

**AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO, OBTIDAS POR
SATÉLITES COM ESTAÇÕES DE SUPERFÍCIE NO ESTADO DE GOIÁS.**

Victor Hugo Moraes¹, Pedro Rogerio Giongo²

¹Discente do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Santa Helena de Goiás, GO, victor.cml@hotmail.com

²Docente do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Santa Helena de Goiás, GO, pedro.giongo@ueg.br

RESUMO

Objetivando analisar de forma comparativa os dados de precipitação pluvial por meio do satélite TRMM e de evapotranspiração, pelo satélite MODIS, com dados de superfície, oriundos de estações meteorológicas, foi escolhido para o estudo o estado de Goiás, com área de aproximadamente 340.111,783 km² segundo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Foram utilizados dados mensais coletados em estações meteorológicas (automáticas e convencionais), distribuídas e representativas no Estado de Goiás para os anos de 2012 e 2013. A coleta de dados das estações foi feita através do site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e os dados satelitários foram disponibilizados através do LAPIG-MAPS. Depois de finalizar a coleta de dados nesta pesquisa, os dados das estações de precipitação foram comparados com os pixels das imagens TRMM, cujo pixel correspondente seja o mais central às coordenadas geográficas da estação, assim como os dados de evapotranspiração de superfície foram comparados com os pixels das imagens MOD16, e posteriormente foram criados mapas trimestrais para o ano de 2012 e 2013. Os dados do satélite TRMM, apresentaram boa correlação com os valores de precipitação das estações meteorológicas de superfície para todo o Estado de Goiás; A evapotranspiração do satélite MODIS (MOD16), obteve alta correlação com os dados de superfície apenas nos período de chuva, e baixa correlação no período seco para todo o Estado de Goiás.

Palavras-chave: Satélites meteorológicos, estações meteorológicas, precipitação, evapotranspiração.

INTRODUÇÃO

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

As medidas e estimativas de precipitação e evapotranspiração, podem ser feitas por meio de estações meteorológicas ou por meio de satélites meteorológicos. Os dois tipos apresentam vantagens e desvantagens, e podem pender para um ou outro lado, dependendo da atividade que será realizada e com qual objetivo.

A precipitação é um dos parâmetros climatológicos mais importantes para a formação socioeconômica e ambiental de uma região.

Com o objetivo específico de medições da precipitação nos trópicos, em 1997, a NASA em parceria com JAXA (Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial) lançaram o satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). O TRMM possui dois objetivos principais: compreender a distribuição espacial das chuvas nas regiões tropicais e analisar os sistemas convectivos e a distribuição de calor (WEITER, 2007).

A evapotranspiração é um dos mais importantes fatores mediadores do clima tanto em escala global quanto local, constituindo na ligação entre energia, clima e hidrologia (BRAUN, et al., 2001). Estima-se que, por meio da evapotranspiração, 60 a 80% do volume precipitado retorna à atmosfera, fato que lhe confere o *status* de agente regulador fundamental das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, bem como das mais diversas atividades humanas, como por exemplo, agricultura (VICTORIA, 2004).

O conhecimento da evapotranspiração em escala regional é indispensável em planos de gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que, juntamente com outros fatores, condiciona temporal e espacialmente as disponibilidades e os déficits (SANTIAGO, 2001; ALKAEEDET al., 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo foi escolhido o estado de Goiás, com área de aproximadamente 340.111,783 km² segundo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Foram utilizados dados mensais coletados em estações meteorológicas (automáticas e convencionais), distribuídas e representativas no Estado de Goiás. A coleta de dados das estações foi feita através do site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O banco de dados do INMET fornece dados diários e acumulado mensal, permitindo assim a obtenção dos dados de precipitação mensal dos anos de 2012 a 2013.

Os dados do satélite TRMM, foram adquiridos na plataforma LAPIG-MAPS, mantida pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG/UFG).

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

O produto TRMM utilizado neste estudo é o 3B43, que se trata de um produto mensal, de baixa resolução espacial de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ (aproximadamente 30 x 30 km).

