

Avaliação das estimativas de precipitação do satélite TRMM (algoritmo 3B42 Versão 7 e Real Time) utilizadas no balanço hídrico climatológico no Estado de Goiás

Dayanna Teodoro Quirino^{1,2}
Derblai Casaroli²
Rodrigo Moura Pereira²
Rômulo Augusto Jucá Oliveira³
Rherison Tyrone Silva Almeida²

¹ Universidade Federal da Paraíba - UFPB
Caixa Postal 58051-900 – Cidade Universitária – João Pessoa – PB - Brasil
dayanna_teodoro@hotmail.com

² Universidade Federal de Goiás - UFG
Caixa Postal 74001-970 – Avenida Esperança, s/n – Setor Itatiaia – Goiânia – GO - Brasil
derblaicasaroli@yahoo.com.br
rodrigomoura@agricola.eng.br
rherison.almeida@gmail.com

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 01 – 12630-000 – Cachoeira Paulista – São Paulo – SP - Brasil
romulo.augusto@cptec.inpe.br

Abstract. The knowledge of the water balance is crucial in agricultural production, as it allows to determine the hydrological regime of a site and monitor the change in water storage in the soil. One of the most important factors in the water balance is rainfall and this variable has a very wide variation timeline. Another factor accentuates this problem is the lack of adequate rainfall network. An alternative to solve these problems is the use of remote sensing data. The Tropical Rainfall Measuring Mission satellite has TRMM instruments for rainfall estimates, but studies are needed to validate these data are. Given the circumstances this study sought to examine the quality of data from TRMM satellite, apply them in water balance to determine their behavior in relation to the acquired data on rainfall station in the cities of Aragarças, Catalan and Formosa in the state of Goiás from January to December 2013 data from the rainfall station along with the satellite data TRMM 3B42 products V_7 and real time statistical calculations were submitted by the linear correlation coefficient, average error, root mean square error and index of agreement and calculating the climatic water balance proposed by Thornthwaite and Mather method was used. After statistical analysis of the data we can see that the products of the TRMM satellite provided a satisfactory estimate in the application of water balance in the city studied the state of Goiás.

Palavras-chave: precipitation, water balance, remote sensing, precipitação, balanço hídrico, sensoriamento remoto

1. Introdução

O desenvolvimento das práticas agrícolas exige o conhecimento dos períodos em que o impacto climático causado pela deficiência hídrica que se torna um fator limitante da produção. A compreensão da distribuição espaço-temporal da precipitação em determinada região é essencial no planejamento hídrico.

O balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite & Mather (1955) permite determinar o regime hídrico de um local sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. A principal função deste balanço é servir como base para uma classificação climática e é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo através da contabilização do suprimento natural de água ao solo pela chuva, da demanda atmosférica pela evapotranspiração potencial e de um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao estudo em questão.

Diante da má distribuição de postos pluviométricos e a alta variabilidade da precipitação, os dados de sensoriamento remoto surgem como uma alternativa de estimativa de precipitação.

O satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) foi lançado em novembro de 1997 visando monitorar e estudar a precipitação nos trópicos, além de verificar com a mesma influência o clima global (Kummerow et al., 2000). Segundo Barrera (2005), este é um dos satélites mais bem equipados em termos de instrumentos para estimativa de precipitação, fornecendo dados mais precisos do que técnicas indiretas, baseadas em imagens de satélite. Entretanto, ainda são necessários estudos que validem essas informações, visando quantificar sua precipitação e estabelecer uma aplicação direta desses produtos (Kummerow et al., 2000; Kurtzman et al., 2009; Karaseva et al., 2011).

Dentro deste contexto, o presente estudo busca analisar a qualidade dos dados de precipitação em uma escala mensal e decenal do ano de 2013, obtidos pelo satélite TRMM dos produtos 3B42 V_7 e Real Time com o objetivo de analisar sua resposta no balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite & Mather em três regiões do estado de Goiás.

2. Metodologia de Trabalho

Os dados utilizados foram obtidos por três fontes de dados de precipitação, uma proveniente da estação pluviométrica e as outras duas por estimativas oriundas do satélite TRMM (algoritmo 3B42 versões 7 e real time).

