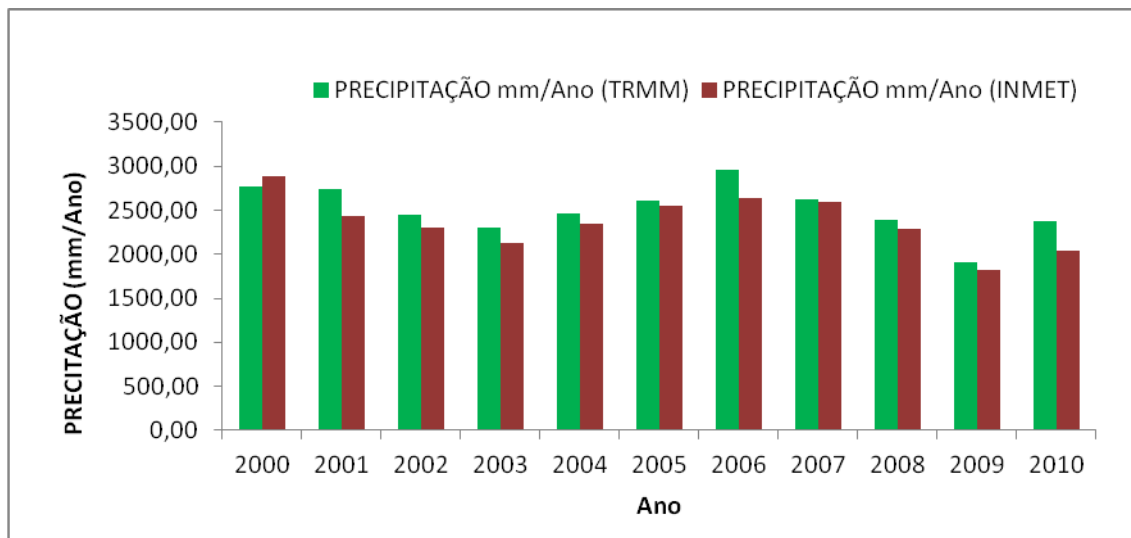
Tabela 01 - Diferença percentual entre a precipitação média mensal estimada pelo TRMM e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Belém no período de 2000 A 2010.

TRIMESTRE	DIFERENÇA PERCENTUAL %
DJF	-5,93
MAM	4,45
JJA	20,93
SON	34,99

Fonte: Do autor

Para o período chuvoso a diferença de percentual mostrou resultados aproximados nos valores de 5,93% e -4,45% em DJF e MAM. De outra forma para o período menos chuvoso a diferença percentual entre a precipitação pluviométrica e a estimada por satélite tem-se maior que no período menos chuvoso, sendo -20,93% e -34,99% em JJA e SON.

Figura 06- Distribuição da precipitação anual (Acumulado) no período de 2000 a 2010, estimado por satélite e obtidos através do pluviômetro do INMET na cidade de Belém-PA.



Fonte: (INMET; TRMM/NASA, 2014).

Somente no ano de 2000 a precipitação em superfície (INMET) foi maior que a precipitação do satélite, porém mantendo seus valores próximos, no decorrer do período estudado a precipitação do TRMM se manteve maior que a precipitação pluviométrica, sendo que no ano de 2001 houve a ocorrência do fenômeno La Niña considerado moderado. 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 meteorológicos de larga escala como o LA NIÑA e a ZCIT, que podem influenciar diretamente na configuração espaço temporal da precipitação.

