Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

CARACTERIZAÇÃO DAS CHUVAS ATRAVÉS DO SATÉLITE TRMM EM PETROLÂNDIA-PE

ANJOS, Rafael Silva dos – anjos.rsa@gmail.com
Universidade Federal de Pernambuco

CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra – analucia@ufpe.br
Universidade Federal de Pernambuco

NÓBREGA Ra, yére Silva – ranyere.nobrega@yahoo.com.br
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO: A precipitação é considerada como um dos elementos hidrológicos que mais variam no espaço e no tempo. Portanto, é de suma importância estudos que visam a compreensão dos fatores climáticos que determinam as variações das chuvas para que seus resultados favoreçam melhor aproveitamento da água, assim como a prevenção de eventos extremos. Diante disso, o monitoramento das chuvas através de dados de precipitação torna-se extremamente importante, no entanto, os dados oriundos de estações pluviométricas são susceptíveis a erros humanos e pouca representatividade espacial dependendo da região. Diante dessa problemática, o sensoriamento remoto torna-se uma ferramenta para minimizar esses erros, aumentando a disponibilidade de dados de chuvas. O satélite TRMM vem sendo usado para levantamento de dados de chuvas para toda a região dos trópicos, com objetivo de estudar a precipitação e sua variação por todo o globo. O objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade das estimativas do satélite TRMM no município de Petrolândia em Pernambuco, analisando as variações das chuvas convectivas e estratiformes, relacionando-as com fenômenos climáticos e eventos extremos.

PALAVRAS CHAVE: convectiva, estratiforme, precipitação, satélite

CHARACTERISTICS OF RAINFALL THROUGH THE TRMM SATELLITE IN PETROLÂNDIA-PE

ABSTRACT: Precipitation is considered as a hydrological element that has more variability in the space and time. Thus, it is very important studies that to search understanding about how the climatic factors determine the variations in rainfall, for then, their results to encourage a better use of water, as well as the prevention of extreme events. Therefore, monitoring of rainfall by rainfall data becomes extremely important, however, the data from rain gauge stations are susceptible to human error and poor spatial representation depending on the region. Faced with this problem, remote sensing becomes a tool to minimize these errors by increasing the availability of rainfall data. The TRMM satellite has been used to measure rainfall data for the whole region of the tropics, in order to study the rainfall and its variation across the globe. The objective of this study was to analyze the quality of the TRMM satellite estimates in Petrolândia municipality in Pernambuco, analyzing the variations of convective and stratiform rain, relating them to weather events and extreme events.

KEY WORDS: convective, stratiform, rain, satellite

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é um dos elementos essenciais em estudos climáticos, e também em grande parte de estudos ambientais A sua importância não se deve somente por ser um recurso crucial em muitas atividades socioeconômicas tais

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

como a agricultura (DINKU et al., 2007), mas também ao monitoramento diário visando a prevenção de desastres naturais que por ela podem ser causadas. Além disso, pode-se citar que este elemento climático também serve como instrumento para estudos baseados em relações entre eventos meteorológicos extremos e a ação antrópica no espaço geográfico. Girão & Corrêa (2004) definem a precipitação como relevante agente modificador do meio ambiente e alterador do equilíbrio e dinâmica dos processos naturais.

Os processos formadores da chuva em grande escala estão ligados ao balanço de radiação e ao ciclo energético da atmosfera ao longo do globo. Partindo desse pressuposto, a validação da chuva é um dos mais importantes elementos no uso de modelos climáticos. No entanto, existem diversas dificuldades para se conseguir um "valor real" da chuva devido a sua acentuada variabilidade espacial e temporal (PARK et. al., 2007).

Com as alterações provocadas pelo ser humano no meio ambiente, eventos meteorológicos que resultaria em secas, enchentes, deslizamentos de terra, ocasionam perdas humanas e econômicas. Este fato sensibilizou a sociedade à tomar medidas urgentes e eficazes mediante discussões a respeito das variações climáticas, além de tentar esclarecer quais as principais e verdadeiras consequências das ações humanas no meio ambiente, através de pesquisas relacionando ações antrópicas com eventos extremos. Nesse âmbito, o monitoramento pluviométrico é uma medida indispensável nos estudos de mudanças climáticas causadas pelo homem, pois ao mesmo tempo em que se podiam analisar os registros históricos de precipitação poderiam, baseando-se nessas análises, tomar ações preventivas que diminuíssem catástrofes causadas pelas chuvas. No entanto, para elaborar tais estudos é preciso o uso de dados de precipitação oriundos de estações pluviométricas em que muitas vezes são suscetíveis a erros humanos. Além disso, diante do pouco investimento econômico e difícil acesso em determinadas regiões, a representatividade das chuvas torna-se uma tarefa bastante desafiadora.

Para Anagnostou et al. (2001) o processo de coleta dos dados de precipitação é de suma importância para a manipulação, processamento e interpretação dos dados para futuras pesquisas no âmbito das ciências climáticas e atmosféricas, já que dados confiáveis sobre a distribuição espacial e temporal da chuva são essenciais para aplicações hidrológicas e climáticas, que vão desde a enchente em tempo real à previsão climática através de simulações atmosféricas.

Segundo Collinschonn (2006) a precipitação pode ser considerada como a variável do ciclo hidrológico que apresenta a maior variabilidade espacial, no entanto, sua representação espacial é dependente dos postos pluviométricos o que torna tal representação bastante limitada. Ainda que a Organização Meteorológica Mundial (OMM) sugira que os dados de uma estação meteorológica sinótica representem um raio de 150 km de distância dos postos, alguns fatores climáticos não são levados em conta nessa representação já que o relevo, tipo de cobertura de solo, altitude, distância do mar podem variar em distância bem menor que 150 km.

Diante de tal problemática, o uso do sensoriamento remoto torna-se uma técnica que contribui para facilitar o planejamento no âmbito de gestão hídrica - incluindo prevenção e mitigação dos eventos extremos - além de solucionar os

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

problemas referentes a má densidade dos postos e de dados de precipitação suscetíveis a erros humanos. O satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) atualmente vem sendo bastante usado para monitorar as chuvas dos trópicos, avaliar as estimativas das chuvas convectivas e estratiformes para identificar a dinâmica da chuva numa resolução que permite avaliar o espaço de maneira uniforme sem descontinuidade e ausência de dados, e com disponibilidade de dados a cada 3 horas. Seus dados interpolados podem gerar mapas de estimativas de chuva que auxiliam na interpretação e na análise dos sistemas que originaram determinados eventos, incluindo algumas análises de mapas 3D que fornecem informações da estrutura vertical das nuvens.

Essa técnica de obter dados climáticos através de satélites vem sendo utilizado com mais frequência nas últimas três décadas, com o desenvolvimento e aprimoramento de satélites ambientais, aumentando a quantidade de informações disponíveis, incluindo estimativas de precipitação. Com melhores resultados nas estimativas, os produtos têm migrado da pesquisa para o produto operacional, difundido por atores de hidrometeorologia (COLLISCHON, 2006; NÓBREGA, 2008).

Sob a visão da Cartografia, destaquemos a importância de se espacializar as chuvas para que possamos identificar onde estariam e quais os impactos e os benefícios para cada localidade presente na área de estudo. Desse modo, a interpretação de mapas de precipitação geradas por dados de satélite, contribuem para que os pesquisadores possam ter informação de regiões que são de difícil acesso ou que não possuem recursos financeiros que permitam colocar estações meteorológicas. [texto removido].