Os dados de precipitação pluviométrica foram coletados em três cidades do Estado de Goiás provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), conforme as normas da Organização Meteorológica Mundial (OMM), para o período de janeiro de 2013 à dezembro de 2013, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 – Localização dos postos pluviométricos da área de estudo

Estação	Latitude (graus)	Longitude (graus)	Altitude (metros)	Código OMM
Aragarças – GO	-15.9	-52.23	345.00	83368
Catalão – GO	-18.18	-47.95	840.47	83526
Formosa – GO	-15.54	-47.33	935.19	83379

Fonte: INMET (2014)

Os dados de estimativa de precipitação por satélite utilizadas foram provenientes do algoritmo 3B42 Versão 7 que são obtidas a partir da Técnica TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) (Huffman et. al., 2007). Tal técnica consiste de uma combinação de estimativas de precipitação do canal de microondas provenientes do TRMM Microwave Imager (TMI), Special Sensor Microwave Imager (SSM/I), Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E), Advanced Microwave Sounding Radiometer (AMSU-B), Canal Infravermelho (IR) através do Goes Precipitation Index (GPI) e com informações de precipitação mensais de superfície, provenientes do Global Precipitation Climatology Center (GPCC).

O produto 3B42 versão Real Time (RT) tem resolução temporal de 3 horas e resolução espacial de 0,25°, e sua composição segue as etapas da estimação do produto “*research*” com a diferença de que as calibrações feitas para a estimativa de chuva por microondas apenas é efetuada com o TMI (Imageador de Micro-ondas) e não com o PR (Radar de Precipitação), devido a indisponibilidade do PR em tempo real (Huffman et. al., 2007; Vila et. al., 2009).

Os dados de precipitação provenientes das três fontes foram avaliados pelos seguintes indicadores estatísticos: coeficiente de correlação linear (r), erro médio, raiz do erro médio ao

quadrado (*Root-Mean Square Error*, RMSE) e índice de concordância também chamado índice “d” de Willmott.

O cálculo do Erro Médio é definido como sendo a diferença entre a previsão e o dado observado de precipitação pela razão do número de dias estudados. Para os resultados que apresentam valores positivos de precipitação, tem-se superestimativa e valores negativos, subestimativas. Uma previsão perfeita ocorre quando o erro for igual a zero (Moura, 2010).

O cálculo de RMSE tem o objetivo de avaliar o grau de confiabilidade das estimativas. Segundo Adeyewa e Nakamura (2003), quando o RMSE relativo (valor absoluto dividido pela média) é inferior a 50%, as estimativas podem ser consideradas confiáveis.

O índice de Willmott indica o grau de associação entre duas características a partir de uma série de observações, é um valor adimensional, variando de 0 para nenhuma concordância e 1 para uma boa concordância.

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico foi utilizado o método proposto por Thornthwaite & Mather (1955) através do programa “BHnorm” elaborado em planilha eletrônica por Rolim et al.(1998) e Sentelhas et al. (1999) que considera uma variação de armazenamento de água no solo uma CAD (Capacidade de água disponível) de 100 mm, recomendada para culturas anuais (Pereira et. al., 2012) para as três cidades do Estado de Goiás, com os dados de precipitação da estação pluviométrica, 3B42 V_7 e Real Time, correlacionando com os dados de déficit e excedente obtidos no cálculo do balanço hídrico.

3. Resultados e Discussão

Na tabela 1 são apresentados os resultados das análises realizadas entre os dados de precipitação da estação pluviométrica versus o estimado pelo satélite TRMM produto 3B42 V_7. As correlações mensais e decenciais dos dados apresentaram valores acima de 80%. O Erro Médio mostra que nas cidades de Aragarças e Catalão ocorreu uma superestimativa e na cidade de Formosa houve uma subestimativa dos dados de satélite que ficou entre -0,324 a 0,329. O RMSE mensal apresentou resultados melhores em comparação com os decenciais. Já o índice de concordância apresentou resultados que ficaram bem próximos de 1.

Tabela 1 – Resultado da Correlação (r) mensal e decencial, Raiz do Erro Médio ao Quadrado RMSE mensal e decencial e Índice de Concordância de Willmott (d) mensal e decencial da estação pluviométrica e o algoritmos 3B42 V7.