Para estimar os valores mensais de evapotranspiração nas estações de superfícies, foram utilizados somente alguns dados, ou seja, os mais comuns, disponibilizados pelas estações meteorológicas devido ao fato de nem todas as estações possuírem em seu banco de dados todos os dados meteorológicos, e em seguinte aplicando os valores no método de Hargreaves, estimando o acumulado mensal de evapotranspiração pela seguinte equação:

$$ET_o = 0,0023(T_{med} + 17,8)(T_x - T_i)^{0,5} R_a \quad (\text{Eq. 1})$$

em que : T_{med} , T_x e T_i em $^\circ\text{C}$, representam, respectivamente, as temperaturas média, máxima e mínima e R_a é a radiação solar no topo da atmosfera (mm dia^{-1}).

A radiação solar no topo da atmosfera, foi obtido segundo a metodologia recomendada por ALLEN et al. (1998).

$$R_a = \frac{24,60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r (H \cdot \text{sen}\theta \cdot \text{sen}\delta + \cos\theta \cdot \cos\delta \cdot \text{sen}H) \quad (\text{Eq. 2})$$

onde G_{sc} é a constante solar (valor médio de $0,082 \text{ MJ m}^2 \text{ min}^{-1}$); d_r é o inverso da distância relativa da terra ao sol (raio vetor); H é o ângulo horário do pôr-do-sol (radianos); θ é a latitude do local (radianos); δ é a declinação solar (radianos). A distância em relação inversa Terra-Sol, d_r , e a declinação solar, δ , são dadas por:

$$dR = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\delta = 0,409 \cdot \text{sen}\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,405\right) \quad (\text{Eq.4})$$

onde: J , é o dia Juliano, ou seja é o número do dia sequencial do ano entre 1 (1 de Janeiro), e 365 ou 366 (31Dezembro).

Os dados do sensor MODIS para o acumulado de evapotranspiração mensal utilizados nesta pesquisa, foram adquiridos na plataforma LAPIG-MAPS (LAPIG, 2015).

A seleção de dados de evapotranspiração pelo MODIS foi realizada de acordo com a disponibilidade temporal de cada produto, em escala mensal. O produto selecionado para este estudo foi o MOD16 (evapotranspiração).

Depois de finalizar a coleta de dados nesta pesquisa, os dados das estações de precipitação foram comparados com os pixels das imagens TRMM, cujo pixel correspondente seja o mais central às coordenadas geográficas da estação, assim como os dados de evapotranspiração de superfície foram comparados com os pixels das imagens MOD16.

Os dados de precipitação mensal e temperatura máxima, temperatura mínima, radiação solar para obter os valores da evapotranspiração mensal pelo método de Hargreaves,

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

foram obtidos através do banco de dados do Instituto Nacional de meteorologia (INMET, 2015). O INMET disponibiliza os dias que ocorreram precipitação ao longo de cada mês, o qual todos os dados foram somados, e no final, sabendo a precipitação acumulada em cada mês. Para a obtenção dos dados de evapotranspiração mensal acumulada, foi preciso usar o método de Hargreaves, onde necessita da temperatura máxima e mínima mensal, e somando as duas (máxima e mínima) e dividindo por 2, adquiriu a temperatura média mensal.

Os dados satelitários de precipitação, foi utilizado o produto TRMM, e para a obtenção dos dados de evapotranspiração foi utilizado imagens do sensor MODIS16A2, onde esses dados foram obtidos através do banco de dados do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG, 2015). Para busca das informações, baseou-se nas coordenadas geográficas latitude e longitude de cada estação meteorológica de superfície, adquiridas no INMET. A coordenada geográfica identifica o pixel correspondente a localização da estação meteorológica de superfície (Tabela 1). Posteriormente foram correlacionados os dados de precipitação e evapotranspiração satelitários e de superfície.

TABELA1- Lista de estações meteorológicas de superfície situadas no Estado de Goiás com sua localização geográfica e altitude.

Cidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Alto Paraiso de Goiás	-14,133074°	-47,523258°	1265
Aragarças	-15,902658°	-52,245172°	327
Cristalina	-16,784896°	-47,612966°	1211
Goianésia	-15,220199°	-48,990107°	667
Goiânia	-16,642841°	-49,220222°	727
Goiás	-15,939729°	-50,141433°	513
Itapaci	-14,979792°	-49,539977°	551
Jatai	-17,923622°	-51,717467°	670
Luziânia	-16,260542°	-47,966962°	1001
Mineiros	-17,569319°	-52,596483°	713
Monte Alegre de Goiás	-13,253520°	-46,890326°	551
Niquelândia	-14,469358°	-48,485756°	664
Paraúna	-16,962536°	-50,425450°	679
Posse	-14,089210°	-46,366497°	830
Rio Verde	-17,785303°	-50,964869°	780

Fonte: Organizado pelo autor a partir dos dados do INMET (2015)

Para a interpolação e confecção dos mapas de precipitação e evapotranspiração de superfície, foi utilizado o programa gráfico SURFER versão 8.0. Foram criados mapas

trimestrais para o ano de 2012 e 2013. Para a criação dos mapas, foi necessário fornecer ao programa as coordenadas x, y e z que são respectivamente a longitude, a latitude, e a variável de espacialização. O SURFER V. 8.0, permite a entrada de dados, diretamente de planilhas, que foram organizadas em Excel. O método geostatístico de interpolação utilizado foi o de Krigagem, e em seguida, realizou-se o tratamento dos dados espacializados, de forma a obter o recorte do mapa com contorno do Estado de Goiás, bem como legenda e informações adicionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 visualiza a correlação entre os dados TRMM com dados das estações de superfície distribuídas no Estado de Goiás nos anos de 2012 e 2013.

Observa que em 2012, as estações de Mineiros, Itapaci e Cristalina, obtiveram menores correlação ($R^2 < 0,7$), observa ainda que as maiores discrepâncias são oriundas dos meses que correspondem ao período seco. Ainda pode citar que possivelmente alguns erros de registro das estações de superfície podem contribuir para outros erros.

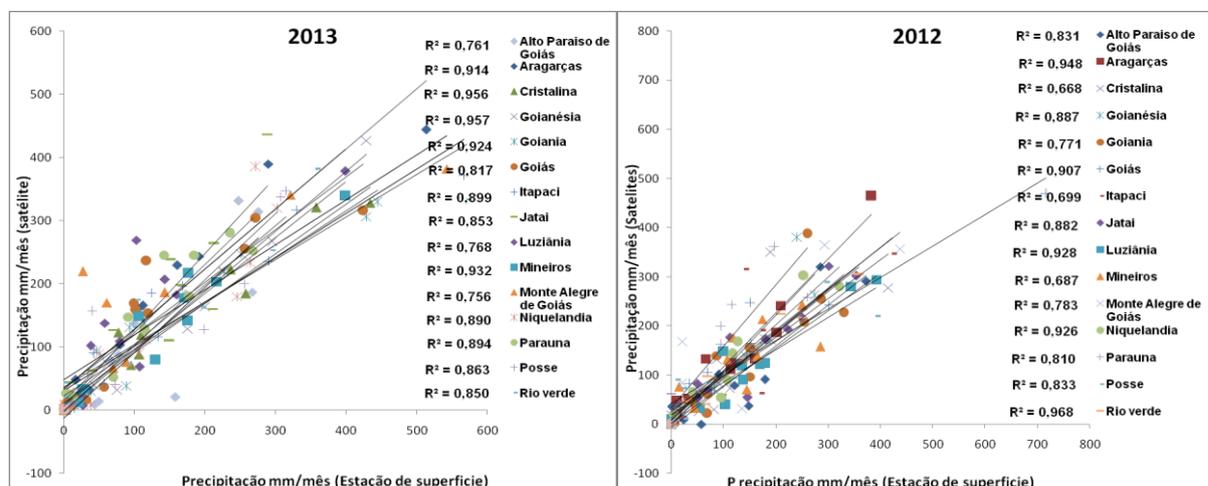


Figura 1: Relação entre precipitação mensal estimada por satélite e estações de superfície para o período de 2012 a 2013, no Estado de Goiás.