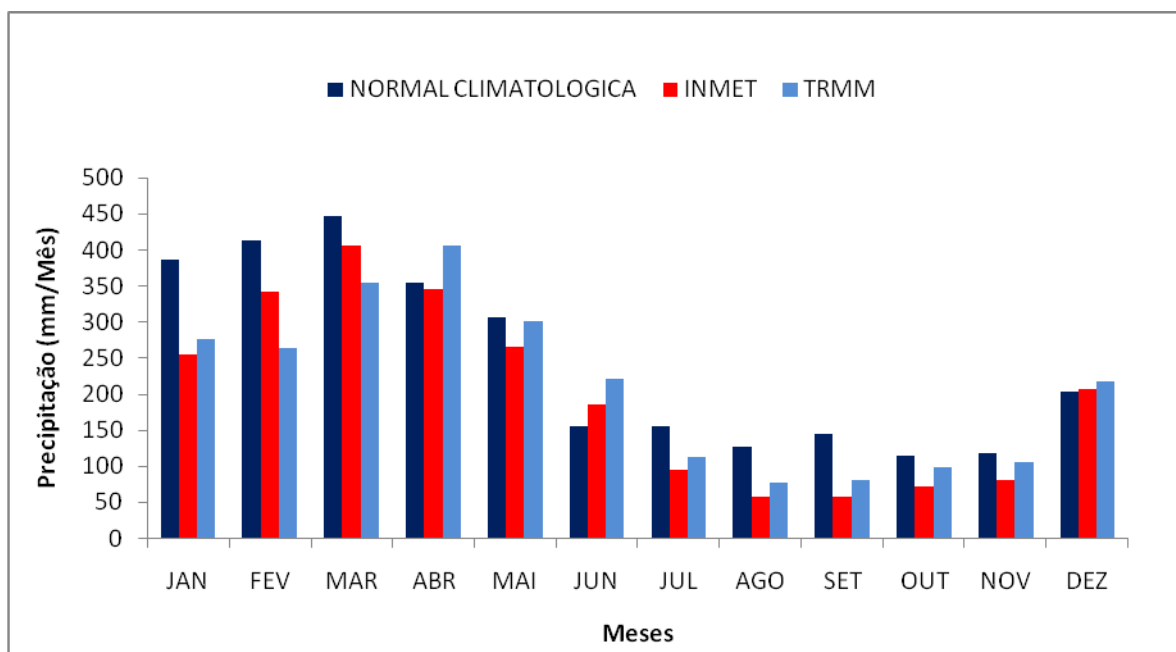
Tabela 02- Diferença percentual entre a precipitação acumulada anual estimada pelo TRMM e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Belém no período de 2000 A 2010.

ANO	DIFERENÇA PERCENTUAL %
2000	-3,99
2001	12,70
2002	6,49
2003	8,08
2004	4,86
2005	2,34
2006	12,05
2007	1,12
2008	4,44
2009	5,11
2010	16,01

Fonte: Da autora.

Assim como nas médias trimestrais, também foram feitas diferenças percentuais para o período de estudo 2000-2010 o ano de 2007 foi o que obteve a menor diferença percentual no valor de -1,12% e o ano de 2010 obteve o maior diferença percentual no valor de -16,01% essa superestimação pode ser dado, segundo (MOHR; ZIPSER, 1996) a 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 pelo satélite TRMM, devido a presença dos diferentes hidrometeoros que são peculiares a cada tipo de sistema precipitante.

Figura 07- Distribuição média mensal da precipitação estimada por satélite e obtida através de pluviômetros no período de 2000 a 2010, comparada com a normal climatológica de 1961 a 1990 da cidade de Belém-PA.



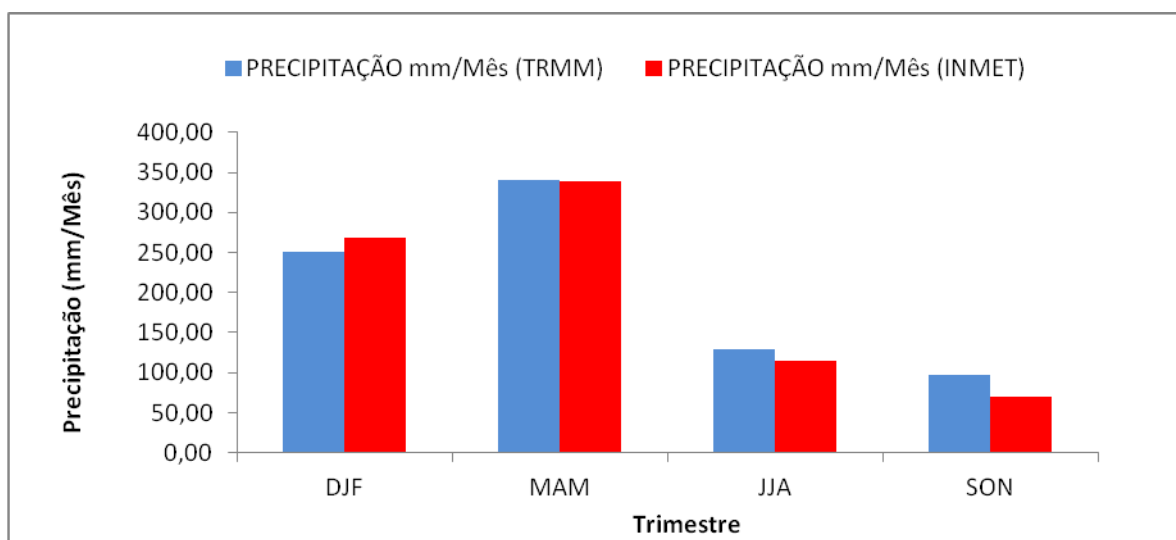
Fonte: (INMET; TRMM/NASA, 2014).