Cidades	r mensal	r Decencial	Erro Médio Mensal	Erro Médio Decencial	RMSE Mensal	RMSE Decencial	Índice de Willmott
Aragarças – GO	0,974	0,937	0,693	0,702	13,240	13,336	0,993
Catalão – GO	0,969	0,935	0,115	0,117	2,208	2,224	0,999
Formosa – GO	0,945	0,878	-0,324	-0,329	6,202	6,245	0,998

Na tabela 2 são apresentados os resultados das análises realizadas entres os dados de precipitação da estação pluviométrica versus o estimado pelo satélite TRMM produto Real Time. Os resultados da tabela 2 são bem próximos aos encontrados na tabela 1. Os valores de correlação permaneceram entre 0,80 a 1. Para a cidade de Aragarças o algoritmo Real Time superestimou um valor menor que o algoritmo V_7, com valores de RMSE abaixo de 50% que considera as estimativas confiáveis.

Tabela 2 – Resultado da Correlação (r) mensal e decencial, Raiz do Erro Médio ao Quadrado RMSE mensal e decencial e Índice de Concordância de Willmott (d) mensal e decencial da estação pluviométrica e o algoritmo Real Time.

Cidades	r mensal	r Decencial	Erro Médio Mensal	Erro Médio Decencial	RMSE Mensal	RMSE Decencial	Índice de Willmott
Aragarças – GO	0,964	0,904	0,641	0,649	42,700	12,326	0,994
Catalão – GO	0,953	0,893	0,334	0,339	6,396	6,440	0,998
Formosa – GO	0,935	0,861	-0,630	-0,622	11,884	11,884	0,992

Logo, a cidade de Catalão ocorreu uma pequena superestimativa dos dados. Na cidade de Formosa ocorreu uma subestimação nas estimativas provenientes do algoritmo Real Time. Na tabela 2 o índice de concordância exibe resultados satisfatórios.