Sabe-se que a Microrregião de Itaparica, por estar inserida no Semiárido Brasileiro, tem médias de precipitação abaixo dos 800 mm por ano. Com chuvas bastantes concentradas nos meses de verão e outono, os meses fora do período das chuvas são caracterizados por possuírem um déficit hídrico bastante acentuado, fazendo com que a população residente na região se adeque as condições climáticas locais. No entanto, com os atuais diagnósticos de mudanças climáticas e atuação de fenômenos climáticos como o El Niño e La Niña os padrões de distribuição da precipitação são alterados, agravando ainda mais os efeitos das secas ou até mesmo de inundações para essas populações.

Portanto, o objetivo da pesquisa busca avaliar as estimativas do satélite TRMM na Microrregião de Itaparica em Pernambuco, incluindo as estimativas totais e os tipos de chuvas e sua relação com fenômenos climáticos como o El Niño e La Niña.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Breve histórico do satélite TRMM

O satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) foi criado por meio de uma parceria entre a NASA e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA), sendo lançado em 27 de Novembro de 1997 com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos. A órbita polar baixa do

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

satélite (inicialmente 350 km, desde 2001 403 km), juntamente com o período curto de translação (91 minutos) permite uma alta resolução temporal e espacial do imageamento.

Os dados de satélites compreendem um núcleo de informações que permite estimar a precipitação em escala global, sendo possível criar estimativas a partir de apenas um sensor, ainda que a utilização de mais sensores possa aumentar a acurácia cobertura e resolução dos dados.

Ao todo são cinco sensores a bordo do satélite: o *Visible Infrared Radiometer* (VIRS), TRMM *Microwave Imager* (TMI), *Precipitation Radar* (PR), *Lightning Imaging Sensor* (LIS) e o *Clouds and the Earth's Radiant Energy System* (CERES) (Figura 1).

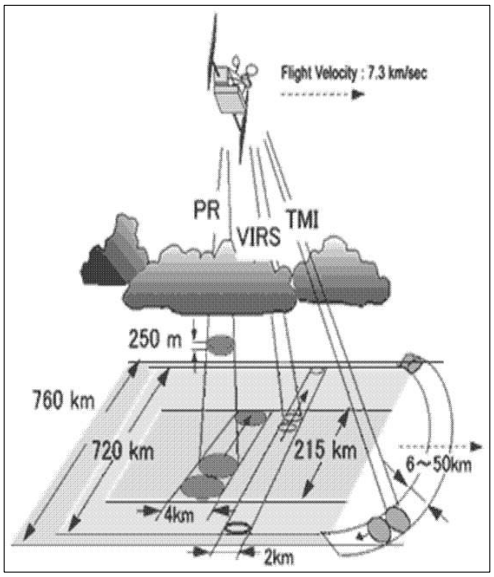

Figura 1. Instrumentos do satélite TRMM e o raio de alcance de cada sensor.
Fonte: http://trmm.chpc.utah.edu/, 2014.

O VIRS é um radiômetro de varredura de faixa transversal passivo, com cinco canais centrados nos comprimentos de ondas (0,63), (1,6), (3,75), (10,8) e 12 μm, fornecendo observações de alta resolução da cobertura das nuvens, a temperatura do topo da nuvem e o seu tipo (MORALES & ALBRECHT, 2014).

O TMI é um radiômetro de micro-ondas passivo que fornece informações sobre o conteúdo integrado da coluna de precipitação, água líquida da nuvem, intensidade da chuva e os tipos de precipitação (convectiva e estratiforme).

O PR foi o primeiro radar projetado especificamente para monitoramento de chuvas cuja operação seria a partir do espaço. Apesar do pequeno histórico de dados e sofrer das mesmas incertezas em estimar a chuva como fazem radares baseados em terra, o sensor emitiu uma incrível riqueza de informações detalhadas da estrutura das chuvas (KUMMEROW, 2000**).** O sensor fornece a intensidade da chuva com resolução horizontal de 4,3 km no nadir e resolução vertical de 250m da superfície da Terra até 20 km de altitude. Além disso, os

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

dados contêm informações dos tipos de chuva baseados nos padrões verticais. Com isso, ele permite medir a precipitação em formato tridimensional, a espessura da camada e a precipitação que chega a superfície. Sua resolução espacial permite que ele capte sistemas convectivos superiores a 16 km^2, e devido ao fato da resolução temporal ser baixa sugere-se que ele realize amostragens de sistemas convectivos de longa duração (YOSHIDA, 2009).

O LIS é um sensor óptico passivo que detecta e localiza eventos de raios na faixa do oxigênio (0,777) μm.

Os dados do instrumento CERES podem ser usados para estudar a energia trocada entre o Sol, a atmosfera e a superfície terrestre. No entanto, o sensor só funcionou de janeiro de 1998 à março de 2000, portanto, o registro de dados disponíveis é bastante curto (NASA, 2015).

Para estimar a precipitação, o satélite TRMM combina os dados de microondas passivo (HQ – *High Quality Microwave Estimates*) com dados de infravermelho (VAR – *Variable Rain Rate IR Estimates*) (BIAZETO, 2007).

É válido ressaltar que estudos vêm sendo realizados para obter medidas de precipitação para uma dada região, comparando dados de superfície e dados de radar meteorológico, e até integração entre dados de superfície e de satélite (NÓBREGA et al., 2008).

Vários resultados relacionados a validação do uso do TRMM na estimativa da precipitação foram encontrados, como pode-se citar a análise feita por Collischonn (2006) que encontrou erros relativos de 9% para a precipitação acumulada anual comparada por dados de superfície, sendo esse resultado aproximado com o de Nóbrega (2008) em que comparou os dados do TRMM com os de "*Climate Prediction Center*" (CPC), assim como os das estações meteorológicas da Sub-Bacia da Amazônia Ocidental.

Em um estudo comparativo com dados de postos pluviométricos e estimativas do TRMM, Anjos e Nóbrega (2012) observaram que o erro entre os dados estimados e observados diminuem do litoral para o sertão em Pernambuco. Baseando-se nesses resultados é importante o entendimento da diferença dos erros para um melhor aproveitamento dos dados do satélite na gestão de riscos de desastres naturais e monitoramento ambiental.

2.2 2.2 Algoritmo 3A25 e 3B43

Uma série de produtos é produzida a partir da combinação dos sensores TMI e PR. A existência de vários produtos a partir dessa combinação é devido ao fato de que cada uma tem suas vantagens e desvantagens.

O algoritmo 3A25 é um dos produtos resultante dessa combinação. Ele por sua vez, disponibiliza vários tipos de dados cada qual representado por uma variável. O conjunto de dados desse produto oferece médias mensais de taxas de chuvas na superfície, perfil vertical das chuvas, fração de precipitação convectiva e estratiforme e outros parâmetros relacionados.

O PR emite um pulso de energia e ao retornar ela é proporcional ao diâmetro à sexta potência da gota iluminada pelo sensor. É a partir disso que a

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

chuva será definida como estratiforme ou convectiva. Se o PR detectar uma banda brilhante próximo do nível de congelamento na atmosfera, o perfil é classificado como estratiforme. Se qualquer valor no feixe de refletividade do radar exceder o valor pré-determinado de 39 dBZ, o perfil é classificado como convectivo (FU et al., 2003).

A proposta do algoritmo 3B43 é produzir taxas de precipitação (mm/hr), erro das estimativas do satélite com outras fontes de dados e estimativas mensais de chuva. Para chegar ao resultado, são combinadas estimativas independentes do TMI, do Radiômetro de Escaneamento de Microondas Avançado, Sensor de Imageamento do Microondas, Sonda de Microondas da Umidade, do acumulado mensal de precipitação do Centro de Estações Pluviométricas Global, dentre outros. Todos os dados de entrada do microondas são intercalibrados para o *TRMM Combined Instrument* (TCI) (Produto para estimativas do 3B31); as estimativas do Infravermelho são computadas tomando por base o histograma correspondente a média mensal e então, as faltas de dados de 3 em 3 horas do microondas são complementadas pelas estimativas do infravermelho.

