

Comparação entre estimativas de cobertura de nuvens do sensor MODIS e observações visuais

Arcilan Trevenzoli Assireu¹
Enner Alcântara²
Michelle Simões Reboita¹
Marcelo de Paula Corrêa¹

¹Instituto de Recursos Naturais – Universidade Federal de Itajubá – Av. BPS, 1303 – B. Pinheirinho, Itajubá – MG.

E-mail: {assireu, mireboita, mpcorrea@gmail.com}

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Sensoriamento Remoto - Av. dos Astronautas, 1758, Jardim da Granja, São José dos Campos .

E-mail: enner@dsr.inpe.br

Abstract. Cloud is one of the most important variables related to planet's average temperature. Satellite-derived cloud cover, which can provide a large spatial coverage and multiple observational capabilities, still need to be validated to confirm these data generated from the remote sensors can be used to better determine the role that clouds play in global climate. In this paper, the daily 5 km resolution MODIS cloud product are chosen as the satellite-derived cloud cover and a set of visual observation is chosen as the *in situ* cloud cover data. Then we compare satellite-derived cloud cover data with *in situ* measurements and get the results of the validation.

Palavras-chave: Produtos MODIS, Estimativa de nuvens, Validação do produto de satélite, observação de nuvens.

1. Introdução

As nuvens têm uma forte influência para o balanço de energia da Terra e para o clima, e, portanto, desempenham função reguladora da temperatura média do planeta. Algumas nuvens contribuem para o resfriamento ao refletirem parte da energia solar – as chamadas radiações de onda curta – de volta para o espaço. Outras nuvens contribuem para o aquecimento ao aprisionarem, na baixa atmosfera, parte da energia emitida pela superfície – as chamadas radiações de onda longa (Rieland & Stuhlmann, 1993). Pequenas mudanças na quantidade ou distribuição das nuvens possuem maior potencial para mudar o clima do que as mudanças associadas aos gases de efeito estufa, aos aerossóis produzidos pelo homem, ou ainda, a outros fatores associados com mudanças globais (Hartman, 1994). Dependendo de suas características e altura na atmosfera, as nuvens podem influenciar o balanço de energia em diferentes formas, ao bloquear uma porção significativa da radiação solar que atingiria a superfície da Terra. Devido a este efeito de sombra, a superfície da Terra tende a ser mais fria do que seria na ausência de nuvens. Outro efeito não tão óbvio, é que as nuvens funcionam como uma espécie de “cobertor radiativo” ao absorver a radiação na faixa do infravermelho termal (calor) que a superfície da Terra emite para o espaço. Como resultado, a superfície sob as nuvens não se resfria tão rapidamente como ocorreria na ausência de nuvens. A altura das nuvens na atmosfera influencia a efetividade com que a energia será “aprisionada”. Uma nuvem na alta atmosfera emitirá menos calor para o espaço do que uma nuvem na baixa altitude.

Observações da cobertura de nuvens a partir de estações terrestres têm trazido significativas contribuições, particularmente no que se refere a variabilidades temporais,

porém estas são limitadas sob o ponto de vista de cobertura espacial. As observações de satélites complementam e estendem a cobertura espacial além de apresentarem capacidades de estimativas de várias propriedades das nuvens.

As técnicas desenvolvidas e propostas na literatura para a determinação dos valores de irradiância visível para a determinação de céu claro e céu com nuvem apresentam problemas semelhantes: dificuldade na definição da ocorrência de contaminação por nuvens em um pixel da imagem em razão da presença de nuvens com diferentes emissividades e a dependência que apresentam em relação às propriedades da superfície (Wielicki & Parker, 1988). A literatura da área tem indicado que a avaliação dos algoritmos de nuvens está limitada por dois fatores: a) as características dos dados de satélite disponíveis, tais como resolução espacial e espectral; b) a falta de um banco de dados de valores de referência que permita a comparação entre os resultados dos diversos algoritmos e a avaliação do desempenho de cada um deles (Martins, 2001).