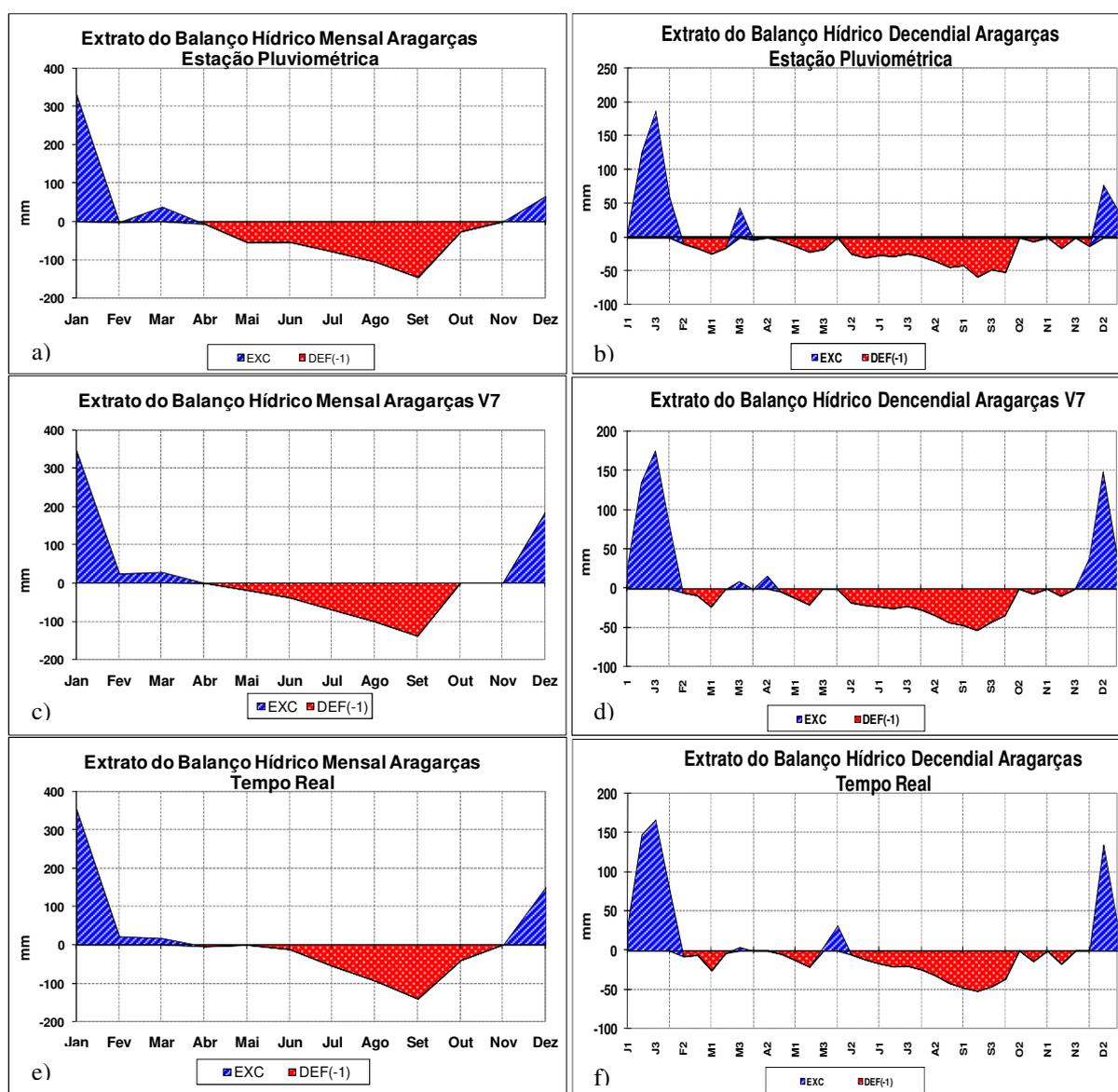


Figura 1 – Extrato do balanço hídrico mensal e decencial da cidade de Aragarças – GO da estação pluviométrica (a, b), dos algoritmos 3B42 V_7 (c, d) e Real Time (e, f) do período de janeiro à dezembro de 2013.

A figura 1 apresenta os extratos mensais e decendiais da cidade de Aragarças, contendo a análise dos três métodos de aquisição de dados de precipitação. Na interpretação gráfica as duas fontes de dados provenientes do satélite TRMM apresentaram homogeneidade em relação aos dados obtidos na estação pluviométrica. A precipitação média anual na cidade de Aragarças foi de 1.559 mm/ano em 2013, com o período de julho e agosto com 0 mm/mês de precipitação. Com a redução da precipitação e aumento da temperatura no trimestre (julho-agosto-setembro) ocorreu uma redução no nível de água armazenada no solo, resultando em uma deficiência hídrica de 78,9; 105,3; 145,3 mm/mês referente ao trimestre. O período de janeiro a março e outubro a dezembro exibem uma concentração maior de chuva, onde foram registrados até 329,7 mm/mês de excedente hídrico.

