



**Análise das Estimativas da Precipitação Diária do Produto GPM-IMERG na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, Região Sudeste do Brasil**  
Analysis of daily precipitation estimates for the GPM-IMERG product in the Sapucaí River Basin, Southeast Region of Brazil

Thales Alves Teodoro<sup>1</sup>; Robson Barreto dos Passos<sup>1</sup>;  
Bruna Andreлина Silva<sup>1</sup> & Benedito Cláudio da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, Avenida BPS 1303, 37500-903, Pinheirinho, Itajubá, MG, Brasil

E-mails: [thales.teo@hotmail.com](mailto:thales.teo@hotmail.com); [robsonbarretodospassos@gmail.com](mailto:robsonbarretodospassos@gmail.com); [brunaandrelina@gmail.com](mailto:brunaandrelina@gmail.com); [silvabenedito@gmail.com](mailto:silvabenedito@gmail.com)

DOI: [http://doi.org/10.11137/2020\\_2\\_449\\_459](http://doi.org/10.11137/2020_2_449_459); Recebido: 11/11/2019 Aceito: 12/05/2020

## Resumo

Tendo em vista que as estimativas de precipitação (PP) por satélite são importantes fontes de informações para modelos hidrológicos, o objetivo deste estudo é avaliar os acumulados diários de PP do produto *Integrated Multisatellite Retrievals for the Global Precipitation Measurement (IMERG) - Early Run* do *Global Precipitation Measurement (GPM)* na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí (BHRS) que se encontra localizada no sudeste do Brasil. Para realizar essa avaliação foram utilizadas métricas estatísticas de performance e de contingência. Os dados utilizados na validação foram os acumulados diários de PP das estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA). O período analisado no estudo compreende os verões dos anos de 2015 a 2019. No geral, os resultados indicaram que o IMERG subestima em média 27% a PP diária sobre a bacia, sendo que o RMSE é da ordem de 12,9 a 28,5 mm/dia. Além disso, foi observado também que os valores do coeficiente de correlação de Pearson na maioria dos pontos de grade analisados ficaram abaixo de 0,7. Isso indica que não existe uma boa correlação entre os dados do IMERG com os dados das estações pluviométricas. As métricas estatísticas de contingência mostraram que o IMERG - *Early Run* possui baixa capacidade para descrever os eventos de chuva na BHRS. Portanto, pode-se inferir que o produto *Early Run* do GPM-IMERG possui dificuldades em estimar a PP diária na BHRS durante os meses de verão.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica; Métricas Estatísticas; Precipitação

## Abstract

Given that satellite precipitation (PP) estimates are important sources of information for hydrological models, the aim of this study is to evaluate the daily cumulative of PP from the *Integrated Multisatellite Retrievals for Global Precipitation Measurement (IMERG)* product from the *Global Precipitation Measurement (GPM)* in the Sapucaí River Basin (BHRS) which is located in southeastern Brazil. To perform this evaluation statistical performance and contingency metrics are used. The data used in the validation were the daily-accumulated PP of the rainfall stations of the National Water Agency (ANA). The period analyzed in the study comprises the summers of the years 2015 to 2019. In general, the results indicated that the IMERG underestimates the daily PP on average by 27% in the basin, with the RMSE ranging from 12.9 to 28.5 mm/day. Besides that, it was also observed that the Pearson's correlation coefficient values in most of the analyzed grid points were below 0.7. This indicates that there is not a good correlation between the data from IMERG and the data of the rainfall stations. The contingency statistical metrics showed that the IMERG - *Early Run* has a low capacity to describe the rain events in the BHRS. Therefore, it can be inferred that the *Early Run* product from GPM-IMERG has difficulties in estimating daily PP in BHRS during the summer months.

**Keywords:** River Basin; Statistical Metrics; Precipitation.

## 1 Introdução

Historicamente, os dados de precipitação (PP) são importantes fontes de informações para evitar perdas na agricultura, para o controle de enchentes e para os enfrentamentos de períodos de seca (Scofield & Kuligowski, 2003; Hou, *et al.*, 2014). No Brasil, o registro da PP é realizado, principalmente, por pluviômetros/pluviógrafos presentes em estações de superfície. No entanto, a representatividade desses dados é baixa, pois esses equipamentos (pluviômetros/pluviógrafos) só registram PP em uma escala espacial reduzida, e porque a quantidade dessas estações é insuficiente para cobrir totalmente o território brasileiro.

Para suprir as limitações encontradas na obtenção dos dados de PP, a utilização de satélites tornou-se uma alternativa importante (Skofronick-Jackson *et al.*, 2017). A *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) juntamente com a *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) lançaram para o espaço, em 1997, a missão *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) com o objetivo de obter estimativas de PP sobre as regiões tropicais e subtropicais (Kummerow *et al.*, 1998) por meio de uma ampla variedade de sensores modernos instalados em satélite. Um dos produtos de maior sucesso do TRMM foi o *Multi-Satellite Precipitation Analysis* (TMPA). O TMPA produziu dados de PP quase para todo o globo, mesclando as estimativas baseadas em sensores de micro-ondas com as estimativas baseadas em infravermelho de vários satélites (Huffman *et al.*, 2007), e foi muito utilizado para atividades operacionais relacionados a hidrologia e estudos climáticos.