Depois do pré-processamento, os dados com resolução temporal de 3 horas são somados para um mês e combinados com dados de estações de maneira que as estimativas fiquem melhores. Os resultados finais do algoritmo 3B43 são estimativas mensais, com resolução espacial de 0,25°x0,25°, abrangendo até as latitudes 50° Norte e 50° Sul (NASA, 2015).

2.3 2.3 Classificação dos tipos de chuva (estratiformes e convectivas)

Distintos padrões de refletividade obtidos pelos radares de precipitação têm sido associados a dois principais tipos de precipitação: convectiva e estratiforme. A precipitação convectiva é caracterizada pela sua elevada altura, desenvolvimento vertical acentuado, forte gradiente de refletividade horizontal e considerável variações no tempo e no espaço (LEARY & HOUZE, 1978). As precipitações definidas como "*continuous*" ou estratiformes possuem uma velocidade vertical mais baixa em relação as chuvas convectivas, sendo caracterizadas por abrangerem extensas áreas e uma distribuição dos índices de refletividade mais uniforme.

Do ponto de vista da velocidade vertical dos ventos existem equações que diferenciam esses dois tipos de chuva através desse parâmetro. Para onde para a formação da chuva estratiforme é necessário tal condição:

$$[W] << [V_t]$$

Em que w é a velocidade vertical dos ventos e V_t é a velocidade terminal das partículas de neves ($\sim$1-3 ms^{-1}). Nesta condição, partículas de gelos nas regiões mais altas devem precipitar, pois não podem se sustentar ou carregadas para cima pelos movimentos verticais, enquanto crescem (ALBRECHT & DIAS, 2014).

Em sistemas de nuvens tropicais, a precipitação estratiforme geralmente está associada a sistemas de convecção intensos e profundos e não como um fenômeno separado (Figura 2).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

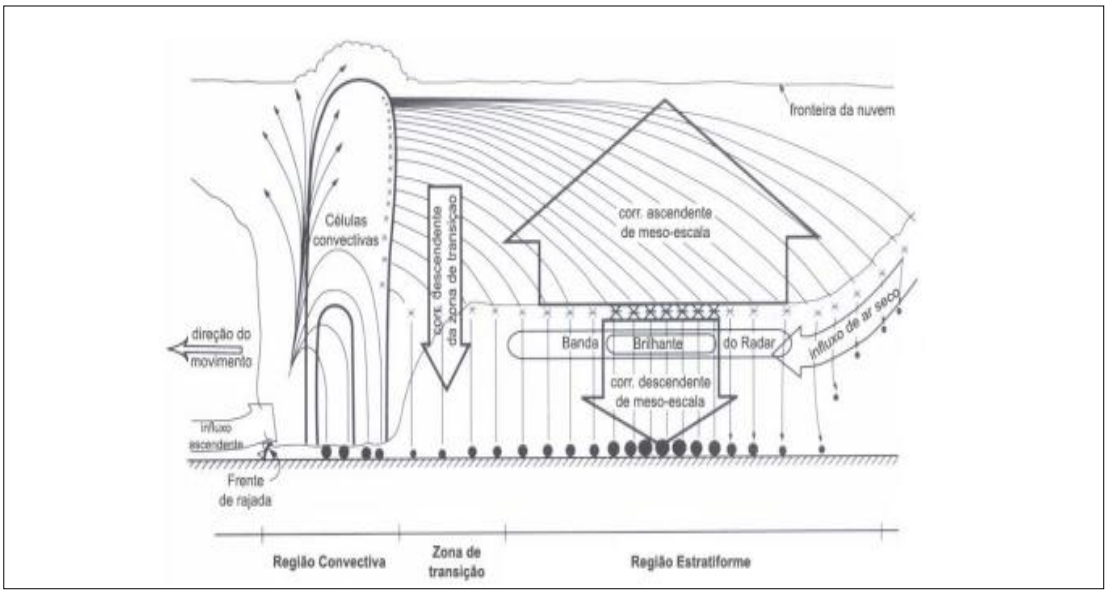

Figura 2. Modelo conceitual da trajetória da precipitação convectiva e estratiforme e seus movimentos verticais médios. Asteriscos representam hidrometeoros e os círculos cheios a intensidade de precipitação.
Fonte: Albrecht & Dias, 2014.

A precipitação de origem convectiva está associada ao tipo de nuvem cumulonimbus e juntamente com ela as tempestades com presença de relâmpagos, granizos, rajadas de ventos e até mesmo tornados (COTTON, 2010 *apud* SEGALIN, 2012, p. 31).

Na região Equatorial e Tropical predominam chuvas de origem convectiva, no entanto, ao longo do tempo as chuvas estratiformes se desenvolvem trazendo precipitações menos intensas e abrangendo áreas mais extensas. Embora a convecção esteja associada a chuvas, do ponto de vista espacial, mais pontuais, observa-se que na Amazônia há uma grande concentração dessas chuvas cuja área de abrangência e durabilidade da sua atuação é considerável (CERQUEIRA, 2006).

As chuvas convectivas por serem bastante intensas, causam impactos significativos na sociedade ocasionando alagamentos, deslizamento de terra gerando transtornos quando se faz presente. Num desses eventos de chuvas convectivas, destaca-se o que ocorreu nos dias 7 e 8 de junho de 2006, causado por um conglomerado de cumulus em um sistema convectivo de mesoescala, causando uma morte por choque elétrico e perdas comerciais de até 70% no município de Olinda, em Pernambuco (JORNAL DO COMÉRCIO, 2006 *apud* ARAGÃO; ARAÚJO; LACERDA, 2014).

Na precipitação estratiforme, os movimentos do ar são geralmente no sentido horizontal sendo essa dinâmica bem característica em alguns eventos atmosféricos, como as brisas marítimas. Elas são frequentemente associadas a uma quantidade de precipitação menor e consequentemente com intensidades bem menores que as precipitações de origem convectivas. É válido ressaltar que

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

os tipos de chuvas não acontecem isoladamente, mas em alguns casos simultaneamente.

Para a área estudada, os Complexos Convectivos de Mesoescala e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis são os sistemas atmosféricos predominantes para a formação da chuva, ainda que a Zona de Convergência Intertropical influencie a precipitação quando a mesma atinge latitudes mais altas. São essas duas principais atuações que irão influenciar o período de maior precipitação, que abrange os meses de verão e outono. Outra característica a ser analisada pela pesquisa, seria a influência desses sistemas em maiores intensidades de chuvas convectivas, trazendo concentrações bem maiores que quando comparadas a regiões onde esse tipo de precipitação é menos intenso.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O município de Petrolândia está localizado na Mesorregião do São Francisco Pernambucano, microrregião de Itaparica, limitando-se ao norte com Floresta-PE, ao sul Jatobá-PE, a leste Tacaratu e a Oeste com o estado da Bahia. Possui o quarto maior PIB per capita do estado (CONDEPE/FIDEM, 2015) e dentre as atividades econômicas da cidade destacam-se a agricultura na produção de fruticultura irrigada, o comércio, a indústria, a pecuária, a piscicultura e o turismo (PREFEITURA DE PETROLÂNDIA, 2015).