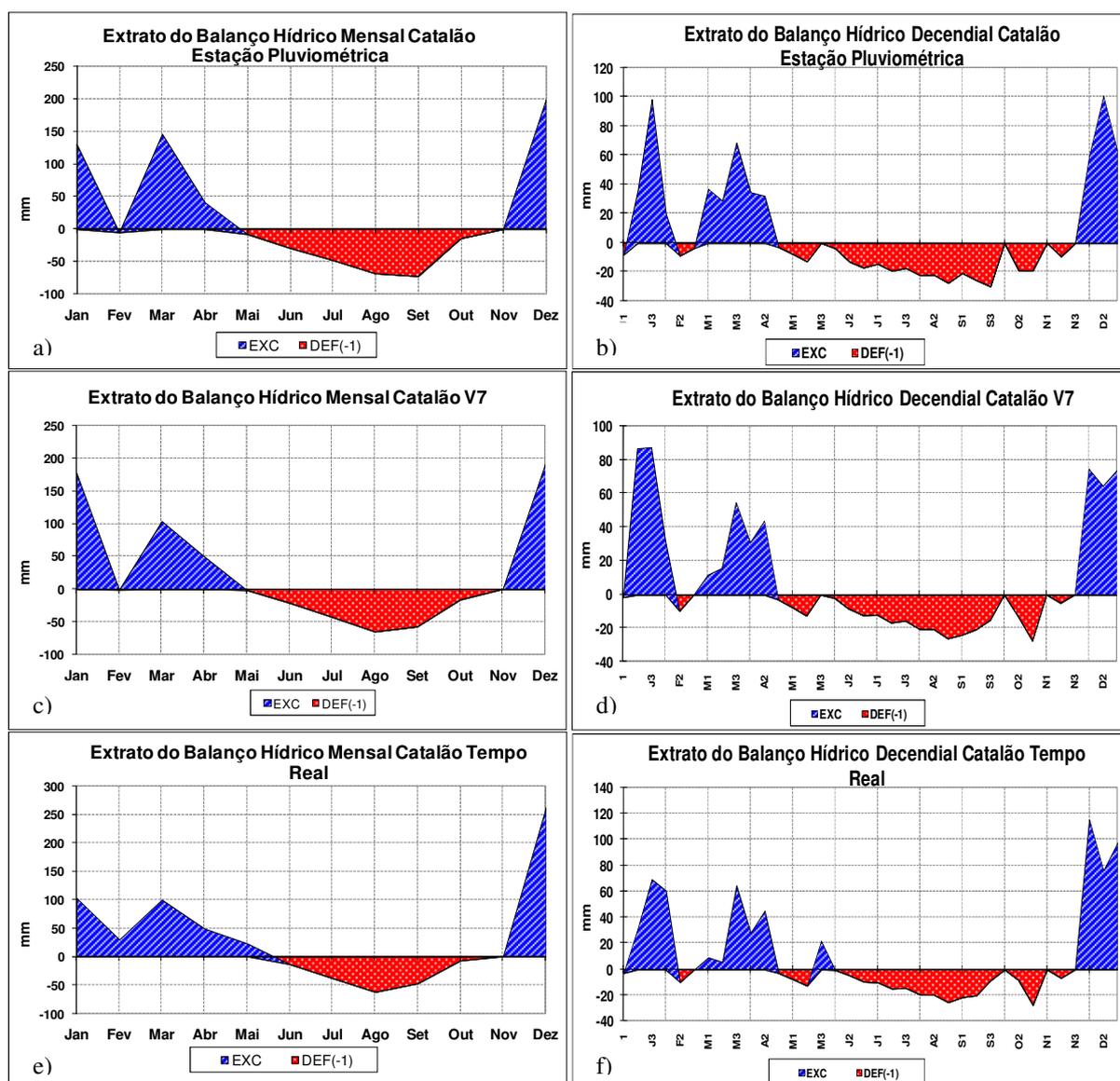


Figura 2 – Extrato do balanço hídrico mensal e decendial da cidade de Catalão – GO da estação pluviométrica (a, b), dos algoritmos 3B42 V_7 (c, d) e Real Time (e, f) do período de janeiro à dezembro de 2013.

A figura 2 apresenta os extratos mensais e decendiais da cidade de Catalão, onde é possível notar a proximidade dos dados provenientes do satélite TRMM com os dados obtidos na estação pluviométrica. A precipitação média anual na cidade de Catalão foi de 1.434 mm/ano em 2013, no mês julho e agosto não ocorreu precipitação, resultando em uma

deficiência hídrica de 47,7 e 68,5 mm/mês. O período de maior acúmulo hídrico foi no mês de dezembro de 2013, onde se registrou 199,3 mm/mês de excedente hídrico.

A figura 3 mostra os extratos mensais e decendiais da cidade de Formosa. Relativamente existe uma proximidade dos dados do satélite com os da estação pluviométrica ainda que o mesmo subestime ou superestime os dados. Na cidade de Formosa a precipitação média ficou em torno de 1.569 mm/ano, seu período de menores registros de precipitação foram nos meses de junho, julho e agosto causando um déficit hídrico de 26,5; 55,9; 75 respectivamente nos meses anteriormente citados. O mês de dezembro registrou um maior volume de excedente hídrico em torno de 212 mm/mês.