As estações de Rio Verde ($R^2=0,968$) seguido de Aragarças ($R^2=0,948$), obtiveram maior correlação para o ano de 2012, ou seja, menores diferenças entre as duas fontes de dados. Para o ano de 2013, o maior coeficiente de correlação foi para Goianésia ($R^2=0,957$), seguido das cidades de Cristalina, Mineiros, Goiânia e Aragarças com o $R^2 > 0,9$. A menor correlação obtida foi para Monte Alegre de Goiás ($R^2=0,756$). Para o ano de 2013,

obteve maiores valores de R^2 , comparando com os valores obtidos no ano de 2012, ou seja, para 2013, a diferença de valores entre as duas fontes de dados foi menor.

Os menores valores de R^2 pode se dar por diferentes formas, a considerar a dificuldade dos sensores remoto em detectar baixas precipitações ou por erros de registros de estações de superfície.

A alta correlação entre os dados de estações meteorológicas de superfície e dados de satélites permitem afirmar uma alta confiabilidade a todos os demais dados da imagem de satélite quando comparados com os dados pontuais de superfície, também observado pelas Figuras 2 com dados de superfície e Figura 3 com dados do TRMM.

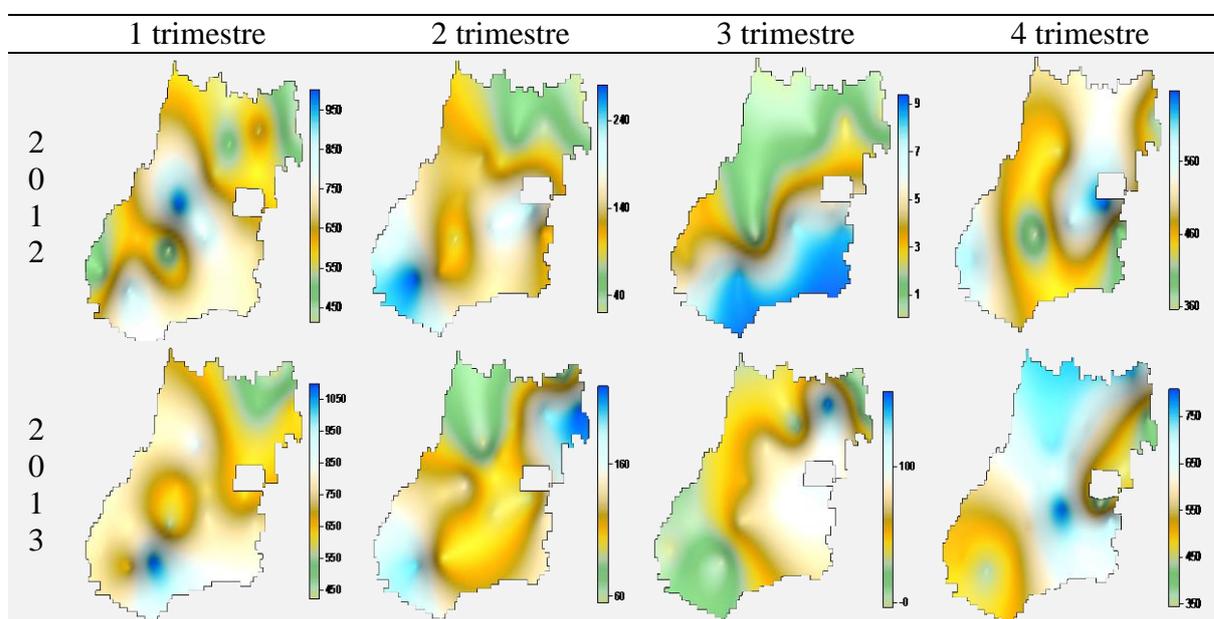


FIGURA 2: Distribuição espacial por interpolação de valores acumulados de precipitação (mm) trimestrais no estado de Goiás (2012 e 2013) com dados de 15 estações meteorológicas de superfície.