Atualmente, uma nova missão para as estimativas de PP global está em funcionamento (*Global Precipitation Measurement - GPM*). A missão GPM, lançada em fevereiro de 2014, possui um satélite central, projetado para compartilhar dados com outros satélites em órbita a fim de combinar informações para obter melhorias na obtenção dos dados da PP global (Huffman *et al.*, 2015). As estimativas de PP do GPM são realizadas, principalmente, por dois instrumentos: um radar de dupla frequência (13 e 35 GHz) e o imageador de micro-ondas (Hou *et al.*, 2014; Chen & Li, 2016). O algoritmo do GPM, criado para substituir o TMPA, é o *Integrated Multisatellite Retrievals for the*

*Global Precipitation Measurement* (IMERG). Esse algoritmo possui resolução temporal de 30 minutos e resolução espacial de 0,1° de latitude por longitude. O IMERG fornece três tipos de produtos: *Early Run* (com período de latência de 4 horas), *Late Run* (com período de latência de 12 horas) e o *Final Run* (com período de latência de cerca de 4 meses).

Diversos estudos já avaliaram as estimativas de PP do IMERG, em diferentes regiões do mundo (Liu, 2016; Rozante *et al.*, 2018; Wei *et al.*, 2018; Gadelha *et al.*, 2019). Para o território brasileiro, Rozante *et al.* (2018) avaliaram o produto IMERG-*Final Run* para regiões com regimes de PP distintos através da comparação com dados de pluviômetros e dados do TMPA. Entre os resultados, esses autores encontraram que o IMERG-*Final Run* apresenta melhor desempenho que o produto TMPA. No entanto, superestimativas de acumulados diários de PP são encontrados nas regiões norte, centro-oeste, sudeste e sul do Brasil. Gadelha *et al.* (2019), ao avaliarem também o produto IMERG-*Final Run* por meio de 4911 pluviômetros distribuídos por todo Brasil, encontraram que o produto consegue capturar efetivamente os padrões espaciais das chuvas sobre o território brasileiro, apesar de uma leve tendência em superestimar a PP em todas as escalas de tempo (diário, mensal e anual).

Considerando, portanto, que é necessário verificar se as estimativas diárias de PP são boas alternativas para regiões específicas, o presente estudo tem como objetivo avaliar a precisão do produto GPM-IMERG-*Early Run* em uma bacia hidrográfica do sudeste do Brasil. O intuito dessa avaliação é indicar se os dados de PP do IMERG podem ser utilizados em modelos hidrológicos para o monitoramento de vazão quase em tempo real na bacia analisada.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

A área escolhida para este estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí (BHRS), localizada na região sudeste do Brasil entre os estados de São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG) (Figura 1). As frequentes inundações resultantes de PP intensas que ocorrem nas cidades que compõe a bacia, e sua rede limitada de estações pluviométricas é o que justifica a análise dos dados do GPM-IMERG sobre a BHRS. Nesse

contexto, a necessidade de demonstrar que uma determinada fonte de dados de PP é confiável ou não sobre uma região é uma informação importante, uma vez que tal fonte pode ser utilizada em sistemas de previsão e alerta de inundações.

A BHRS abrange 51 municípios, sendo 48 do estado de MG e 3 do estado de SP, possui área de drenagem de aproximadamente 8.882 km<sup>2</sup>, e integra

a bacia do rio Grande, que por sua vez, integra a bacia do rio Paraná. O rio Sapucaí nasce a uma altitude de 1650 metros no município de Campos do Jordão-SP, na Serra da Mantiqueira, e deságua entre as cidades de Três Pontas-MG e Paraguaçu-MG, no lago de Furnas a aproximadamente 780 metros (CBHRS, 2010).

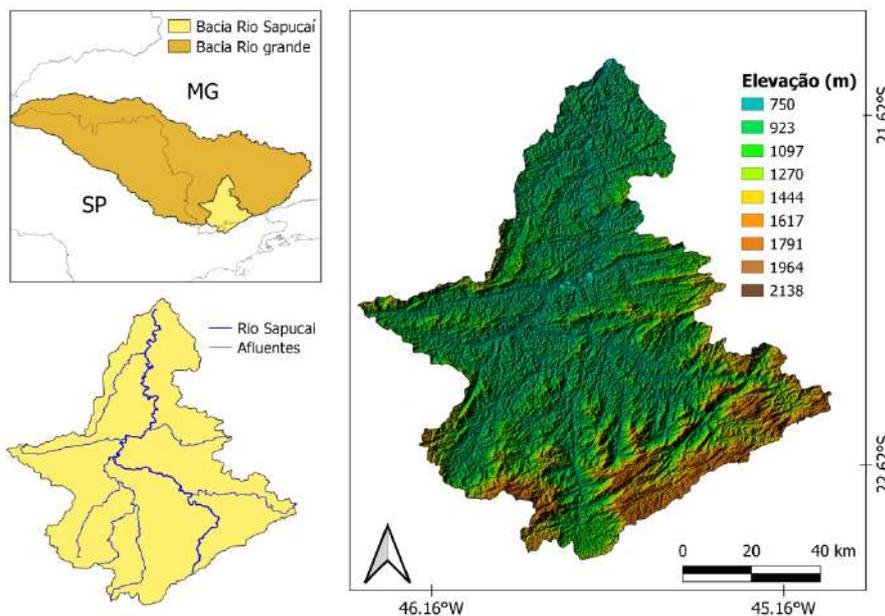


Figura 1 Localização geográfica da BHRS e mapa de relevo.

## 2.2 Dados IMERG

Neste estudo, avaliou-se o desempenho das estimativas diárias de PP do produto *Early Run* do algoritmo IMERG do GPM (versão 05) para os verões (dezembro (dez)-janeiro (jan)-fevereiro (fev)) dos anos de 2015 a 2019 (dez/2014-fev/2015; dez/2015-fev/2016; dez/2016-fev/2017; dez/2017-fev/2018 e dez/2018-fev/2019). Os dados diários foram obtidos a partir do acumulado das estimativas que são realizadas a cada 30 minutos. A resolução espacial desses dados é de 0,1° de latitude por 0,1° de longitude, e são obtidos a partir de um algoritmo que funde informações de várias fontes, incluindo estimativas de PP por micro-ondas e infravermelho e informações medidas em solo (Huffman *et al.*, 2015). Tais dados estão disponíveis para download no sítio da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) em <ftp://jsimpson.pps.eosdis.nasa.gov/data/imerg/early/>.