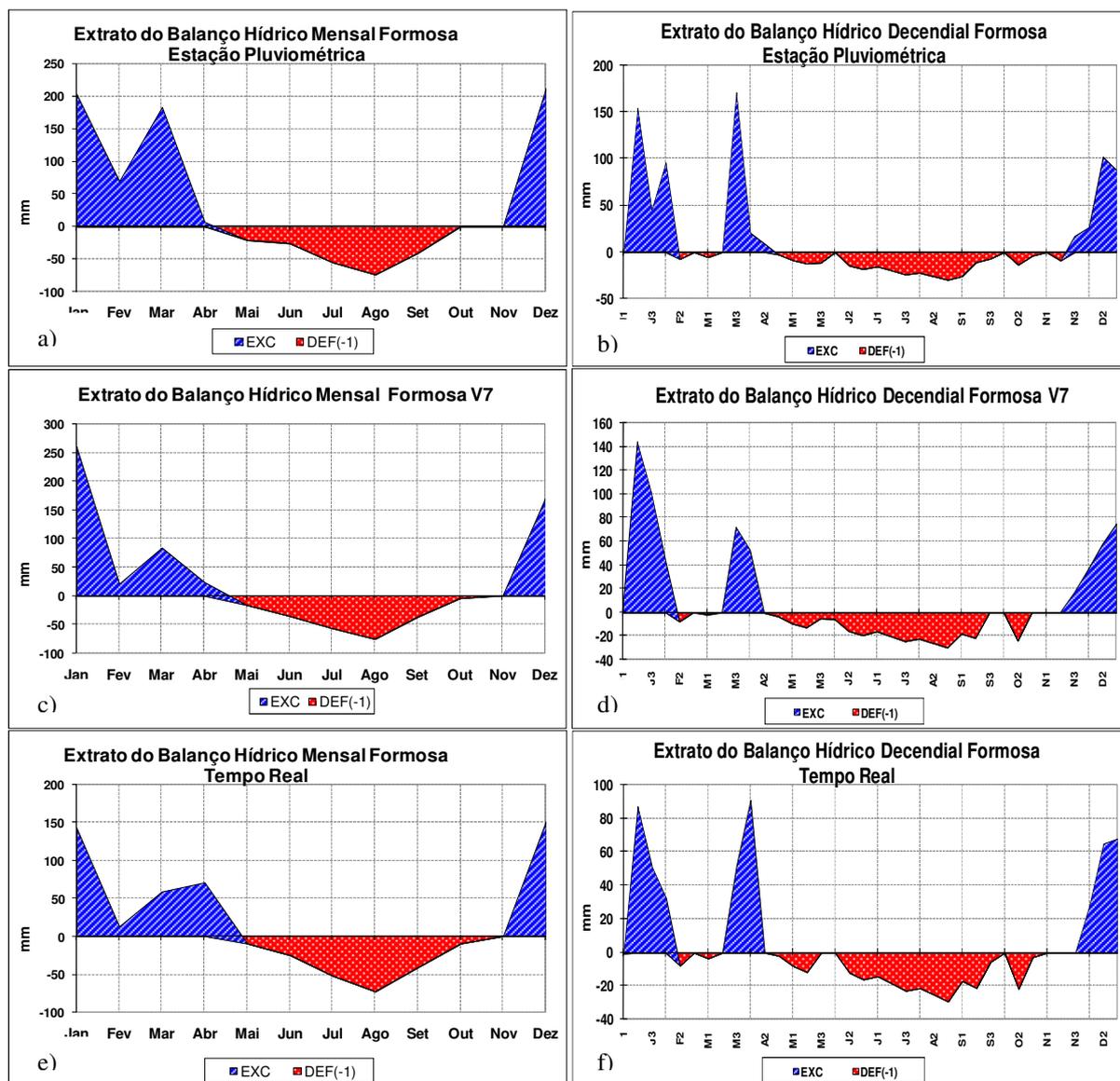


Figura 3 – Extrato do balanço hídrico mensal e decendial da cidade de Catalão – GO da estação pluviométrica (a, b), dos algoritmos 3B42 V_7 (c, d) e Real Time (e, f) do período de janeiro à dezembro de 2013.