Para serem gerados os gráficos das variações das estimativas de chuvas, assim como o comportamento pluviométrico dos tipos de chuva foi necessário coletar os dados do ponto mais próximo do município, localizando-se ao norte como mostra a Figura 3.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

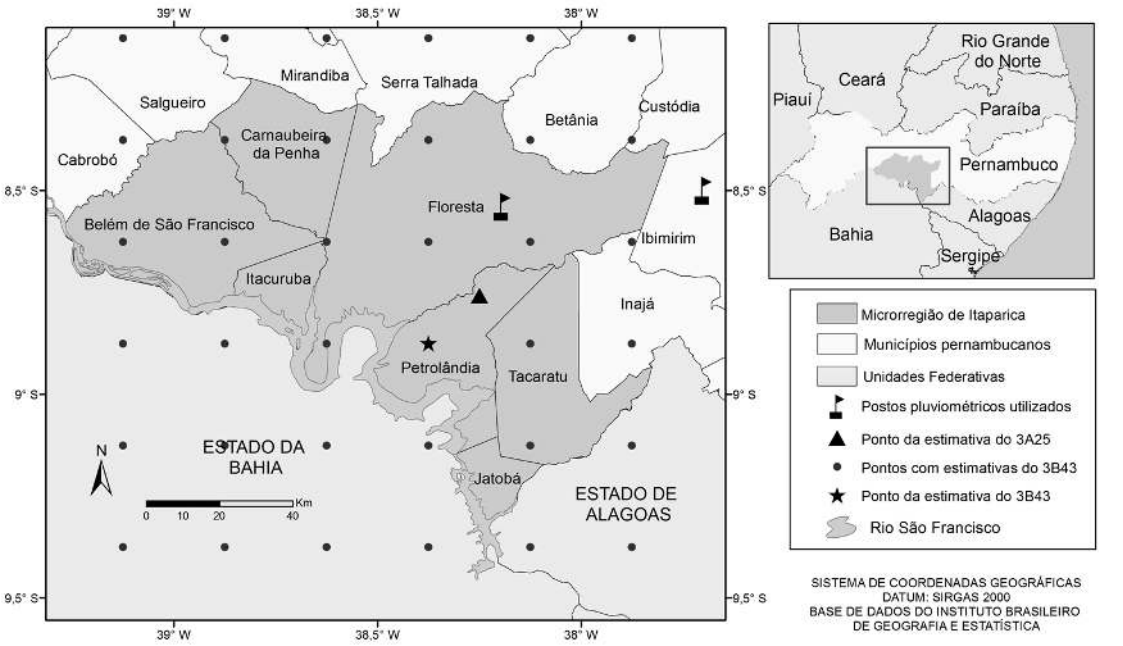

Figura 3. Localização do município de Petrolândia e o ponto das estimativas do satélite. Elaborado por: Rafael Anjos (2015).

3.2 Média pluviométrica

Por ser um município localizado no semiárido nordestino, as médias de precipitação geralmente estão abaixo dos 800 mm. Segundo os dados disponibilizados pela Universidade Federal de Campina Grande (2015) na estação pluviométrica localizada na Fazenda Olho D'água, em Petrolândia, com altitude de 390 metros observa-se que que as chuvas se concentram no verão-outono, com precipitação máxima no mês de março com 119,8 mm, enquanto que os meses mais secos concentram-se entre julho e setembro. A amplitude térmica anual é em torno de 5°C atingindo máximas em novembro e fevereiro com 28°C e mínimas em julho com 22,9°C.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

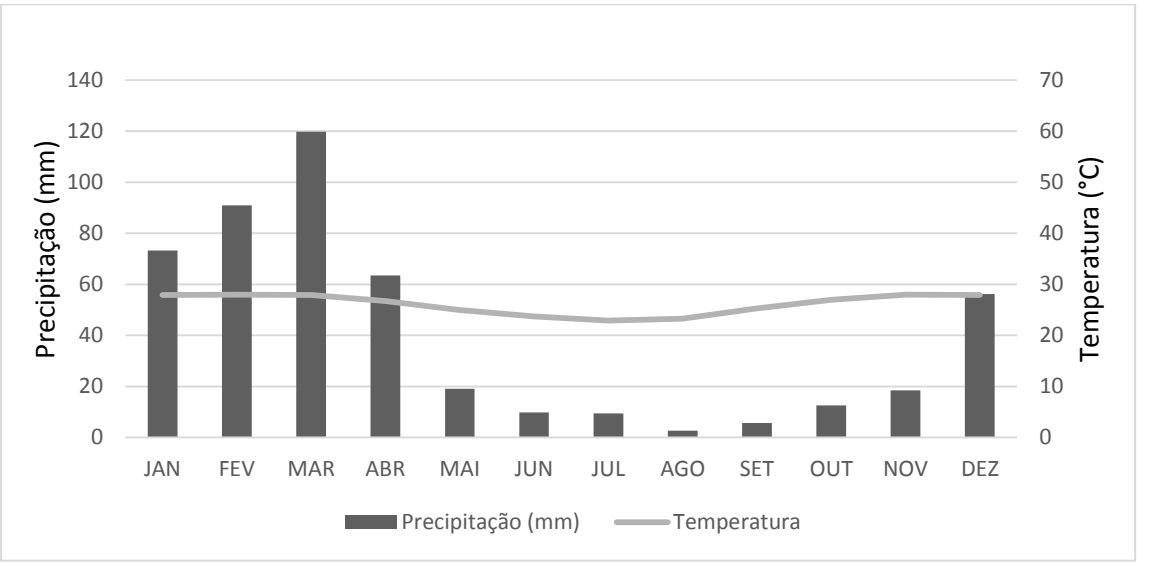

Figura 4. Média mensal da precipitação em Petrolândia em (mm), em 28 anos de medição. Fonte: UFCG (2015). Adaptado por Rafael Anjos (2015).

3.3 Dados utilizados do satélite TRMM

Os dados utilizados foram dos algoritmos 3B43_V7; que disponibiliza estimativas de precipitação mensal e o 3A25_V6 que faz estimativa da intensidade e quantidade precipitada classificando as chuvas de acordo com seu tipo (convectiva ou estratiforme), ambos para o período de janeiro de 1998 à dezembro de 2010. Como o satélite possui uma resolução de 0,5°x0,5°, os pontos das estimativas às vezes podem se distanciar da sede do município ou até mesmo não existir estimativas para aquela região. As coordenadas utilizadas foram 8,75 Sul e 38,75 Oeste, do 3A25; e 8,875 Sul e 38,375 Oeste do 3B43. O Sistema Geodésico de Referência adotado pelo satélite é o *World Geodetic System* (WGS 84).

3.4 Dados dos postos pluviométricos

Para a comparação de dados observados com as estimativas do satélite, foi necessário o acesso ao banco de dados da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) que disponibiliza dados de precipitação para todo estado de Pernambuco. O período para o download dos dados mensais foi o mesmo do TRMM - janeiro de 1998 a dezembro de 2010. Devido a existência de lacunas na série de dados para o município de Petrolândia, foi necessário utilizar dados de municípios próximos, no caso Ibimirim e Floresta, que não tivessem falhas.

O método estatístico para comparação das estimativas, baseou-se na Raiz do Erro Médio Quadrático (REQM), sendo representada pela seguinte equação:

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

$$\text{REQM}= \sqrt{\frac{1}{N} * \sum(E - O)^2}$$

Por exemplo, se os dados são mensais, pode-se analisar os erros médios inerentes aos dias dos respectivos meses. Assim o (N), é o número de dias do respectivo mês (número das amostras embutidas); (E) seria o dado estimado e o (O) seria o observado. Ao final do cálculo, temos um índice que não terá valores negativos e corresponderá em mm/dia. No presente artigo, além do exemplo citado, foi utilizado os mesmos procedimentos para avaliação em mm/mês, uma vez que as estimativas e dados observados eram anuais.