## 2.3 Dados de Estações Pluviométricas

Para realizar a validação das estimativas de PP do IMERG, dados diários de PP observada em 13 estações pluviométricas sobre a BHRS (Figura 2) foram obtidos por meio do banco de dados do Portal Hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>) da Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados da Hidroweb antes de serem disponibilizados são submetidos ao controle de qualidade pela ANA para evitar dados errôneos. É importante mencionar que não foi possível selecionar uma maior quantidade de estações sobre a bacia, pois as demais possuem grandes lacunas de dados no período utilizado.

Os acumulados diários de PP do IMERG foram realizados considerando como referência os horários utilizados nas estações pluviométricas (09 UTC de um dia até às 09 UTC do dia seguinte).

Também foi realizada, antes das análises, a exclusão dos dias em que as estações não apresentavam registros de PP. Isso foi necessário para garantir uma

correta comparação entre os dados do IMERG com os dados das estações.

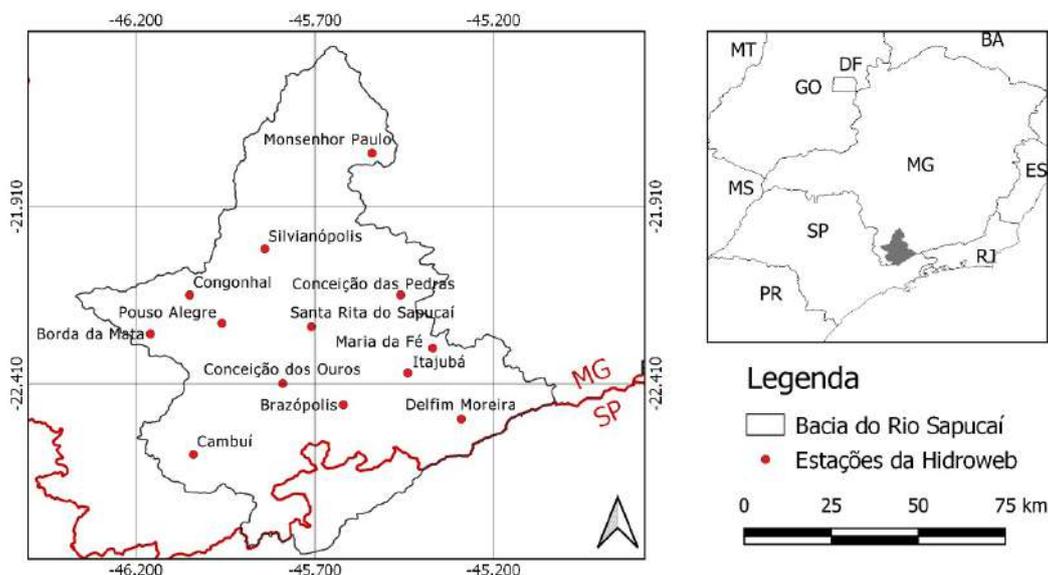


Figura 2 Distribuição espacial das estações pluviométricas utilizadas no estudo.

## 2.4 Método

Para realizar a comparação dos dados do IMERG com os dados das estações, foi utilizado o método ponto a *pixel*. Tal metodologia consiste em comparar a PP medida nas coordenadas geográficas das estações pluviométricas, com o *pixel* do IMERG mais próximo a essas coordenadas. A escolha da utilização desse método foi considerada tendo em vista que neste trabalho o enfoque é verificar se o IMERG é capaz de quantificar corretamente a PP diária dos pluviômetros pertencentes a BHRS. Diversos estudos que utilizaram esse método podem ser encontrados na literatura, como por exemplo, Uddin *et al.* (2008) e Chen *et al.* (2013, 2018).

Métricas estatísticas, amplamente utilizadas, foram aplicadas para avaliar o desempenho do IMERG em estimar a PP sobre a BHRS. Foram realizados cálculos estatísticos que mensuram a performance das estimativas do IMERG: diferença de médias (MD), diferença relativa de médias (RMD), raiz quadrada do erro médio (RMSE) e coeficiente de correlação de Pearson (CP) (Tabela 1). Além disso, foram utilizadas as estatísticas de contingência, probabilidade de detecção (POD), taxa de falso alarme (FAR) e índice de sucesso crítico (CSI) para examinar quantitativamente o potencial do IMERG em detectar PP com diferentes intensidades (Tabela 2). Mais detalhes sobre essas métricas podem ser encontrados em Mashingia *et al.* (2014). Conforme adotado por Giwlewski & Nawalany (2018), valores

de CP maiores que 0,85 indicam “correlações muito boas”, entre 0,7 e 0,85 “correlações boas”, entre 0,6 e 0,7 “correlações satisfatórias”, entre 0,4 e 0,6 “correlações aceitáveis”, e menores que 0,4 “correlações insatisfatórias”.

Sobre a Tabela 1, é importante destacar que o  $\bar{P}$  representa a média temporal da PP diária do IMERG no ponto de grade de cada estação, e pode ser representado matematicamente por  $\bar{P} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i$ , onde N é o número de dias com dados válidos e  $n$  os dias dentro do período total com dados válidos. Já,  $P_i$  representa a média temporal da PP diária registrada em cada estação, e pode ser representada matematicamente como  $P_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_{ij}$ .