Portanto, para que os cientistas consigam criar simulações computacionais mais realistas do clima presente e futuro da Terra, eles precisam incluir representações mais acuradas do comportamento das nuvens. Assim, a validação do produto de satélite é etapa fundamental e neste trabalho é apresentada uma análise preliminar sobre a validação da cobertura de nuvens a partir dos dados do sensor MODIS.

2. Dados e métodos

2.1 Observação visual

A observação visual da cobertura de nuvens é tradicionalmente realizada através da inspeção do céu por técnicos treinados que trabalham em estações meteorológicas, seguindo padrões definidos pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Durante a observação, o observador deve escolher um ponto que ofereça uma visada a mais desobstruída possível e dividir a abóbada celeste em oito quadrantes. A quantidade total de nuvens, ou a cobertura total de nuvens, é a fração da abóbada celeste coberta por nebulosidade. Portanto, a quantidade total de nuvens consiste em estimar quanto da área aparente do céu está coberta. Por exemplo, 8/8 corresponde a uma situação de céu totalmente nublado (Blair, 1964; Santos et al, 2006).

Os dados de observação visual, utilizados aqui são provenientes de uma atividade realizada com alunos do curso de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Itajubá (Unifei) e consistiu do seguinte: os alunos, organizados em grupos de cinco, receberam treinamento teórico e prático sobre como fazer estas estimativas visuais. Cada uma das equipes ficou encarregada de observar o céu em seis horários ao longo do dia: 10:00h, 12:00h, 13:00h, 15:20h, 16:30h e 17:30h. O levantamento foi realizado entre os dias 15/04/2010 e 06/06/2010. Os horários coincidem com períodos de intervalo entre aulas, almoço, enfim, horários em que os alunos não tinham aulas.

Nestes mesmos horários, o técnico em meteorologia da Unifei, que tem longa experiência neste tipo de observação, realizou observações independentes, as quais foram usadas ao final do experimento para comparações com as medidas realizadas por cada grupo de alunos. Embora os dados dos alunos não tenham divergido muito daqueles levantados pelo técnico em meteorologia, os dados utilizados neste trabalho são os estimados pelo técnico. Assim, os dados diário as 10:00h (o horário mais próximo da passagem do satélite) foi cotejado com os dados para os mesmos dias e estimados as 10:30h pelo MODIS.

2.2 Dados MODIS

Para o mapeamento da cobertura de nuvem na área de estudo foram utilizados dados do sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a bordo do satélite Terra. Para atender ao objetivo deste estudo, os dados compreendem as datas de 15/04/2010 a 06/06/2010. Esses dados dizem respeito ao produto MOD06 (obtidos durante o dia), nível L2 de processamento (5-Km de resolução espacial), na sua coleção 5 (Platinick et al., 2003).

As imagens de fração de nuvem do produto MOD06 são binárias, ou seja, presença ou ausência de nuvem. Para obter a fração (%) de cobertura de nuvem foi aplicado o algoritmo de classificação supervisionada SVM (Suporte Vector Machine, Vapnik, 1995). A classificação deu origem a polígonos, permitindo a estimativa da fração de cobertura de nuvem por meio de uma rotina computacional para o cálculo de área.

2.3. Análise dos dados

Os dados MODIS de cobertura de nuvens foram selecionados para o período em que ocorreram as observações e centro do pixel corresponde a posição onde foram realizadas as observações. A partir daí foram construídos dois conjuntos de dados: o primeiro relativo aos valores de cobertura de nuvens estimados pelo sensor MODIS as 10:30h e o segundo com valores de cobertura de nuvens obtidos por observação visual as 10:00h, assim escolhido por ser o horário mais próximo à passagem do satélite.

Como critérios estatísticos na validação, a fim de se avaliar o grau de ajuste entre os valores observados e estimados, os erros foram quantificados por meio das medidas do Viés (*bias*) e do RMSE (*Root Mean Squared Error*). O RMSE mede a variação dos valores estimados (satélite) em relação aos valores observados (visual). O cálculo do RMSE pode ser feitos a partir da Equação 1.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Cs(i) - Co(i)]^2} \quad (1)$$

Onde *Cs* é o valor de cobertura de nuvens estimado pelo sensor, *Co* é o valor de cobertura obtido por observação visual e o índice *i*, de 1 a *n*, onde *n* é o número de pares de dados.