4. RESULTADOS

4.1 Comparação das estimativas do TRMM com os dados da estação pluviométrica de Ibimirim e Floresta e análise das estimativas de intensidade

Ao ser analisada as estimativas com os dados mensais de precipitação dos postos pluviométrico em Floresta e Ibimirim, observa-se que os dados do satélite tendem a acompanhar a variabilidade da chuva durante todo o período estudado. As estimativas ora superestimaram, ora subestimaram os dados das estações pluviométricas. A partir da análise das estimativas mensais da precipitação do algoritmo 3B43 (Figura 5) é possível verificar que os meses chuvosos se concentram entre os meses de janeiro e abril, sendo a média anual da estimativa de 687 mm.

A maior quantidade precipitada durante todo o período foi no mês de janeiro de 2004 - 485 mm (TRMM); 320 mm (Floresta); 341,4 (Ibimirim) - tornando esse ano como um dos mais chuvosos dos anos estudados. Ainda que existam outros fatores para o aumento do aporte de água e do volume útil, Alves et al (2004) identificaram que houve uma relação das chuvas em janeiro de 2004 com o aumento do nível da represa de Itaparica.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

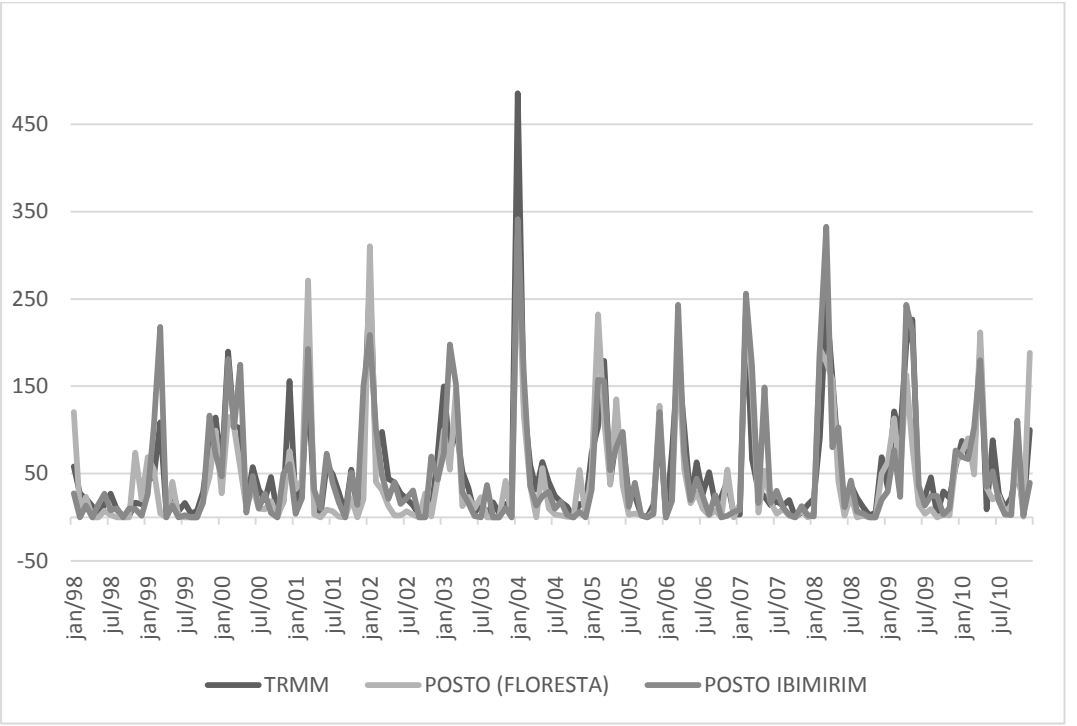

Figura 5. Estimativas mensais de precipitação de 1998 a 2010 em Petrolândia em (mm) do satélite TRMM e dos postos pluviométricos de Ibimirim e Floresta. Fonte: TRMM (2015)

A segunda maior quantidade precipitada foi também no mês de janeiro de 2002 com aproximadamente 272 mm da estimativa e 310 mm do posto. Embora a presença do El Niño no ano de 1998 tenha refletido em menores quantidades estimadas para o ano, os anos com maiores quantidades precipitadas (2002 e 2004) também são considerados anos de El Niño moderado e forte, respectivamente – é importante salientar que para alguns pesquisadores o ano de 2004 foi caracterizado por ter um Pseudo-El Niño (El Niño Modoki) conhecido por um leve aquecimento do Pacífico Central (ASHOK et al., 2007). Isso infere que os anos com esse fenômeno climático não determina que o ano possa ser mais seco. A influência da La Niña é mais evidente quando analisados os anos de sua ocorrência nos anos de 2008 e 2009, de maneira que as estimativas são um pouco maiores que os outros meses analisados.

Ao serem analisadas as médias anuais das estimativas do satélite com os dados observados (Tabela 1), percebe-se que em alguns anos as estimativas se aproximaram mais dos dados de Ibimirim e em outros com os dados de Floresta, no entanto, as diferenças foram menores entre as estimativas e o posto localizado em Ibimirim. É importante destacar que disparidades das estimativas foram consideráveis em relação aos dados observados no ano de 2004, ultrapassando 200 mm de diferença. O ano que obteve maior correlação foi em 2005 com diferença menor que 8 mm entre os dados e as estimativas. Os anos que o satélite superestimou os dados de uma cidade, não obrigatoriamente aconteceu com os dados do outro município, além disso em relação ao posto de Floresta, nove anos foram superestimados, enquanto na

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

cidade de Ibimirim foram seis anos. Isso significa que a variabilidade das chuvas na região pode resultar nessas diferenciações no padrão das estimativas.

Tabela 1. Estimativas anuais do satélite TRMM, dados observados em Ibimirm e Floresta, e as diferenças das estimativas com os postos pluviométricos de 1998 a 2010 em (mm).

Ano	TRMM (mm)	POSTO Floresta (mm)	POSTO Ibimirim (mm)	Diferença Floresta x TRMM (mm)	REQM mm/ mês Floresta	Diferença Ibimirim x TRMM (mm)	REQM mm/ mês Ibimirim
1998	205,2	255,5	122,0	-50,3	14,5	83,2	24,0
1999	497,7	335,1	569,8	162,6	46,9	-72,1	20,8
2000	798,9	477,6	711,3	321,3	92,7	87,6	25,3
2001	534,0	406,6	605,0	127,4	36,8	-71,0	20,5
2002	668,7	480,4	599,6	188,3	54,3	69,1	19,9
2003	490,4	411,0	516,5	79,4	22,9	-26,1	7,5
2004	893,0	600,2	644,7	292,8	84,5	248,3	71,7
2005	746,9	749,4	754,5	-2,5	0,7	-7,6	2,2
2006	601,5	385,1	461,0	216,4	62,5	140,5	40,6
2007	443,0	502,8	678,4	-59,8	17,3	-235,4	68,0
2008	751,4	652,3	794,5	99,1	28,6	-43,1	12,4
2009	874,5	561,4	774,0	313,1	90,4	100,5	29,0
2010	750,1	780,0	682,1	-29,9	8,6	68,0	19,6

Ao ser analisada a REQM em (mm/mês) dos seus respectivos anos, percebe-se que não existe um padrão dos erros temporalmente. Ambas as REQM dos postos no ano de 2005 foram as menores do período estudado, corroborando com as análises das diferenças. No entanto, os maiores erros foram em anos diferentes dos dados observados: em Floresta com 92,7 mm/mês em 2000, e a estação localizada em Ibimirim, no ano de 2004 com 71,7 mm/mês.