Na Tabela 2, A contabiliza os eventos de PP que são observados na estação e IMERG simultaneamente, B contabiliza os eventos de PP que é estimado pelo IMERG, mas que não é registrado na estação. Já C contabiliza os eventos de PP que ocorrem na estação, mas que não é estimado pelo IMERG. A avaliação das estatísticas de contingência foi realizada considerando quatro categorias de intensidade de PP separadamente, definidas em He *et al.* (2017): (i) chuva leve (0-1mm dia<sup>-1</sup>); (ii) chuva moderada (1-5 mm dia<sup>-1</sup> e 5-10 mm dia<sup>-1</sup>); (iii) chuva forte (10-50 mm dia<sup>-1</sup> e 50-100 mm dia<sup>-1</sup>) e (iv) chuva extremamente intensa (>100 mm dia<sup>-1</sup>). Também foram empregadas para a categoria de intensidade de PP de 10-50 mm dia<sup>-1</sup> as métricas estatísticas: Coeficiente de Determinação (R<sup>2</sup>), RMSE e CP (Tabela 1).

Métricas Estatísticas de Performance	Descrição
$MD = \overline{IMERG} - \overline{OBS} \quad (1)$	Diferença de médias (MD): representa a diferença entre a PP média do IMERG e o valor médio observado. O valor de MD é uma medida dada em milímetros, sendo utilizada para mostrar o quanto a PP diária estimada pelo IMERG é superestimada ou subestimada.
$RMD = \frac{\overline{IMERG} - \overline{OBS}}{\overline{OBS}} \times 100 \quad (2)$	Diferença relativa de médias (RMD): é uma medida utilizada para evidenciar os valores de MD em porcentagem.
$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (IMERG_n - OBS_n)^2} \quad (3)$	Raiz quadrada do erro-médio (RMSE): é utilizada para quantificar o erro (em milímetros). Quanto menor o RMSE, mais próximas as estimativas do IMERG das observações.
$CP = \frac{\sum_{n=1}^N (IMERG_n - \overline{IMERG})(OBS_n - \overline{OBS})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (IMERG_n - \overline{IMERG})^2} \sqrt{\sum_{n=1}^N (OBS_n - \overline{OBS})^2}} \quad (4)$	Coefficiente de correlação de Pearson (CP): mede a associação numérica entre o conjunto de dados do IMERG e o conjunto de dados das estações. Essa medida é adimensional e quanto mais próximo de 1 ou -1, maior é a correlação entre os dois conjuntos de dados.
$R^2 = 1 - \frac{\sum_{n=1}^N (IMERG_n - OBS_n)^2}{\sum_{n=1}^N (OBS_n - \overline{OBS})^2} \quad (5)$	Coefficiente de determinação (R <sup>2</sup> ): varia entre 0 e 1, indicando, em porcentagem, o quanto as estimativas conseguem explicar os valores observados (Valores perfeitos: 1)

Tabela 1 Métricas estatísticas de performance.

Métricas Estatísticas de Contingência	Descrição
$POD = \frac{A}{A+C} \quad (6)$	Probabilidade de detecção (POD): avalia quão bem as estimativas do IMERG detectam a ocorrência de eventos de PP (Valores perfeitos: 1).
$FAR = \frac{B}{A+B} \quad (7)$	Taxa de falso alarme (FAR): mede a frequência com que o IMERG detecta um evento de PP quando não há o evento (Valores perfeitos: 0).
$CSI = \frac{A}{A+B+C} \quad (8)$	Índice de sucesso crítico (CSI): mede a fração de eventos de PP do IMERG que são corretamente previstos (Valores perfeitos: 1).

Tabela 2 Métricas estatísticas de contingência.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Avaliação das Estimativas de PP do IMERG

A Figura 3 apresenta o resultado das métricas estatísticas utilizadas para avaliar a performance das estimativas diárias de PP do IMERG. Os valores negativos de MD indicam uma tendência do IMERG em subestimar a PP sobre a bacia (Figura 3A), sendo que em todos os pontos de grade analisados as subestimativas correspondem a valores da ordem acima de 10% (Figura 3B). Esse resultado indica discordância com os estudos de Rozante *et al.* (2018) e Gadelha *et al.* (2019) que encontraram uma tendência do IMERG em superestimar a PP diária sobre o território brasileiro. Tal discordância pode estar relacionada ao tipo de produto utilizado, já que aqui utiliza-se o produto *Early Run*, enquanto que em Rozante *et al.* (2018) e Gadelha *et al.* (2019)

foi avaliado o produto *Final Run*. É importante destacar que o produto *Final Run* é mais preciso que o *Early Run*, já que os dados derivados desse são combinados com dados mensais observados, a fim de tornar as estimativas mais precisas. No entanto, como o intuito deste estudo é determinar se os dados do IMERG podem ser utilizados em modelos hidrológicos para acompanhar quase em tempo real a vazão sobre a BHRS, tal produto não foi utilizado (*Final Run*).

O RMSE mostra valores variando de 8,8 mm/dia a 15,4 mm/dia sobre a BHRS (Figura 3C), sendo que os valores mais altos ocorrem nas localidades das estações de Conceição das Pedras, Congonhal e Silvianópolis. O valor médio de CP encontrado na BHRS é 0,5, o que indica uma correlação aceitável entre as estimativas diárias do IMERG-*Early Run* com os dados medidos nas estações pluviométricas.