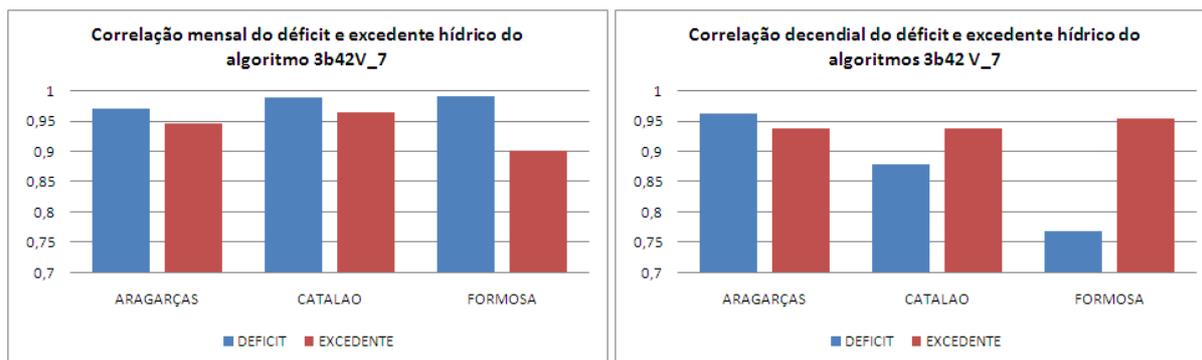


Figura 4 – Correlação dos valores de déficit e excedente hídrico da estação pluviométrica e o algoritmo 3B42 Versão 7.

A figura 4 apresenta os resultados das correlações encontradas a partir dos valores calculados no balanço hídrico de déficit e excedente comparando as duas fontes de precipitação provenientes do satélite com a estimativa da estação pluviométrica. A correlação mensal do algoritmo 3b42 V_7 obteve resultados bem próximos de 1. Logo, a correlação decenal do algoritmo 3b42 V_7 no município de Formosa foi encontrado um valor abaixo de 0,8.

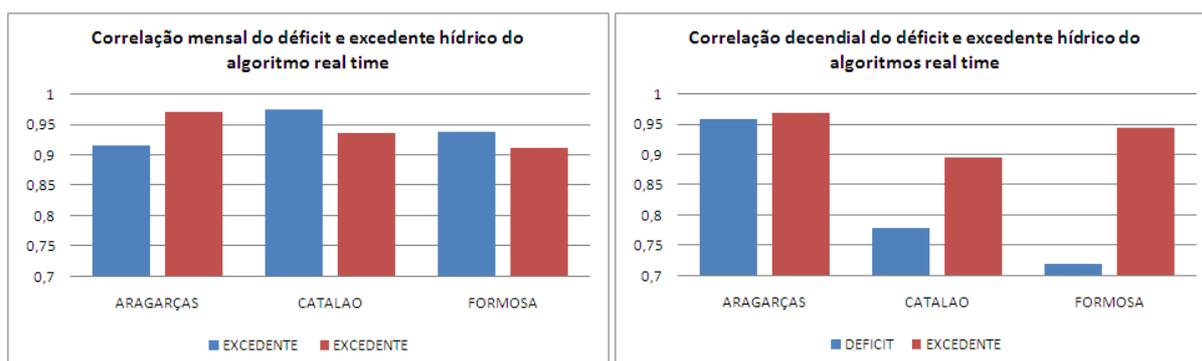


Figura 5 – Correlação do déficit e do excedente hídrico da Estação Pluviométrica e o algoritmo 3B42 Tempo Real.

Na figura 5 foi comparado os resultados do deficit e excedente mensal e decenal da estação pluviométrica e o algoritmo Real Time. Na correlação mensal os valores permaneceram acima de 0,9 e na decenal acima de 0,7.

Tabela 3 – Correlação mensal e decenal do valores de déficit e excedente hídrico do 3B42 e a estação pluviométrica

Cidades	Correlação mensal déficit V7	Índice de Concordância do déficit mensal V7	Correlação mensal excedente V7	Índice de Concordância do excedente mensal V7	Correlação decenal déficit V7	Índice de Concordância do déficit decenal do V7	Correlação decenal excedente V7	Índice de Concordância do excedente decenal do V7
Aragarças	0,972	0,981	0,947	0,974	0,963	0,988	0,937	0,886
Catalão	0,990	0,991	0,964	0,999	0,879	0,993	0,937	0,999
Formosa	0,990	0,999	0,902	0,989	0,767	0,997	0,955	0,984

As tabelas 3 e 4 mostram os resultados encontrado de correlação e índice de concordancia mensal e decenal a partir dos valores calculados no balanço hídrico de déficit e excedente. Os resultados tanto da correlação quanto do índice de concordancia apresentaram valores consistentes.