É importante destacar que as estimativas estão susceptíveis a erros, uma vez que se trata de modelos matemáticos que calculam a chuva a partir das informações levantadas pelos sensores, no entanto, erros humanos na hora da coleta nas estações são uma das causas pela informação errada.

Portanto, é difícil identificar quais as fontes dos erros que são responsáveis pela disparidade entre as estimativas e os dados observados. Anjos e Nóbrega (2013) identificaram que as estimativas do satélite TRMM tendem a ficar mais próximas das observadas quando se distanciam mais do litoral pernambucano, levantando várias hipóteses do motivo dessa ocorrência. Em um estudo posterior Anjos et. al (2013) verificaram que as chuvas estratiformes no estado de Pernambuco, diminuem sua intensidade quanto mais distante estão do oceano, levando a crer que os tipos de precipitação podem influenciar na acurácia das estimativas, já que o tamanho da gotícula da nuvem estratiforme é menor que a convectiva e mais difícil do satélite quantificar como precipitação, tornando os lugares com proporções maiores de chuvas convectivas (geralmente no interior de Pernambuco) com as melhores

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

estimativas do estado. É válido ressaltar que as versões dos dados do satélite podem ter estimativas diferentes, sendo que tal fato foi observado por Nóbrega et. al (2013) em que a versão 7 dos dados se aproximava mais dos dados observados que a versão 6 no município de Cabrobó-PE.

Se forem analisadas as médias mensais de 1998 a 2010 (Tabela 2), observa-se que as diferenças das estimativas são variáveis ao longo dos meses de acordo com os postos pluviométricos. Os meses com maiores diferenças no posto de Floresta são os que não fazem parte do período chuvoso (entre junho e agosto), enquanto no posto localizado em Ibimirim as maiores diferenças estão nos meses chuvosos (janeiro a março). No que se refere às diferenças da estimativa e os dois postos, a menor foi entre o satélite e Ibimirim com 0,5 mm de disparidade em agosto, enquanto a maior foi também no mesmo posto com -30,1 em fevereiro.

É válido destacar que embora a diferença entre a soma total das estimativas e dos dados observados seja maior entre o TRMM e Floresta, as maiores e as menores diferenças entre as estimativas mensais e os dados observados estão no posto de Ibimirim. No entanto, as estimativas do satélite foram, de certo modo, satisfatórias em relação as médias mensais para os dois postos e em relação a média total, apenas o município de Ibimirim conseguiu se aproximar de maneira considerável com as estimativas para Petrolândia.

Tabela 2. Médias de 1998 a 2010 das estimativas mensais do satélite TRMM, dos dados observados em Ibimirim e Floresta e as diferenças das estimativas com os postos pluviométricos em (mm) e a raíz do erro médio quadrático (REMQ) em mm/dia.

	POSTO FLORESTA	POSTO IBIMIRIM	PRECIPITAÇÃO TRMM	TRMM x IBIMIRM	REQM mm/ dia Ibimirm	TRMM x FLORESTA	REQM mm/ dia Floresta
jan	91,43	72,3	99,7	27,4	4,9	8,25	1,5
fev	101,33	128,3	98,2	-30,1	5,7	-3,14	0,6
mar	103,42	138,1	114,4	-23,7	4,3	10,96	2,0
abr	55,05	83,3	76,4	-7,0	1,3	21,30	3,9
mai	37,92	55,7	47,9	-7,8	1,4	10,00	1,8
jun	14,75	37,6	38,1	0,5	0,1	23,37	4,3
jul	9,35	19,3	26,4	7,2	1,3	17,10	3,1
ago	3,37	19,0	20,1	1,1	0,2	16,74	3,0
set	3,53	8,6	12,7	4,1	0,7	9,21	1,7
out	10,78	38,3	16,3	-22,0	4,0	5,52	1,0
nov	23,58	25,5	20,1	-5,4	1,0	-3,44	0,6
dez	53,00	53,9	64,6	10,8	2,0	11,64	2,1
TOTAL	507,49	679,94	635,01	-44,93	2,4	127,52	6,7

A REQM corrobora as análises das diferenças das estimativas com os dados observados. Em junho, o REQM teve o menor índice de todos os meses estudados entre Ibimirim e o dado estimado, enquanto o maior foi no período chuvoso, no mês de fevereiro. Não existiu um padrão na distribuição temporal

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

dos erros das médias mensais, por isso, as diferenciações do posto de Floresta com a chuva estimada tiveram a maior diferença em junho – o contrário do outro posto – e a menor diferença foi no mês de fevereiro – o contrário do outro posto também.

Baseando-se na Figura 6, é observado que as taxas de intensidade da chuva são variáveis ao longo dos anos. Apesar da sua variação, as maiores taxas encontram-se, geralmente, nos primeiros meses do ano, coincidindo com a estação chuvosa, embora algumas taxas sejam consideráveis nos meses de Inverno. É válido ressaltar que é possível identificar a relação das taxas com os anos secos, onde o ano de 1998 apresenta taxas de precipitação com baixo total em relação aos outros anos, mostrando que foi um dos anos que não teve chuvas de forte intensidade.

A maior taxa de todo o período foi em fevereiro de 2003 (aproximadamente 8,3 mm/hr) coincidindo com a estação chuva, no entanto, a segunda maior taxa foi em maio de 2001, no outono austral. As chuvas mais intensas não estão relacionadas diretamente com grande quantidade acumulada de chuva em um mês, visto que os anos de 2003 e 2001 segundo as estimativas não possuíram grandes quantidades precipitadas. Outro fator a ser analisado é que a partir do ano de 2009 as chuvas ao longo dos meses eram mais intensas que nos meses anteriores, embora não tenha refletido em maiores estimativas de precipitação.

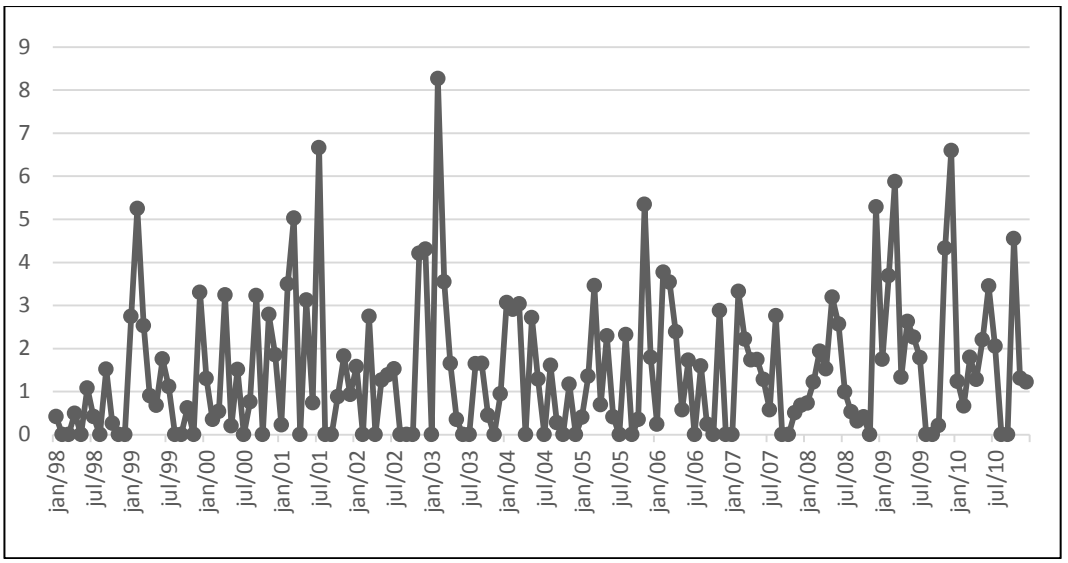

Figura 6. Intensidade das estimativas mensais totais de 1998 a 2010 em Petrolândia em (mm/hr). Fonte: TRMM (2015)

Do ponto de vista da agricultura, a alta taxa de intensidade combinada com pouca precipitação no ano, agrava ainda mais os efeitos da seca comprometendo a economia e a qualidade de vida humana. Apesar disso, chuvas mais intensas nessa região, significa aumento da vazão e consequentemente o nível da Represa de Itaparica, podendo contribuir para o prolongamento da distribuição de energia sem comprometimentos com o futuro. Ao analisar a distribuição da intensidade por períodos observa-se que as maiores taxas se concentram na primeira metade do ano, enquanto na segunda

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

metade os valores se aproximem de 0 mm/hr, de acordo com as características pluviométricas para o ano.