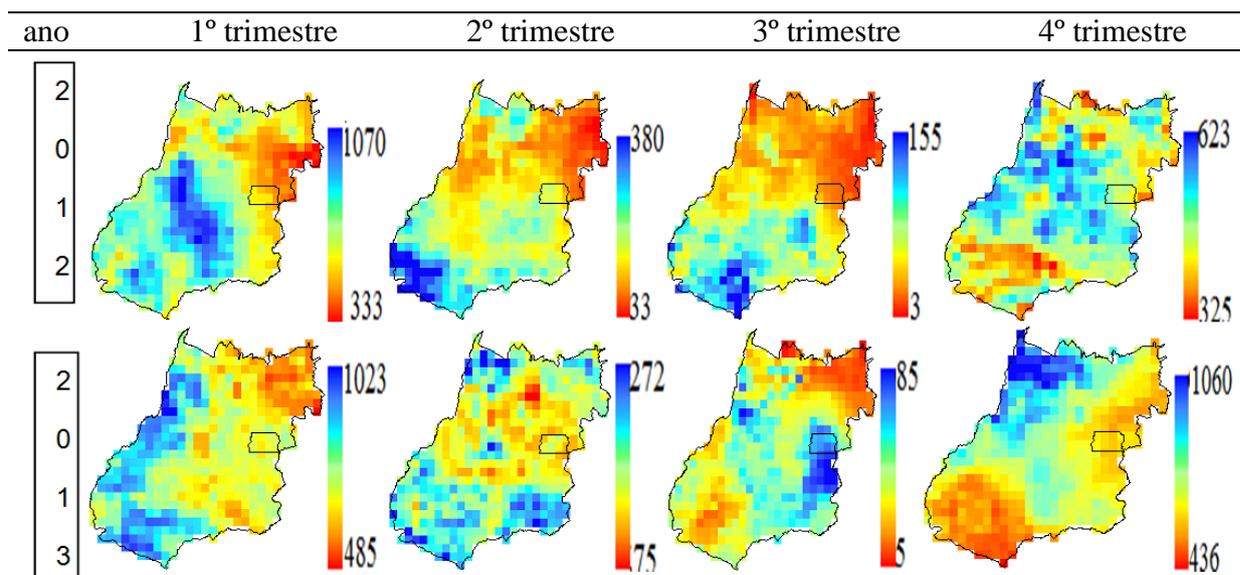


FIGURA 3: Distribuição espacial de precipitação (mm) trimestral no Estado de Goiás para os anos de 2012 e 2013 com dados do TRMM.

Os dados trimestrais de precipitação das estações de superfície quando submetidos a interpolação e comparados com os mapas gerados aos dados do TRMM, apresentaram alta relação. Os resultados desta pesquisa corroboram com os encontrados por Sousa et al. (2013), que também trabalharam com dados do satélite TRMM, para precipitação na região do Pantanal mato grossense.

O terceiro trimestre para os mapas (Figuras 2 e 3) é registrado as menores precipitação, tanto para os dados da estação de superfície quanto os dados do TRMM, caracterizando o período seco em praticamente todo o Estado de Goiás. Para os demais trimestres, os dados também foram bem semelhantes, ainda comparando a Figura 2 e a Figura 3. Esses resultados estão semelhantes aos encontrados por LEIVAS (2009), que já constatou também alta semelhança entre dados do TRMM e estações pluviométricas de superfície.

Os resultados reforçam a confiabilidade dos dados de precipitação estimados por satélites para regiões que disponibilizam de poucas estações ou fonte de dados. Os dados de precipitação estimados a partir de satélites como o TRMM podem ser uma alternativa eficiente e barata quando comparados a instrumentos no solo, como estações meteorológicas e pluviométricas, que possuem custos mais elevados e necessitam de constante manutenção e aferição dos dados (NÓBREGA et al. , 2008).

Os dados trimestrais de evapotranspiração de superfície observado na Figura 4, comparado com os dados do MOD16 na Figura 5, apresentaram menor semelhança entre os dados gerados que a precipitação.

As principais diferenças nestes dados se dão pelas fontes de geração,

principalmente de dados de superfície, que necessitam o uso de equações empíricas, para estimativa de dados inexistentes em muitas estações meteorológicas do Estado.

