

Estimativa do Conteúdo de Vapor d'Água a Partir da Radiação Solar Direta

JURANDIR ZULLO JUNIOR¹
XINGFA GU²
GÉRARD GUYOT²
HILTON SILVEIRA PINTO¹
EMÍLIA HAMADA¹
CARLOS ALBERTO SOARES DE ALMEIDA¹
GIAMPAOLO QUEIROZ PELLEGRINO¹

¹CEPAGRI/UNICAMP-Cidade Universitária “Zeferino Vaz”-13081970-Campinas-SP-Brasil
{jurandir,hilton,emilia,carlos,giam}@cpa.unicamp.br

²INRA-Domaine Saint Paul-Site Agroparc-84194 Avignon Cedex 9-França
{guyot,gxf@avignon.inra.fr}

Abstract. This paper describes an estimation method of the atmospheric water vapor contents based on spectral direct solar radiation measurements. The water vapor contents is a very important parameter for atmospheric correction purposes considering the high quantity of water vapor in the tropical atmosphere and the important effects of water vapor in the satellite images.

Keywords: Water vapor contents, Atmospheric correction, Direct solar radiation.

1 Resumo

Este artigo descreve uma metodologia de obtenção do conteúdo de vapor d'água presente na atmosfera a partir de dados de radiação solar direta espectral obtidos em superfície. A estimativa da quantidade de vapor d'água existente na atmosfera é um assunto de grande interesse em sensoriamento remoto devido aos efeitos provocados pelo vapor d'água nas imagens de satélite. Isto é mais importante ainda em condições tropicais, como as observadas no Brasil, considerando a existência de uma quantidade maior de vapor d'água na atmosfera.

A metodologia apresentada baseia-se nas idéias principais do “método da medida diferencial da transmissão solar”, proposto por Reagan et alii (1987) e Holben & Eck (1990), adaptado às nossas condições de equipamento e dados.

2 Descrição do método proposto

A partir da transmissão gasosa calculada pelo modelo 5S (Tanré et alii, 1990), determinou-se dois comprimentos de onda extremos (870nm e 1026nm), que não têm nenhuma influência gasosa (isto é, transmitância gasosa igual a 1), e um outro comprimento de onda intermediário (948nm) que tem uma forte influência do vapor d'água.

A relação entre a transmitância gasosa devida ao vapor d'água (tg), o conteúdo de vapor d'água (uw) e a massa ótica de ar (m) é descrita pela seguinte equação bem conhecida:

$$tg = \exp[-k \cdot uw^b \cdot m^c] \quad (1)$$

onde k , b e c são constantes, sendo que k depende do equipamento de medidas, b e c são aproximadamente iguais a 0,5.

Aplicando-se o logaritmo natural nos dois lados da Equação 1 obtém-se a seguinte expressão de ajuste:

$$\ln(-\ln(tg)) = \ln k + b \cdot \ln uw + c \cdot \ln m \quad (2)$$

A partir desta equação é possível obter os valores de k , b e c , para um dado conjunto de valores de tg , uw e m . O valor de tg é obtido através do modelo 5S para cada dado par de valores (uw, m). No presente caso utilizou-se uma faixa espectral de 6nm centrada em torno de 948nm. Como exemplo apresenta-se a Equação 3 que foi obtida a partir de 216 triplas (tg, uw, m), sendo 18 valores para m e 12 (0,5; 1,0; 1,5; ...; 6,0) para uw , com $r=0,999952$:

$$tg = \exp[-0,6767 \cdot uw^{0,5093} \cdot m^{0,5173}] \quad (3)$$

Logo, rearranjando-se a Equação 3, tem-se que o conteúdo de vapor d'água uw é dado pela seguinte expressão:

$$uw = [\ln tg / (-0,6767 \cdot m^{0,5173})]^{(1/0,5093)} \quad (4)$$

O valor da massa ótica de ar (m) é facilmente calculado conhecendo-se o ângulo zenital solar e a pressão atmosférica local no horário de interesse. A transmitância gasosa tg em 948nm é obtida através da razão entre a radiação solar direta medida em 948nm ($Rdir_{948}$) e a radiação solar direta estimada para o caso de uma atmosfera sem vapor d'água ($Rdir_{948}$). O valor de $Rdir_{948}$, por sua vez, é determinado através da interpolação linear entre a radiação solar direta medida

em 870nm ($Rdir_{870}$) e 1026nm ($Rdir_{1026}$). Aplicando-se estes valores calculados e medidos de tg e m na Equação 4 estima-se, então, o valor do conteúdo de vapor d'água uw presente na atmosfera.

O equipamento utilizado para as medidas de radiação solar direta espectral tem sido um espectroradiômetro LI1800/LICOR dotado de um tubo negro limitante que restringe o seu ângulo de abertura para $2,4^{\circ}$. Este aparelho opera na faixa espectral que vai de 330nm até 1100nm com resolução espectral de 1nm, 2nm ou 5nm.

raio= 0,090	raio= 0,100	39,31
raio= 0,090	raio= 0,125	63,90
raio= 0,090	raio= 0,150	59,08
raio= 0,100	raio= 0,100	46,18
raio= 0,100	raio= 0,125	59,39
raio= 0,100	raio= 0,150	67,47

3 Comentários finais

A partir da metodologia proposta é possível determinar um parâmetro importante para a correção das imagens de satélite, utilizando apenas dados medidos em superfície a um custo mais acessível que as radiosondagens e com precisão também.

Uma metodologia similar está sendo desenvolvida também pelo INRA para utilização com o fotômetro solar CIMEL.

Este artigo faz parte dos trabalhos sobre a aplicação do sensoriamento remoto na agricultura, em desenvolvimento na UNICAMP com a colaboração do INRA, CPAC/EMBRAPA, INPE, CNPq e União Européia.

Referências

- Holben, B.N.; Eck, T.F. Precipitable Water in the Sahel Measured Using Sun Photometry. *Agricultural and Forest Meteorology*, N.52, 1990, pp.95-107.
- Reagan, J.A.; Pilewskic, P.A.; Scott-Fleming, I.C.; Herman, B.M.; Ben-David, A. Extrapolation of Earth-based Solar Irradiance Measurements to Exoatmospheric Levels for Broad-band and Selected Absorption-band Observations. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, V.GE25, N.5, 1987, pp.647-653.
- Tanré, D.; Deroo, C.; Duhaut, P.; Herman, M.; Morcrette, J.J.; Perbos, J.; Deschamps, P.Y. Description of a Computer Code to Simulate the Satellite Signal in the Solar Spectrum: The 5S Code. *International Journal of Remote Sensing*, N.11(4), 1990, pp.659-668.