4.2 Análise das médias mensais de 1998 a 2010 dos tipos de chuvas

O comportamento das chuvas convectivas e estratiformes se dão de maneiras bem diferentes ao longo dos meses. Como se pode observar na Tabela 3, a quantidade de chuva estratiforme é maior que a convectiva em todos os meses, exceto em junho. É válido destacar que a soma entre os dois tipos de chuvas não irá coincidir com a estimativa total para as médias mensais, evidenciando que o satélite considera uma parte que não consegue diferenciar entre estratiforme ou convectiva. Isso que faz, em termos de proporção, que a quantidade dessas chuvas não seja consideráveis em relação a estimativa total, no entanto, o satélite pode oferecer a informação quando a atuação de cada tipo de chuva é mais evidente, tornando a utilização desse dado bastante válida.

Tabela 3. Médias mensais de 1998 a 2010 da intensidades e quantidade precipitada das chuvas totais, convectivas e estratiforme do TRMM.

MESES	Conv Intensidade (mm/hr)	Strat Intensidade (mm/hr)	Precipitação TRMM (mm)	Conv Prec (mm)	Strat prec (mm)
jan	2,3	0,6	99,7	3,2	11,4
fev	4,2	1,2	98,2	11,5	21,2
mar	5,5	1,2	114,4	19,5	34,2
abr	2,0	0,7	76,4	3,5	16,3
mai	2,6	0,9	47,9	6,7	18,4
jun	1,9	0,7	38,1	6,4	4,3
jul	1,8	0,6	26,4	4,2	8,8
ago	0,6	0,5	20,1	1,2	1,6
set	0,2	0,3	12,7	0,3	0,5
out	0,6	0,3	16,3	2,3	3,0
nov	3,3	0,8	20,1	7,5	10,7
dez	3,9	0,8	64,6	10,5	39,9

A média mensal de chuvas estratiformes foi maior em dezembro (39,9 mm), enquanto a menor taxa foi em setembro (0,5 mm). Em relação a precipitação convectiva, a mesma teve maior pico em março (19,5 mm), e a menor quantidade precipitada em setembro (0,3 mm).

Em relação a média mensal da intensidade, vê-se que a intensidade da chuva convectiva é maior que a estratiforme e maior atuação está exatamente nos meses mais chuvosos em Petrolândia. Ainda que a intensidade das chuvas convectivas seja considerável nos meses chuvosos com pico 5,5 mm/hr em março, contra 2,8 mm/hr de estratiforme a sua atuação diminui nos meses mais secos, sendo ultrapassada em setembro pela estratiforme no mês de setembro

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

(observe acima). Do ponto de vista de grande susceptibilidade a erosão, risco de enchentes e alagamentos, o mês de março tem maior potencial para a ocorrência desses tipos de eventos, visto que a intensidade contribui consideravelmente para que a água precipite em grandes quantidades em um intervalo de tempo curto. Embora a quantidade de chuva estratiforme seja maior na estação chuvosa, as chuvas convectivas quando se fazem presentes, possuem características distintas da estratiforme que favorecem sua atuação em áreas concentradas, com chuvas torrenciais mais frequentes.

É perceptível que não há relação entre a maior intensidade e maior quantidade de chuva estratiforme, o mesmo não acontece com as convectivas. Apesar de existir uma variação das estimativas entre os meses de fevereiro e março, a intensidade da estratiforme manteve-se a mesma nesse período.

Contudo, sabe-se que os meses chuvosos trazem mais benefícios à população e ao ecossistema do semiárido brasileiro, contribuindo para a agricultura, piscicultura, aumento dos níveis nos cursos d'água trazendo maior disponibilidade de recursos hídricos. Por ser intensa, a precipitação de origem convectiva pode causar danos a agricultura pois aumenta os níveis de erosão no solo, além de ocasionar o carreamento de seus nutrientes importantes para o plantio. Segundo a média mensal, as chuvas estratiformes são mais presentes em dezembro, trazendo chuvas menos intensas, abrangendo áreas extensas e com maiores quantidades de chuva favorecendo as atividades que dependem de uma chuva melhor distribuída. É importante considerar que embora os índices de estimativas apontem março como um dos mais chuvosos, saber a intensidade das chuvas é extremamente importante para mitigar e prevenir dos impactos das chuvas de alta intensidade, assim como também aproveitar a água que é precipitada. Sabendo que a precipitação no mês de março possui altas taxas de intensidade, a atenção deve ser maior para a elaboração de técnicas de captação de água, já que a precipitação durante esses dias tem duração de vida menor que no mês de dezembro, quando predomina a estratiforme.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao serem observadas as estimativas mensais e os dados observados, é evidenciado que aquelas acompanham a precipitação medida no posto, respeitando a variabilidade temporal das chuvas ao longo do período estudado. As médias anuais das estimativas ora subestimaram, ora superestimaram os dados observados de Ibimirim e Floresta, embora as menores diferenças estivessem no posto localizado em Ibimirim. Os anos que o satélite superestimou a estimativa anual de um posto, não obrigatoriamente aconteceu o mesmo com o outro posto, inferindo que a variabilidade das chuvas irá interferir no padrão de diferenciação das estimativas com o posto pluviométrico.

Ao observar as estimativas percebe-se que anos de El Niño considerado de moderado a forte nos anos de 2002 e 2004 não determinaram que fossem anos mais secos. As taxas de intensidade da chuva são variáveis ao longo dos anos. Apesar da sua variação, as maiores taxas encontram-se, geralmente, nos primeiros meses do ano, coincidindo com a estação chuvosa, embora algumas taxas sejam consideráveis nos meses de Inverno. As maiores taxas de

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

intensidade total não possuem uma relação direta com a estação chuvosa e com grandes quantidades precipitadas, ainda que valha considerar que desde 2009 as taxas foram maiores que nos anos anteriores do período estudado.

Sob análise da média mensal da quantidade de estimativa de chuva total, convectiva e estratiforme, observa-se que as quantidades dos tipos de chuvas tendem a acompanhar a estimativa total das chuvas, no entanto, algumas particularidades fazem com que os tipos de chuvas tenham um comportamento pluviométrico específico ao longo dos meses. Vê-se que no mês que mais chove (março) – quando é registrada a maior quantidade de chuva convectiva - a maior proporção é de chuvas estratiformes. Durante quase todo o ano as chuvas estratiformes precipitam em maiores quantidades em relação a convectiva, exceto no mês de junho, quando há uma inversão das estimativas. É importante ressaltar que o máximo da média registrada de chuvas estratiformes é no mês de dezembro, inferindo que nesses dias as chuvas são em maiores quantidades e duram mais tempo abrangendo áreas extensas, o que não acontece nas chuvas convectivas que foram maiores no mês de março.