A evapotranspiração é uma importante variável meteorológica que pode ser influenciado por diferentes fatores isolados ou inter relacionados, como: altitude local, velocidade e frequência de vento, tipo de cobertura vegetal, disponibilidade hídrica do solo, incidência de radiação, dentre outros.

Ainda pode citar a estimativa da evapotranspiração através do satélite (MOD16), e neste caso pode estar relacionado à forma como os dados estão agregados, ou ainda a cogeração de dados de vários produtos MODIS.

Ainda que os dados de evapotranspiração tenham apresentado menor correlação entre satélite e superfície, é possível identificar a potencialidade e disponibilidade de informações em larga escala espacial e temporal, considerando a falta de informação e sua importância para aplicação na área agrícola.

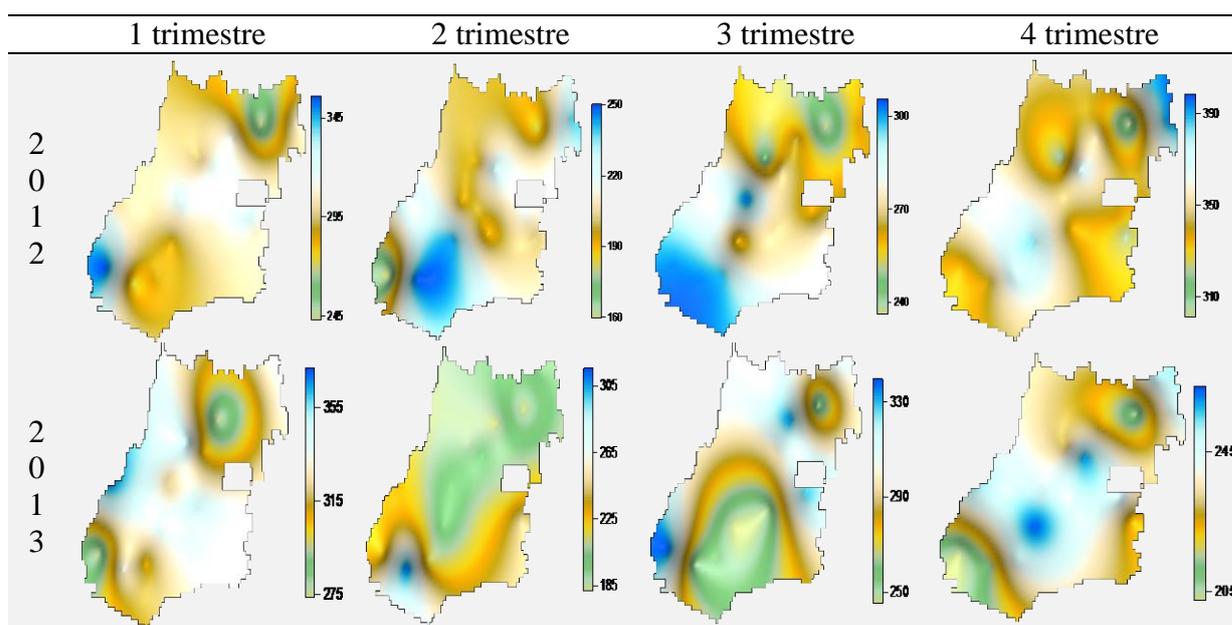


FIGURA 4: Distribuição espacial de evapotranspiração (mm) trimestrais no estado de Goiás (2012 e 2013) com dados de 15 estações meteorológicas de superfície.