Tabela 4 – Correlação mensal e decenal dos valores de déficit e excedente hídrico do Real Time e a estação pluviométrica

Cidades	Correlação mensal déficit V7	Índice de Concordância do déficit mensal RT	Correlação mensal excedente RT	Índice de Concordância do excedente mensal RT	Correlação decenal déficit RT	Índice de Concordância do déficit decenal do RT	Correlação decenal excedente RT	Índice de Concordância do excedente decenal do RT
Aragarças	0,916	0,971	0,971	0,985	0,958	0,996	0,968	0,964
Catalão	0,974	0,959	0,936	0,997	0,779	0,975	0,896	0,981
Formosa	0,984	0,999	0,870	0,944	0,791	0,999	0,978	0,958

Os índices de concordância encontrados nas análises dos extratos do balanço hídrico indicam que os dados do TRMM são consistentes e descrevem com relevância estatística a precipitação de cada cidade do estado de Goiás analisada.

4. Conclusões

O método aplicado neste trabalho avaliou os produtos do satélite TRMM algoritmo V_7 e Real Time que forneceram uma estimativa próxima dos dados medidos em superfície através do pluviômetro. As análises estatísticas mensais e decenais indicaram de modo geral uma proximidade nos valores de precipitação. A utilização dos dados de precipitação do satélite TRMM pode ser tomada como uma ferramenta eficaz na caracterização de disponibilidade hídrica regional principalmente para preencher as lacunas deixadas devido à ausência de estações pluviométricas.

O algoritmo versão RT apresentou um ótimo desempenho no emprego em estudos do balanço hídrico climatológico. No entanto, apesar de tal desempenho ter sido inferior ao da V_7, que possui diversos ajustes, dentre eles o ajuste com dados pluviométricos, o RT mostrou ser útil também para monitoramento do balanço hídrico em tempo quase-real.

Os dados de satélite juntamente com os dados da estação pluviométrica caracterizaram de forma bem semelhante no cálculo do balanço hídrico os períodos de excesso ou escassez de água, informações que contribuem no planejamento e manejo agrícola sobre a quantidade de água disponível no solo.

Referências Bibliográficas

- BARRERA, D. F. Precipitation estimation with the hydro-estimator technique: its validation against rainge observation. VII Congresso do IAHS, Foz do Iguaçu, 3-9 de abril de 2005.
- HUFFMAN, G. J. et al. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quase-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of Hydrometeorology*, 8,38-55, 2007.
- INMET. Dados brutos estações pluviométrica. Disponível em: www.inmet.gov.br Acesso em 02 de fevereiro de 2014.
- Karaseva, M.; Prakash, S.; Gairola, R. Validation of high-resolution TRMM-3B43 precipitation product using rain gauge measurements over Kyrgyzstan. *Theoretical and Applied Climatology*, v.108, p.147-157, 2011.
- Kummerow, C.; Simpson, J.; Thiele, O. The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit. *Journal of Applied Meteorology*, v.39, p.1965- 1982, 2000.
- Kurtzman, D.; Navon, S.; Morin, E. Improving interpolation of daily precipitation for hydrologic modelling: Spatial patterns of preferred interpolators. *Hydrological Processes*, v.23, p.3281-3291, 2009.
- MOURA, R.G de; Herdies, D.L; MENDES, D; DAMIÃO, M.C. Avaliação da precipitação do modelo regional ETA utilizando as análises do CPTEC e NCEP. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, volume 25, fascículo nº 1, Março 2010.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, John R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, p.104. 1955.
- VILA, D.A; GONÇALVES, L.G.G.; TOLL, D.L.; ROZANTE, J.R 2009. Statistical evaluation of combined daily gauge observations and rainfall satellite over continental South America. *Journal of Hydrometeorology*, Boston, v.10, n. 2, Apr., p. 533-543.