3. Resultados e discussões

As imagens diárias e diurnas (10:30h) de cobertura de nuvens em resolução 5x5 km correspondentes a cidade de Itajubá (onde foram realizadas as observações visuais), no período em que foram realizadas as observações, indicam a alta complexidade no padrão de variabilidade da cobertura de nuvens (Fig. 1).

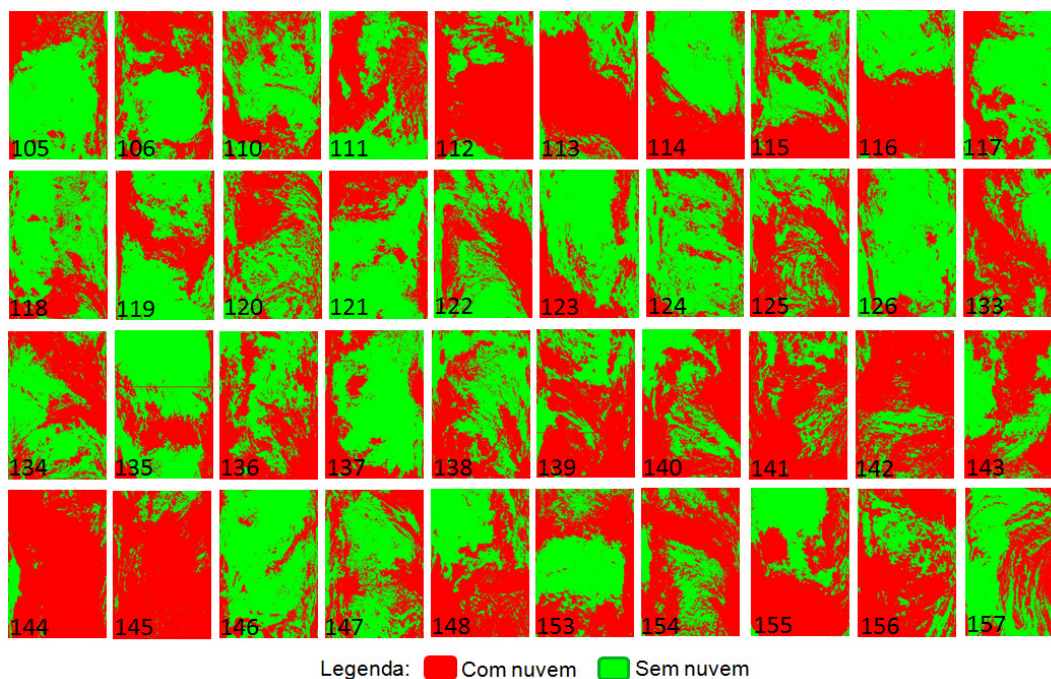


Figura 1. Classificação da cobertura de nuvem no período em análise. Os números em cada figura são os dias Juliano. A região é a de Itajubá e centrado na posição geográfica (22° 24' 46" S, 45° 27' 06" W) da Unifei (Universidade Federal de Itajubá).

A evolução temporal da cobertura de nuvens (Fig. 2) indica o alto nível de complexidade da variabilidade ao longo do tempo para a cobertura de nuvens.

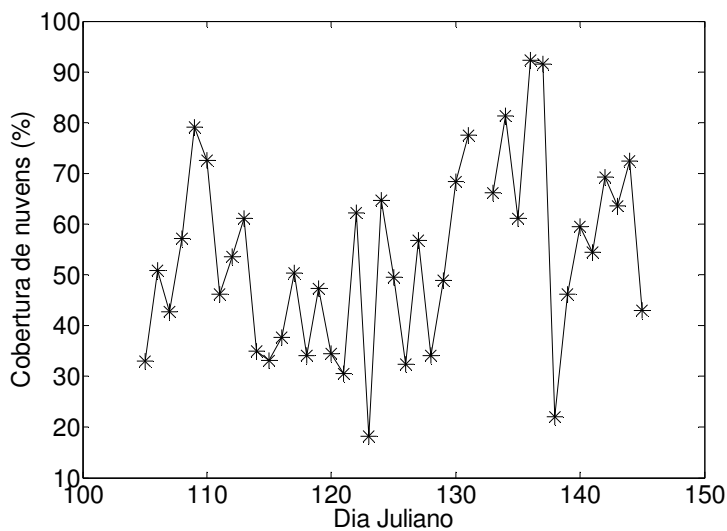


Figura 2. Evolução temporal da cobertura de nuvens a partir dos dados MODIS para o período analisado.