Quando confrontados com a média mensal das intensidades dos tipos de chuvas, as chuvas convectivas são as que possuem as maiores taxas durante todo o ano em relação as estratiformes, com maior pico no mês de março para os dois tipos de chuvas (5,5 mm/hr de chuvas convectivas e 1,2 mm/hr de estratiforme). Essa diferença faz com que as chuvas que são mais intensas no mês de março sejam mais susceptíveis a erosão e carreamento dos nutrientes do solo, podendo comprometer a agricultura em determinados lugares. Além disso, sugere-se que a população da área possa aproveitar a água das chuvas de duração curta com a elaboração técnicas de captação de água, como as cisternas. Com chuvas mais distribuídas e menos intensas, típicas das estratiformes, no mês de dezembro é mais propício a ter menos impacto das chuvas com menor possibilidade de erosão e enchentes, por exemplo.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, R. I.; DIAS, M. A. F. S. **Características microfísicas da precipitação convectiva e estratiforme associadas à oscilação de larga-escala no sudoeste da Amazônia**. Disponível em: http://www.cbmet.com/cbm-files/22-c901354623b38c702a3f4c36bb3d5871.pdf. Acesso em: agosto de 2014.

ANJOS, R. S.; NÓBREGA, R. S. **Validando os dados de estimativa de precipitação por sensoriamento remoto do satélite TRMM para Pernambuco – Brasil**. In: I Workshop em Ciências da Terra e do Espaço, Évora, Portugal, 2013, p. 129-136.

ANJOS, R. S.; NÓBREGA, R. S.; SANTOS, P. F. C.; ALVES, K. M. A. S. **Diagnóstico de los tipos de lluvia a través de radar de precipitaciones (pr) - TRMM Pernambuco.** In: XIX Congreso Internacional de Geografía. 2013, p. 152.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

ANAGNOSTOU, E. N.; MORALES C. A.; DINKU, T. **The Use of TRMM Precipitation Radar Observations in Determining Ground Radar Calibration Biases.** Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, vol.18, July. 2000.

ALVES, J.M.B.; CAMPOS, J.N.B.; FERREIRA, F.F.; T.M.C. STUDART. **As chuvas de janeiro/2004 no Nordeste do Brasil, suas características atmosféricas e seus impactos nos recursos hídricos da região.** VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste 30, 1-19. 2004.

APAC. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em < http://www.apac. pe. gov.br /meteo rolog ia/ monitoramento-pluvio.php#>. Acesso em Agosto de 2015.

ARAGÃO, J. O. R.; ARAÚJO, J. G.; LACERDA, F. F. **Comparação entre as Precipitações Observadas e as Prognosticadas pelo Modelo BRAMS durante dois Eventos de Chuvas Fortes no Litoral de Pernambuco, Brasil**. Disponível em: http://www.cbmet.com/cbm-files/14-1a8b85389 16608247359 7264101f3c6d.pdf. Acessado em: agosto de 2014.

ASHOK, K. et al. **El Niño Modoki and its possible teleconnection**. Journal of Geophysical Research Atmospheres (Impact Factor: 3.44). 11/2007.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 14ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BIAZETO, B. **Impacto da precipitação no ciclo de assimilação em modelos de mesoescala**. Dissertação de Mestrado**.** Universidade de São Paulo. São Paulo (SP). 118 p. 2007.

CERQUEIRA, J. R. L. P. **Estudo radiométrico da Região Amazônica**. Tese de Doutorado. PUC-Rio (RJ). 261 p. 2006.

COLLISCHONN, B. **Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (RS). 128 p. 2006.

CONDEPE FIDEM. **PIB das Regiões de Desenvolvimento (RD's) e dos Municípios de Pernambuco a preços de mercado.** Disponível em: http:<//www.condepefidem.pe. gov.br/web/condepe-fidem/ municipal>. Acesso em Agosto de 2015.

DINKU, T.; CECCATO, P.; GROVER-KOPEC, E.; LEMMA, L.; CONNOR, S. J.; ROPELLEWSKI, C. F. **Validation of satellite rainfall products over East Africa's complex topography**. International Journal of Remote Sensing, vol. 28, nº. 7, 10 April. 2007.

FU, Y.; LIN, Y.; LIU, G.; WANG, Q. **Seasonal characteristics of precipitation in 1998 over east Asia as derived from TRMM PR**. Adv. in Atmos. Sciences. Vol. 20, No. 4, 2003. p. 511-529.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B. **A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas**. Revista de Geografia*.* Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 21, nº 2, jul/dez. 2004.

KUMMEROW, C. et al. **The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission. Mission (TRMM) after two years in orbit**. Journal of Applied Meteorology, 39 (12) , 1965-1982. 2000.

LEARY, C. A.; HOUZE Jr, R. A. **Observations of horizontally uniform precipitation and radar bright bands in the tropics**. Disponível em:<http://www.atmos.washington.edu/MG/PDFs/prep78_lear_observations.pdf>. Acesso em: agosto de 2014.

MORALES, C. A.; ALBRECHT, R. I. **Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM): Missão para medição da chuva tropical**. Disponível em: http://docplayer.com.br/1747860-Tropical-rainfall-measuring-mission-trmm.html Acesso em: agosto de 2014.

NASA. **NASA Facts: TRMM Instruments.** Disponível em: http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/ceres.html. Acesso em julho de 2015.

_____. **TRMM 3B43_V7**. Disponível em:< http://disc.gsfc.nasa.gov/datacollection/TRMM_3B43_V7.shtml> . Acesso em setembro de 2015.

NETO, L. A. S.; NÓBREGA, R. S. **Conversão dos dados diários do TRMM de formato binário para texto**. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009. Disponível em < www.sbagro.org.br/ anais_ congresso _2009/cba2009/301.pdf>. Acesso em setembro de 2015.

NOAA. **El Niño and La Niña Years and Intensities.** Disponível em:< http://ggweather.com/enso/oni.htm.>. Acesso em setembro de 2015.

NÓBREGA, R. S.; ANJOS, R.S.; AMORIM, A. C. **Dados de precipitação estimados por satélite como proposta para estudos hidroclimáticos no semiárido.** In: I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande-PB. Disponível em < http://www.editorarealize.com.br/ revistas/ aguano semiárido /trabalhos/Modalidade_4datahora_31_10_2013_14_34_55_idinscrito_294_ac7aa294ac56cc9f16fe91a81b21ec77.pdf>. Acesso em agosto de 2015> Acesso em setembro de 2015.

NÓBREGA, R. S.; SOUZA, E. P.; GALVÍNCIO, J. D. **Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma Sub-Bacia da Amazônia**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 25, nº 1, jan/abr. 2008.

PARK, M. S. et al. **Regional cloud characteristics over the tropical northwestern Pacific as revealed by Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Precipitation Radar and Microwave Imager**. Journal of Geophysical research, vol. 112, 2007.

PREFEITURA DE PETROLÂNDIA. **História de Petrolândia**. Disponível em:< http://www.petrolandia.pe/a-cidade/3/historia.html>. Acesso em Agosto de 2015.

SEGALIN, B. **Característicos dos Sistemas Convectivos de Mesoescala nas simulações climáticas do RegCM4**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (SP). 119 p. 2012.

UFCG. **Dados Climatológicos do Estado de Pernambuco**. Disponível em< http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/dadospe.htm> Acesso em Agosto de 2015.

YOSHIDA, M. C. **Estudo de células convectivas em Rondônia durante o experimento WETAMC-LBA/TRMM**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (SP). 95 p. 2009.

Texto submetido à RBClima em 08/01/2016