A figura 07 mostra a precipitação média mensal para a Belém. A precipitação estimada através do TRMM e as medidas pluviométricas (INMET) para os 10 anos estão coerentes a normal climatológica, com o mês mais chuvoso em março. Os meses menos chuvosos é Julho, Agosto, Setembro, Outubro e novembro de acordo com o as medidas do INMET e do TRMM em semelhança a normal climatológica. A precipitação pluviométrica se manteve menor que a normal climatológica durante todo o período, mostrando que de 2000 a 2010 foram anos de estiagem para a cidade de Belém.

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).

-BREVES

Figura 08- Média Sazonal da precipitação estimada por satélites e obtida através de pluviômetros no período de 2000 a 2010 na cidade de Breves-PA.



Fonte: (INMET; TRMM/NASA, 2014).

Na figura 08 nota-se nitidamente a climatologia sazonal da região, o período mais chuvoso nos trimestres de Dezembro, Janeiro, Fevereiro (DJF), Março, Abril, Maio (MAM) e o período menos chuvoso nos trimestres de Junho, Julho, Agosto (JJA) e Setembro, Outubro, Novembro (SON). Os dados do satélite acompanharam os dados do pluviômetro mostrando que o TRMM para esse período chuvoso está sendo um bom recurso estimador de precipitação, ou seja, a alternância entre estações úmidas e secas, característica da região, é bastante bem representada.

Tabela 03- Diferença percentual entre a precipitação média mensal estimada pelo TRMM e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Breves no período de 2000 A 2010.

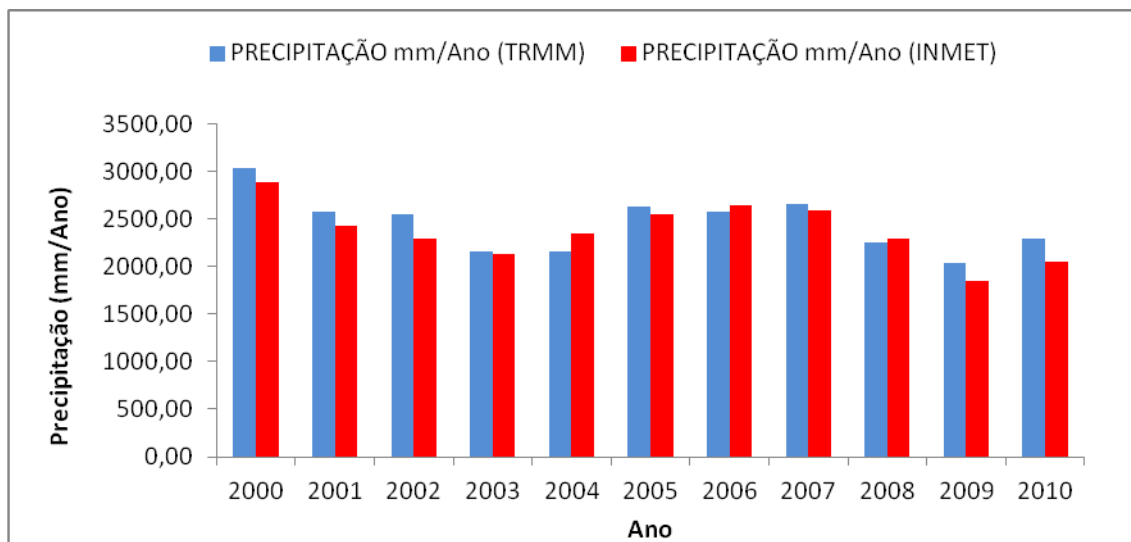
TRIMESTRE	DIFERENÇA DE PERCENTUAL %
DJF	-6,83
MAM	0,65
JJA	11,67
SON	38,66

Fonte: Da autora.