Os resultados da regressão entre dados do sensor e dos da observação visual (assumidos aqui como referência) são apresentados na Figura 3. A comparação entre todos os dados indicaram uma correlação baixa (0,43) (Fig. 3a) e valor de RMSE de 23,44%. Uma inspeção nesta figura mostra que à exceção dos *outliers* (dentro da elipse)

os demais pontos apresentaram razoável concordância. Ao investigar as possíveis causas para os *outliers* há evidências de que estes se devam muito mais a defasagem de tempo de 30min entre as medidas do sensor e a observação.

Quando usamos como critério separar dados, cuja média do vento entre 10:00h e 10:30h, que apresentavam valores superiores a 3,0 m/s de vento, tanto a correlação (Fig. 3b) quanto o RMSE melhoraram significativamente. Neste caso, o RMSE melhorou de 23,44% para 13,67%. Tal fato dá margem para a especulação de que as diferenças mais importantes observadas na comparação entre dados estimados pelo sensor e medidos terem se dado devido o deslocamento temporal de 30min entre estimado e observado.

Ou seja, durante condições atmosféricas de baixo vento e, conseqüentemente, baixa dinâmica na cobertura de nuvens, a diferença de 30min não foi suficiente para levar a grandes diferenças entre valores observados e estimados. Em sendo isto verdade, as maiores diferenças observadas seriam atribuídas a questões de amostragem e por indução, poder-se-ia concluir que as estimativas de cobertura de nuvens do MODIS seriam dados bastante confiáveis, em se assumindo as observações visuais como dados de referência.

A despeito da subjetividade envolvida nas observações visuais e das limitações dos algoritmos de nuvens e da resolução espacial, os dados estimados pelo sensor mostraram-se confiáveis. A acurácia de 13,67%, refletida no RMSE, representa uma acurácia que atende perfeitamente as exigências dos modelos. Isto indica que a qualidade de cobertura de nuvens do MODIS seria suficiente para ser usado em estudos climatológicos.

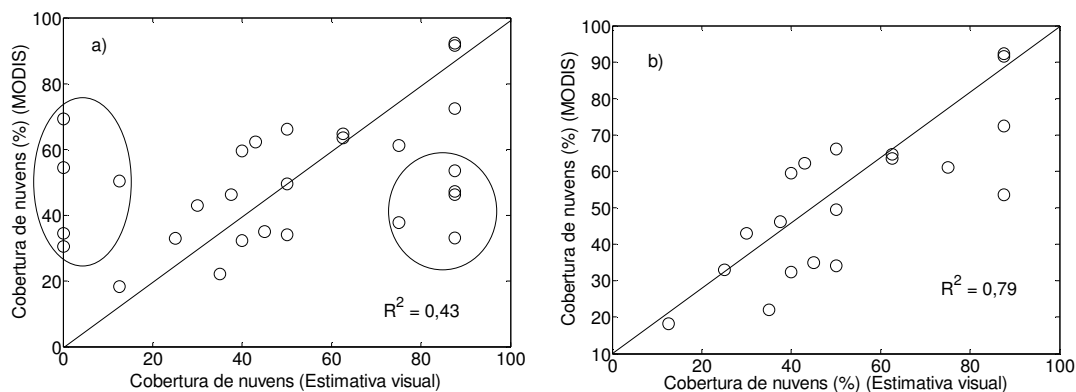


Figura 3. Gráficos de dispersão da correlação entre os dados estimados pelo sensor e observados visualmente considerando todos os dados (a) e após a retirada dos *outliers* baseado no critério de ventos superiores a 3 m/s (b). As elipses indicam os *outliers* removidos.