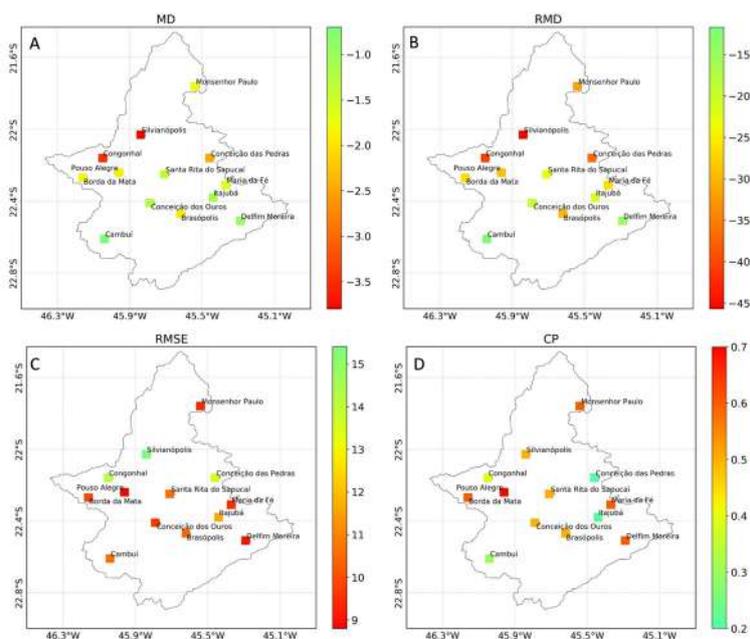


Figura 3 Métricas estatísticas de performance das estimativas da PP diária do IMERG na BHRS: A. MD; B. RMD; C. RMSE; D. CP.

Com relação as métricas estatísticas de contingência para diferentes intervalos de PP, a Figura 4 revela que o IMERG apresenta um melhor desempenho para identificar PP com intensidades de 0-1mm/dia, uma vez que o menor valor de FAR (0,28) e os maiores valores de POD (0,52) e CSI (0,43) são encontrados para essa intensidade. Na Figura 4, observa-se também uma melhora das estimativas do IMERG para as intensidades de PP entre 10-50 mm dia<sup>-1</sup> se comparado com as intensidades 5-10 mm dia<sup>-1</sup>. Para os eventos de chuva

com intensidades >100 mm/dia, essas estatísticas não foram calculadas pois na maioria das estações não foram registradas ocorrências dessa intensidade, conforme indica a Figura 5. Assim, de forma geral, essas métricas mostram que o IMERG - *Early Run* possui baixa capacidade para descrever os eventos de chuva na BHRS. O número de eventos de chuva (pares de dados IMERG x estação) utilizados para calcular as estatísticas para cada categoria de chuva é apresentado também na Figura 4 (eixo x).

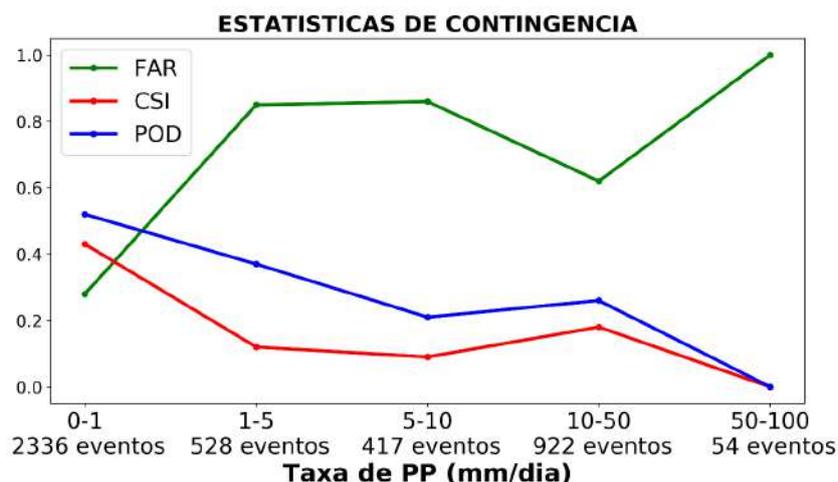


Figura 4 Métricas estatísticas de contingência das estimativas diárias do IMERG na BHRS, considerando diferentes intensidades de PP.

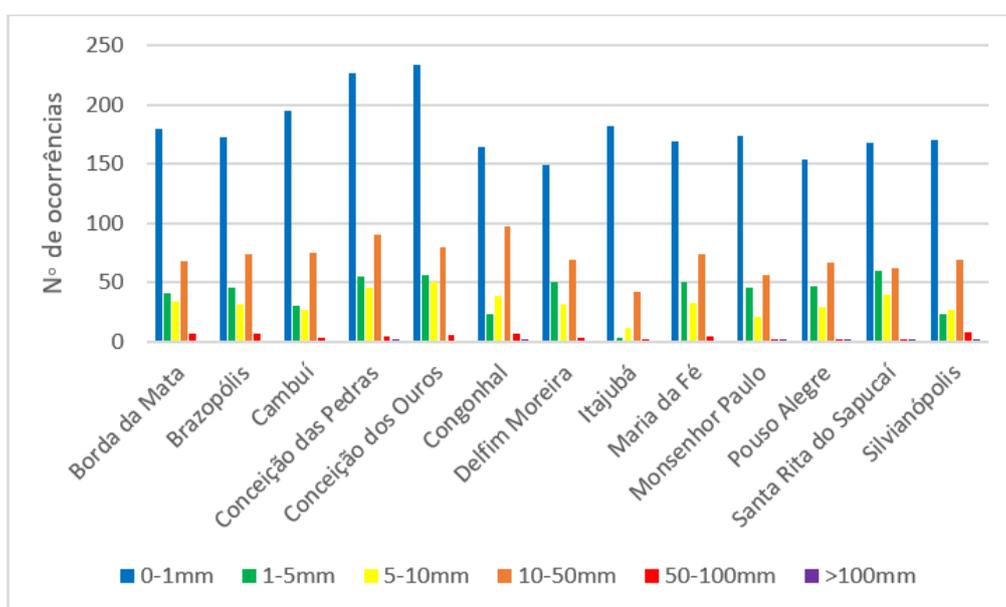


Figura 5 Distribuição de frequência das intensidades de PP em cada estação pluviométrica.