Para o período chuvoso a diferença de percentual mostrou resultados aproximados nos valores de -6,83% e 0,65% em DJF e MAM, sendo que 0,65% foi a menor diferença percentual dentre todo o período estudado para a cidade de Breves e Belém. De outra forma

para o período menos chuvoso a diferença percentual entre a precipitação pluviométrica e a estimada por satélite tem-se maior que no período menos chuvoso, sendo 11,67% e 38,66% em JJA e SON.

Figura 09- Distribuição da precipitação acumulada anual para o período de 2000 a 2010, estimado por satélite e obtidos através do pluviômetro do INMET na cidade de Breves-PA.



Fonte: (INMET; TRMM/NASA, 2014).

Para os anos de 2004, 2006, 2008 a precipitação em superfície (INMET) foi maior que a precipitação do satélite, porém mantendo seus valores próximos, no decorrer do período estudado a precipitação do TRMM se manteve maior que a precipitação pluviométrica, não tendo nenhuma superestimativa considerável, porém o fato de o satélite ter se mantido maior está relacionado a distribuição de tamanhos dos hidrometeoros dentro das nuvens causadoras da precipitação que pode interferir na resposta pelos canais de microondas e infravermelho, utilizados pelo satélite TRMM.

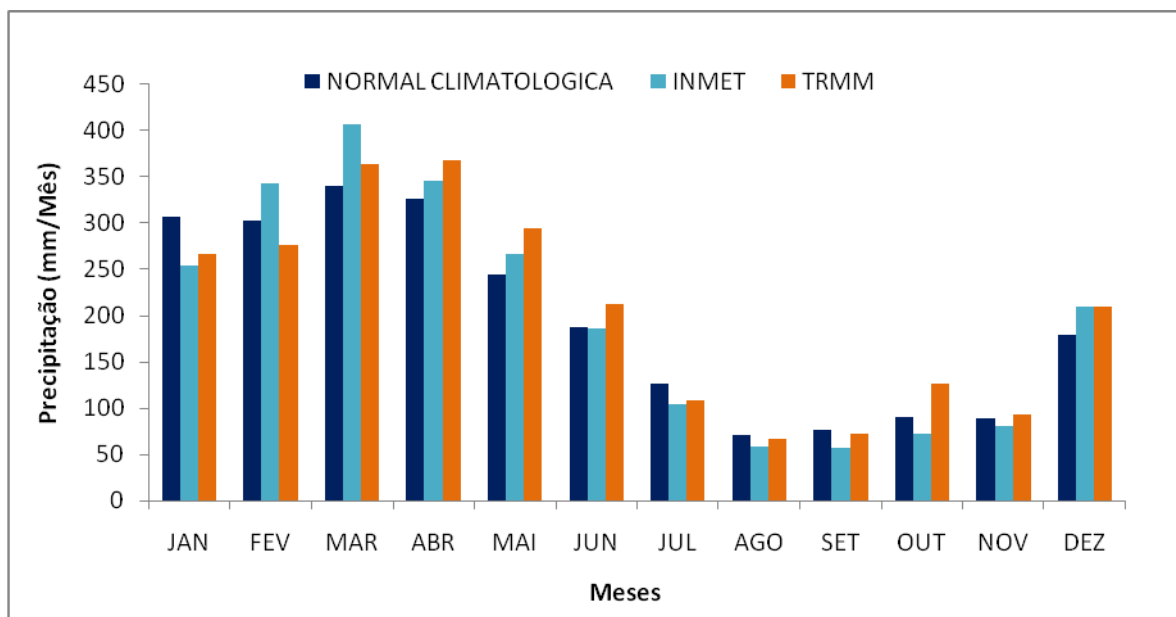
Tabela 04- Diferença percentual entre a precipitação acumulada anual estimada pelo TRMM e medida na estação meteorológica do INMET para a cidade de Breves no período de 2000 A 2010.

ANO	DIFERENÇA DE PERCENTUAL %
2000	4,81
2001	5,89
2002	10,84
2003	1,48
-2004	-7,95
2005	3,23
2006	-2,47
2007	2,87
2008	-1,97
2009	10,09
2010	12,14

Fonte: Da autora.