4. Conclusões

Neste trabalho é apresentada uma análise preliminar sobre a validação da cobertura de nuvens a partir dos dados do sensor MODIS. Os resultados suportam o fato de que as diferenças mais importantes observadas na comparação entre dados estimados pelo sensor e medidos terem se dado devido o deslocamento temporal de 30min entre os valores estimados e observados. Ou seja, durante condições atmosféricas de baixo vento e, conseqüentemente, baixa dinâmica na cobertura de nuvens, a diferença de 30min não foi suficiente para levar a grandes diferenças entre valores observados e estimados.

Em sendo isto verdade, as maiores diferenças observadas seriam atribuídas a questões de amostragem e por indução, poder-se-ia concluir que as estimativas de cobertura de nuvens do MODIS seriam bastante confiáveis, em se assumindo as observações visuais como dados de referência. Apesar da subjetividade envolvida nas observações visuais e das limitações dos algoritmos de nuvens e da resolução espacial, os dados estimados pelo sensor mostraram-se confiáveis.

A acurácia de 13,67%, refletida no RMSE, representa uma acurácia que atende perfeitamente as exigências dos modelos. Assim, os resultados preliminares deste trabalho indicam que a qualidade de cobertura de nuvens do MODIS seria suficiente para ser usado em estudos climatológicos.

Como trabalho futuro, está em andamento uma sequência de observações visuais de cobertura de nuvens realizadas às 10:30h (horário de passagem do satélite) e que, ao final de seis meses de observação, gerará uma base de dados que permitirá nova análise de forma um pouco mais conclusiva. Isto será comunicado no futuro.

Agradecimentos. Os autores são gratos ao técnico em Meteorologia da Unifei Daniel Mortl, pela assistência nas etapas observacionais e aos alunos da primeira turma do curso de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Itajubá. O primeiro autor agradece a Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Minas Gerais FAPEMIG pelo apoio.

Referências

- Blair, T.A. **Meteorologia**. Centro de Publicações Técnico de Aliança, Rio de Janeiro. 1964.
- Gutierrez, F. **Linguagem total: uma pedagogia dos meios de comunicação**. Summus: São Paulo, 1979.
- Hartman, D.L. **Global Physical Climatology**. International Geophysics Series, Academic Press: New York, vol. 56. 1994.
- Kiouranis, N. M. M.; Souza, A. R.; Filho, O. S. Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas. **Rev. Bras. Ensino Fís.** v. 32, n.1, p. 1507-1510. 2010.
- Kowalik, Z.; Murty, T.S. **Numerical modeling of ocean dynamics**. World Scientific. 1993.
- Martins, F.R. **Influência do Processo de Determinação da Cobertura de Nuvens e dos Aerossóis de Queimada no Modelo Físico de Radiação**. Tese de Doutorado em Geofísica Espacial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.
- Nash, J.E.; Sutcliffe, J. V. River flow forecasting through conceptual models. **Journal of Hydrology**. v. 10, p. 282-290. 1970.
- Platinick, S.; King, M.D.; Ackerman, S.A.; Menzel W.P.; Baum, B.A. Riédi, J.C.; Frey, R.A. The MODIS products: algorithms and examples from Terra. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 41, n. 2, February 2003.
- Reed, R. On estimating insolation over the ocean. **J. Phys. Oceanogr.** 7:482-485. 1977.
- Rieland, M.; Stuhlmann, R. Toward the Influence of Clouds on the Shortwave Radiation Budget of the Earth-Atmosphere System Estimated from Satellite Data. **J. Appl. Meteor.**, v. 32, 825-843. 1993.

Souza, E.M.P.; Martins, F.R.; Pereira, E.B. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: metodologias para aquisição de dados. **Rev. Bras. Ensino Fís.** v. 28, n.3, p. 341-352. 2006.

Varejão-Silva, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. INMET: Brasília. 2006.

Vapnik, V. **The Nature of Statistical Learning Theory**. New York: Springer-Verlag, 1995.

Wielicki, B.A.; Parker, L. **Cloud Properties Observed Using Landsat Satellite Data**. IRS 88 Current Problems. Elsevier: Londres, p. 161-165. 1988.