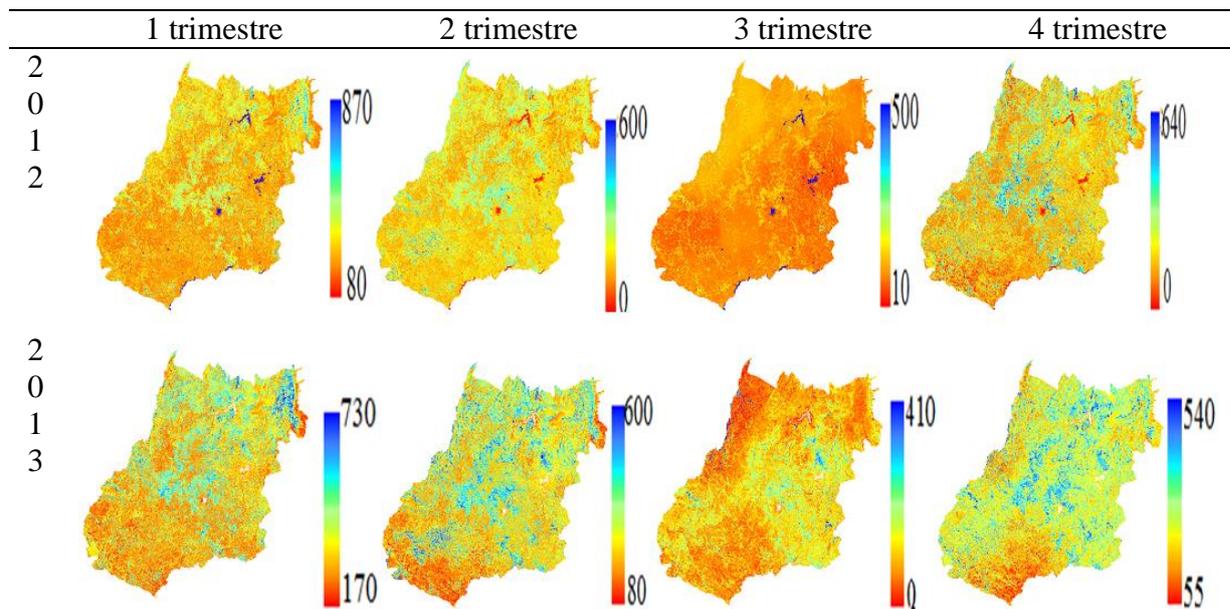


FIGURA 5: Distribuição espacial da evapotranspiração (mm) trimestral no Estado de Goiás (2012 e 2013) com dados obtidos pelo produto MOD16.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados do satélite TRMM, apresentaram boa correlação com os valores de precipitação das estações meteorológicas de superfície para todo o Estado de Goiás;

A evapotranspiração do satélite MODIS (MOD16), obteve alta correlação com os dados de superfície apenas nos período de chuva, e baixa correlação no período seco para todo o Estado de Goiás.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. In: Roma: 1998, 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, v.56).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução Gheyi, H. R. e outros. Campina Grande: UFPB; FAO, 1994. 306 p. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33.

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

FERREIRA, A.S.;MEIRELLES,M.S.P. Implementação preliminar do modelo SEBAL para estimativa da evapotranspiração na mesorregião do sul goiano. **In:** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 2 SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5576.

HARGREAVES, G. H. **Estimation of potential and crop evapotranspiration.** Transactions of the ASAE, Saint Joseph, v.17, n.4, p.701-704, 1974.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível no site: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm>, acessado em 12 de março de 2014.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível no site: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf, acessado em 12 de março de 2014.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível no site: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>, acessado em 23 de fevereiro de 2015

LAPIG - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Disponível no site: <http://www.lapig.iesa.ufg.br> , acessado em 24 de março de 2014.

LAPIG- Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Disponível no site: <http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig-maps/> , Acessado em 23 de fevereiro de 2015.

LEIVAS, J. F.; RIBEIRO, G. G.; DE SOUZA, M. B.; ROCHA FILHO, J. **Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p.1611-1616.

SOUSA, B. S. ARANTES, A. E., CARDOSO, M. R. D., FERREIRA, L. G. Análise comparativa entre dados TRMM e estações pluviométricas no Pantanal brasileiro: ano base 2006. **Anais...** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, PR, p. 6945-6952, 2013.

VICTORIA, D. C. **Estimativa da evapotranspiração da bacia do Ji-Paraná (RO) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 2004. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas). Esalq- USP, Piracicaba. 2004.

WEITER, E. J. Tropical Rainfall Measuring Mission TRMM. Senior Review Proposal, 2007. **Anais...** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE 6952.