### 3.2 Avaliação dos Eventos de PP com Intensidade entre 10-50 mm dia<sup>-1</sup>

Na Figura 6 são apresentadas as medições de PP com intensidade entre 10-50 mm dia<sup>-1</sup> em relação às estimativas do IMERG. A escolha de se apresentar apenas os gráficos de dispersão para essa intensidade de chuva é justificada por dois motivos: (1) essa intensidade de PP ocorre com muito mais frequência se comparado com as intensidades de 50-100 mm dia<sup>-1</sup> e >100 mm dia<sup>-1</sup> (Figura 5) e (2) chuvas com intensidade de 10-50 mm dia<sup>-1</sup> podem causar grandes prejuízos na agricultura, inundações e erosão do solo.

A análise da Figura 6 indica que no geral, as estimativas do IMERG em relação aos dados medidos apresentam baixos valores de CP e R<sup>2</sup>. Os baixos valores de R<sup>2</sup> vistos na maioria dos pontos de grade analisados indicam que o IMERG não é capaz de explicar a PP diária observada nas estações. Para alguns pontos de grade (Brasópolis e Pouso Alegre), o IMERG apresentou valores de CP que indicam uma correlação satisfatória entre os dois conjunto de dados analisados. Em relação ao RMSE, os resultados mostram valores que variam entre 12,9 e 28,5 mm/dia, sendo que os menores valores dessa métrica são observados sobre os pontos de grade das estações de Brasópolis e Monsenhor Paulo.

Análise das Estimativas da Precipitação Diária do Produto GPM-IMERG na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, Região Sudeste do Brasil

Thales Alves Teodoro; Robson Barreto dos Passos; Bruna Andreлина Silva & Benedito Cláudio da Silva

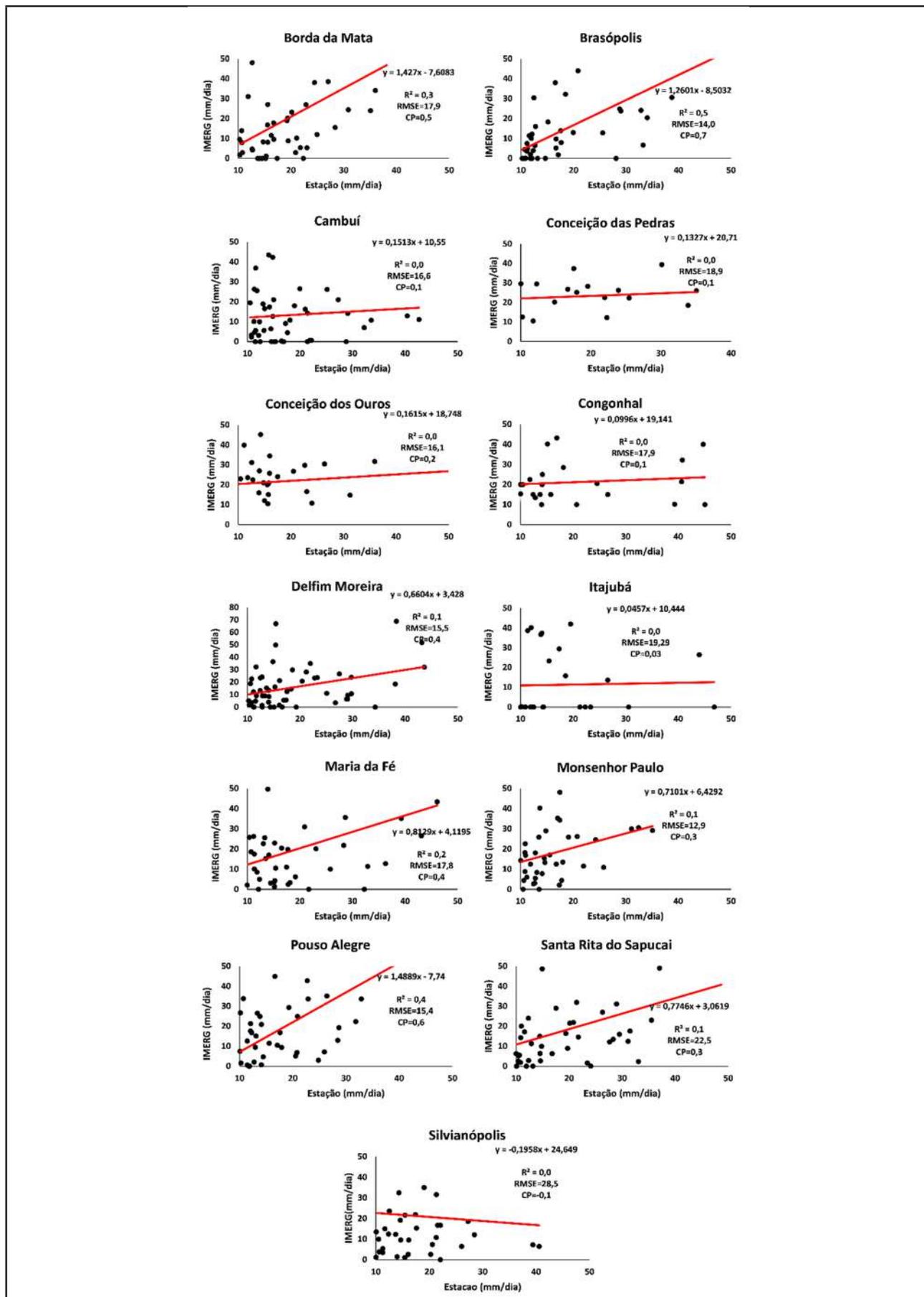


Figura 6 Gráfico da dispersão das PPs com intensidade entre 10-50 mm dia<sup>-1</sup> medidas em solo *versus* estimativas do produto IMERG.