Assim como nas médias trimestrais, também foram feitas diferenças percentuais para o período de estudo 2000-2010 o ano de 2003 foi o que obteve a menor diferença percentual no valor de 1,48% e o ano de 2010 obteve a maior diferença percentual no valor de 12,14% essa superestimação pode ser dado, a presença dos diferentes hidrometeoros que são peculiares a cada tipo de sistema precipitante.

Figura 10- Distribuição média mensal da precipitação estimada por satélite e obtida através de pluviômetros no período de 2000 a 2010, comparada com a normal climatológica de 1961 a 1990 da cidade de Breves-PA.



Fonte: (INMET; TRMM/NASA, 2014).

A figura 11 mostra a precipitação média mensal para a Breves. A precipitação estimada através do TRMM e as medidas pluviométricas (INMET) para os 10 anos estão coerentes a normal climatológica, com o mês mais chuvoso em março. O mês de Agosto sendo menos chuvoso de acordo com o as medidas do INMET e do TRMM em semelhança a normal climatológica. 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).

5 CONCLUSÃO

A comparação a partir dos acumulados anuais, médias trimestrais e a relação com a normal climatológica observou-se que estimativa do satélite através do algoritmo 3B43 mostrou um resultado satisfatório tendo como valor real a precipitação medida em superfície (INMET), em que a serie comparativa anual do algoritmo 3B43 estima de forma aproximada a precipitação sobre as regiões de Belém e Breves. A alternância entre as estações chuvosas e menos chuvosas, característica da região é bem representada pelo algoritmo 3B43.

Também se observou o comportamento das médias mensais da precipitação relacionadas á normal climatológica, o qual mostrou que as avaliações quantitativas de chuvas no período de 2000 a 2010 em que Belém e Breves seguem o mesmo padrão climatológico regional.

Um resultado importante para este estudo foi à constatação de que as maiores diferenças percentuais estão em geral durante o período menos chuvoso e no período chuvoso os valores estimado pelo algoritmo 3B43 são mais próximos ao medido em superfície e em relação ao Coeficiente de Correlação encontrado, próximo de 1, mostra que ambas possuem uma boa correlação entre si.

A precipitação estimada pelo algoritmo 3B43 também pode ser considerado um bom resultado no que diz respeito à comparação entre ambas às técnicas de avaliações quantitativas da precipitação pela distribuição seqüencial das chuvas no período de Janeiro de 2000 a Dezembro de 2010.

REFERÊNCIAS

- BARRERA, D. F. Precipitation estimation with the hydro-estimator technique: its validation against rain gage observations. In: CONGRESSO DA IAHS, 7., 2005, Foz do Iguaçu: 2005. p.17-20.
- COLLISCHONN, B. ; LARENTIS, D. ; COLLISCHONN, W. ; ALCOZ, S. ; CAMANO, E. ; MEIRELLES, F. O projeto TwinLatin e a abordagem para a bacia do Quará: balanço do primeiro ano de atividades. In: WORKSHOP SOBRE GESTÃO ESTRATÉGICA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2006, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: 2006. p.10-15.
- CITEAU, J; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. Position de la Zone de Convergence a 28 N et température de surface de l'océan. **Veille Climatique Satellitaire**, sv, n.21, p.3-7. 1988a.
- COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. Desempenho do satellite TRMM na estimativa de precipitação. Desempenho do satellite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n.01, p. 93-99. 2007.
- FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v.5, n.6, p. 36 – 45. 1990.
- FISCH, G. **Atlas climatológico do CLA**. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial (CTAIIAE), 54 p., 1997. (Relatório Técnico ACA 0 1\97.).
- FLEMING, K.; AWANGE, J.L.; KUHN, M.; FEATHERSTONE, W.E. Evaluating the TRMM 3B43 monthly precipitation product using gridded raingauge data over Australia. **Australian Meteorological and Oceanographic Journal**, v. 61, p.171-184. 2011.
- HASTENRATH, S; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, v.103, n.435, p.77-92. 1977.
- KUMMEROW, C.; BARNES W.; KOZU, T.; SHIUE, J.; SIMPSON, J. Tropical rainfall measuring mission (TRMM) sensor package. **Journal of Atmospheric and oceanic Technology**, v. 15, p. 809-817, 1998.
- KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BAENES, W. The status of the rainfall measuring mission (TRMM) after two years in orbit. **Journal of Applied Meteorology**. v. 39, p. 1965-1982. 2000.
- LISBOA, P. L. B. Estação Científica Ferreira Penna/ECFPN In: LISBOA, P. L. B. (Org.) **Caxiuanã**. Belém: MPEG, 1997. 446 p.; Cap. III – Estação ECFPN, p. 23-49.
- MOLION, L.C.B. On The dynamic climatology of the Amazon basin and associated rain producing mechanisms. In: _____. **The Geophysiology of Amazonia vegetation and clima te Interactions**. New York: John Wiley and Sons, 1987. p.20 - 28.

MORAES, J. C.; COSTA, J. P. R.; ROCHA, E. J. P.; SILVA, I. M. O. Estudos hidrometeorológicos na bacia do rio caxiuanã. In: LISBOA, P. L. B. (org.). **Caxiuanã**. Belém: MPEG, 1997. 446 p.; Cap. – Estação ECFPn, p.72-81.

MARENGO, J. Interannual variability of surface climate in the Amazon Basin. **International Journal of Climatology**, n. 12, p. 853-863. 1992.

MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, n. 61, p. 1374-1387. 1980.

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

MOHR, K. I.; EDWARD, J. Z. Defining mesoscale convective systems by their 85-GHz Ice scattering signatures. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 77, n. 6, p. 1179-1189. 1996.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Disponível em: <<http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2014.

NECHET, D. Análise da precipitação em Belém-PA, de 1896 a 1991, **Bol. Geo. Teor.**, v. 23, n.45-46, p. 150-156. 1993.

NÓBREGA, R.S.; SOUZA, E.P.; GALVÍNCIO, J.D. Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma sub-bacia da Amazônia Ocidental. **Revista de Geografia**, v. 25, n.1, p. 6-20. 2008.

NÓBREGA, R.S. **Modelagem de impactos do desmatamento nos recursos hídricos da bacia do rio Jamari (RO) utilizando dados de superfície e do TRMM**. 2008. 238 f. Tese (Doutorado) - UFCG, Campina Grande, PB, 2008.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e você: o fenômeno climático**. São José dos Campos, SP: Trastec, 1999.

OLIVEIRA R. J.; ANGELIS, C. F. Análise do comportamento de precipitação estimada por satélite sobre áreas de intenso desmatamento na Amazônia Legal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais...** São José dos Campos: SBMET; INPE, 2010. 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/781_45961.pdf>. Acesso em 05 de nov. 2012.

PETTY, G. W. The Status of Satellite-Based Rainfall Estimation over Land. **Remote Sensing of Environment**, n. 51, p. 125-137. 1995.

ROCHA, E. J. P. Balanço de umidade e influência de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia. 1997. 00f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos, Fevereiro de 2001. CNPQ/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 1997. p. 85-95

ROZANTE, J.R.; MOREIRA, D.S.; GONÇALVES, L.G.G.; VILA, D. Combining TRMM and surface observation of precipitation: technique and validation over South America.

Weather and Forecasting, n.5, p. 885-894, 2010.

REIMAGE, K.; JOBARD, I.; LEBEL, T.; DESBOIS, M. Satellite estimation of 1-day to 10-day cumulated precipitation: comparison and validation over tropical Africa of TRMM, METEOSAT and GPCP products. The 2003 EUMETSAT Meteorological Satellite In: CONFERENCE, 2003, Weimar, Alemanha. **Ata**. Weimar, Alemanha, 2003. p.33-45.

TUCCI, C. E. **Apreciação do plano nacional de recursos hídricos e visão prospectiva dos programas e ações**. Documento de apoio às ações de planejamento da Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2001. 53 p.

VIRGI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. **Mon. Weather Rev.**, n.109, p. 549-610. 1981.

VIANA, D.R.; FERREIRA, N.J.; CONFORTE, J.C. Avaliação das estimativas de precipitação 3B42 e 3B43 do satélite TRMM na Região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2010, 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/787_15704.pdf>, Acesso em 07 de nov. 2012.

VITORINO, M.I. **Análise das oscilações intrasazonais sobre a América do Sul e oceanos adjacentes utilizando a análise de ondas**. 2002. 00f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, 2002.