### 3.3 Avaliação da PP Acumulada do Período

Uma avaliação do volume total de chuva considerando os dias dos verões de 2015 a 2019 também foi elaborada. No entanto, ressalta-se que como as estações não possuem medições uniformes no período analisado, os acumulados de um ponto de grade a outro podem apresentar diferenças. A Tabela 3 apresenta, portanto, a PP acumulada em cada uma das 13 estações pluviométricas (considerando os dias em que as estações possuíam medições), o acumulado das estimativas de PP do IMERG nos pixels mais próximos da localização geográfica de cada estação, o RMD entre esses acumulados e também informações sobre os meses utilizados para obter o acumulado de PP em cada localidade.

De um modo geral, a Tabela 3 indica que o IMERG tende a subestimar o volume de PP

das estações meteorológicas. Sobre as estações localizadas mais ao norte da bacia (Conceição das Pedras, Congonhal, Monsenhor Paulo e Silvanópolis), há a presença das maiores diferenças relativas com as estimativas do IMERG (valores acima de 30%). Nas demais estações, que se encontram localizadas mais na parte central e sul da bacia, as diferenças entre os dados acumulados medidos e os estimados pelo IMERG variaram entre 11,7% e 29,7%. Esse resultado é um indicativo de que na BHRS, o relevo interfere de forma sistemática às estimativas do IMERG. Contudo, não é possível afirmar que as estimativas de PP do IMERG são menos adequadas sobre a parte norte da bacia, já que uma baixa quantidade de pontos de grade foi analisada nessa região.

Estações		Precipitação acumulada estações (mm)	Precipitação acumulada IMERG (mm)	RMD (%)	Meses utilizados para obter os acumulados de PP em cada localidade
1	Borda da Mata	2045,2	1504,3	-26,4	dez/2014 a fev/2015; jan/2016 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; jan/2018 a fev/2018
2	Brasópolis	1964,5	1381,0	-29,7	dez/2014 a fev/2015; jan/2016 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; jan/2018
3	Cambuí	1969,4	1739,8	-11,7	dez/2014 a fev/2015; dez/2015 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; dez/2017 a jan/2017
4	Conceição das Pedras	2841,0	1785,4	-36,8	dez/2014 a fev/2015; dez/2015 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; dez/2017 a jan/2018; dez/2018 a fev/2019
5	Conceição dos Ouros	2430,6	1939,3	-20,2	dez/2014 a fev/2015; dez/2015 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; dez/2017 a jan/2018; dez/2018 a fev/2019
6	Congonhal	2837,8	1680,7	-40,8	dez/2014 a fev/2015; dez/2015 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; jan/2018 a fev/2018
7	Delfim Moreira	1970,4	1673,3	-15,1	jan/2015 a fev/2015; dez/2015 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; dez/2017 a jan/2018
8	Itajubá	1186,6	926,5	-21,9	dez/2014 a fev/2015; jan/2016 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017

9	Maria da Fé	2134,7	1574,1	-26,3	dez/2014 a fev/2015; dez/2015 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; dez/2017 a jan/2018
10	Monsenhor Paulo	1735,8	1183,1	-31,8	dez/2014 a fev/2015; jan/2016 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; jan/2018 a fev/2018
11	Pouso Alegre	1909,4	1349,0	-29,3	dez/2014 a fev/2015; jan/2016 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; jan/2018 a fev/2018
12	Santa Rita do Sapucaí	1974,9	1507,0	-23,7	dez/2014 a fev/2015; dez/2015 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; dez/2017 a jan/2018
13	Silvianópolis	2466,8	1339,1	-45,7	dez/2014 a fev/2015; jan/2016 a fev/2016; dez/2016 a fev/2017; jan/2018 a fev/2018

Tabela 3 Acumulados pluviométricos medidos pelas estações e estimados pelo IMERG.

#### 4 Conclusões

Neste estudo, uma avaliação das estimativas dos acumulados diários de PP do produto IMERG-*Early Run* do GPM foi realizada na BHRS, a partir de dados medidos em estações pluviométricas. A comparação entre os dados medidos e os dados estimados pelo IMERG foram feitos considerando os verões dos anos de

2015 a 2019. No geral, os resultados revelam que o IMERG apresenta uma tendência de subestimar a PP na bacia. Essas subestimativas em termos relativos médios são da ordem de 27%. Na maioria dos pontos analisados os valores de CP não mostram boa correlação entre os dados do IMERG e os dados das estações. Os valores de RMSE encontrados sobre a bacia revelam que a magnitude do erro do IMERG é 12,9 a 28,5 mm/dia. Os resultados das métricas de contingência (POD, FAR e CSI) mostram que o IMERG possui pouca habilidade em caracterizar os eventos de chuva na BHRS. Para a análise da PP acumulada dos verões de 2015 a 2019, os resultados indicam que as estimativas do IMERG apresentam as maiores diferenças em relação à observação na região norte da bacia, enquanto que nas demais regiões as diferenças da PP acumulada medida e estimada tende a ser menor. Os resultados encontrados neste trabalho indicam, portanto, que a utilização das estimativas diárias de PP do produto *Early Run* do algoritmo IMERG do GPM em modelos hidrológicos na BHRS não é recomendada para os meses de verão. Ressalta-se ainda que para um melhor entendimento das características das

estimativas do produto IMERG-*Early Run* no sudeste do Brasil, é necessário avaliar uma quantidade maior de bacias hidrográficas com características distintas.

#### 5 Agradecimentos

Os autores agradecem a ANA por disponibilizar os dados medidos de precipitação e a JAXA e NASA por disponibilizar os dados de estimativas de precipitação do GPM-IMERG. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### 6 Referências

- Chen, Y.; Ebert, E.E.; Walsh, K.E. & Davidson, N.E. 2013. Evaluation of TRMM 3B42 precipitation estimates of tropical cyclone rainfall using PACRAIN data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(5): 2184-2196.
- Chen, F. & Li, X. 2016. Evaluation of IMERG and TRMM 3B43 monthly precipitation products over mainland China. *Remote Sensing*, 8(6): 1-18.

- Chen, C.; Chen, Q.; Duan, Z.; Zhang, J.; Mo, K.; Li, Z. & Tang, G. 2018. Multiscale Comparative Evaluation of the GPM IMERG v5 and TRMM 3B42 v7 Precipitation Products from 2015 to 2017 over a Climate Transition Area of China. *Remote Sensing*, 10(6): 926-944.
- CBHRS. 2010. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí. Disponível em: <<http://www.cbhsapucaí.org.br/Pagina.do?idSecao=53.html>>. Acesso em: 22 out. 2019.
- Gadelha, A.N.; Coelho, V.H.R.; Xavier, A.C.; Barbosa, L.R.; Melo, D.C.D.; Xuan, Y.; Huffman, G.J.; Petersen, W.A. & Almeida, C.N. 2019. Grid box-level evaluation of IMERG over Brazil at various space and time scales. *Atmospheric Research*, 218: 231-244.
- Gilewski, P. & Nawalany, M. 2018. Inter-Comparison of Rain-Gauge, Radar, and Satellite (IMERG GPM) Precipitation Estimates Performance for Rainfall-Runoff Modeling in a Mountainous Catchment in Poland. *Water*, 10(11): 1-23.
- He, Z.; Yang, L.; Tian, F.; Ni, G.; Hou, A. & Lu, H. 2017. Inter-comparisons of Rainfall Estimates from TRMM and GPM Multisatellite Products over the Upper Mekong River Basin. *Journal of Hydrometeorology*, 18(2): 413-430.
- Hou, A.Y.; Kakar, R.K.; Neeck, S.; Azarbarzin, A.A.; Kummerow, C.D.; Kojima, M.; Oki, R.; Nakamura, K. & Iguchi, T. 2014. The Global Precipitation Measurement Mission. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95: 701-722.
- Huffman, G.J. Adler, R.F.; Bolvin, D.T.; Gu, G.; Nelkin, E.J.; Bowman, K.P.; Hong, Y.; Stocker, E.F. & Wolff, D.B. 2007. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis: Quasi-global, multi-year, combined-sensor precipitation estimates at fine scale. *Journal of Hydrometeorology*, 8: 38-55.
- Huffman, G.J.D.; Bolvin, D.T.; Braithwaite, D.; Hsu, K.; Joyce, R.; Kidd, C.; Nelkin, E.J. & Xie, P. 2015. *NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG). Algorithm Theoretical Basis Doc., version 4.5*, 26 p.
- Kummerow, C.; Barnes W.; Kozu, T.; Shiue, J. & Simpson, J. 1998. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensor package. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 15: 809-817.
- Liu, Z. 2016. Comparison of Integrated Multisatellite Retrievals for GPM (IMERG) and TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) Monthly Precipitation Products: Initial Results. *Journal of Hydrometeorology*, 17(3): 777-790.
- Mashingia, F.F.; Mtalo, F. & Bruen, M. 2014. Validation of remotely sensed rainfall over major climatic regions in northeast Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth*, 67: 55-63.
- Rozante, J.B.; Vila, D.A.; Chiquetto, J.B.; Fernandes A.A. & Alvim, D.S. 2018. Evaluation of TRMM/GPM Blended Daily Products over Brazil. *Remote Sensing*, 10(6): 1-17.
- Scofield, R.A. & Kuligowski, R.J. 2003. Status and outlook of operational satellite precipitation algorithms for extreme-precipitation events. *Weather and Forecasting*, 18: 1037-1051.
- Skofronick-Jackson, G.W.; Petersen, A.; Berg, W.; Kidd, C.; Stocker, E.F.D.; Kirschbaum, B.; Kakar, R.; Braun, S.A.; Huffman, G.J.; Kirstetter, P.E.; Kummerow, C.; Meneghini, R.; Oki, R.; Olson, W.S.; Takayabu, Y.N.; Furukawa, K. & Wilhelm, T. 2017. The Global Precipitation Measurement (GPM) Mission for Science and Society. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98: 1657-1672.
- Uddin, S.; Al-Dousari, A.; Ramdan, A.; Al Ghadban, A. 2008. Site-specific precipitation estimate from TRMM data using bilinear weighted interpolation technique: an example from Kuwait. *Journal of Arid Environments*, 72(7): 1320-1328.
- Wei, G.; Lu, H.; Crow, W.T.; Zhu, Y.; Wang, J. & Su, J. 2018. Evaluation of Satellite-Based Precipitation Products from IMERG V04A and V03D, CMORPH and TMPA with Gauged Rainfall in Three Climatologic Zones in China. *Remote Sensing*, 10(1): 8-30.