

Processamento de Nível 1B para Nível 2 e comparação das reflectâncias marinhas dos sensores MODIS e MERIS na costa Sudeste do Brasil

Lucas Barbedo de Freitas
Leila Maria Garcia Fonseca
Milton Kampel

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{lucasbf, milton}@dsr.inpe.br leila@dpi.inpe.br

Abstract. Pairs of level 1B images of the MERIS and MODIS sensors acquired in the same day are processed to level 2 using the SEADAS l2gen program. The reflectance images obtained from level 2 are analyzed using scatter plots. As a main result it was observed a low discrepancy between the MERIS and MODIS data, with a maximum RMSE of 0.00012. Evaluations showed that both sensors presented high accuracy.

Palavras-chave: MODIS, MERIS, reflectance, ocean color, reflectância, cor do oceano

1. Introdução

Recentemente o INPE adquiriu uma estação receptora, instalada em Cachoeira Paulista – SP, para a recepção de imagens dos sensores do satélite ENVISAT. O sensor *Medium Resolution Imaging Spectrometer* (MERIS), desenvolvido para obtenção de medidas da cor do oceano, trás algumas inovações tais como um maior número de bandas no visível e melhor resolução espacial que chega a 250 m.

A primeira observação da cor do oceano via satélite foi feita pelo sistema experimental *Coastal Zone Colour Scanner* (CZCS) em 1978, que deu inicio a obtenção de estimativas da produção primária nos oceanos. Seus sucessores como o *SeaWiFS* e *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), deram continuidade na obtenção dessas medidas, produzindo assim uma documentação de longo termo e cobertura global das variáveis oceanográficas chaves para o entendimento dos processos do ambiente marinho, como concentração de clorofila e substancias amarelas (Dogliotti et al., 2009).

Desta maneira, com o advento do sensor MERIS é importante entender como as medidas produzidas por ele são relacionadas com aquelas obtidas por outros sensores, podendo-se inferir sobre a validade dos dados obtidos no litoral Brasileiro e também sobre a adesão destas medidas às séries climatológicas.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo comparar as medidas de reflectância por sensoriamento remoto obtidas pelos dados do sensor MERIS com as do sensor MODIS.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo é localizada na porção oceânica e na plataforma continental da costa sudeste do Brasil compreendida entre as latitudes de 18° - 30°S e 49° - 32°W (Figura 1). Nessa região imagens de nível 1B dos sensores MERIS e MODIS foram obtidas em quatro épocas diferentes do ano para comportar as alterações sazonais. As datas de aquisição dos pares de imagens a serem analisadas foram selecionadas nos períodos mais próximos possíveis para que a variação presente nos alvos não interferisse nas análises.

O MERIS é um sensor ótico programável e que opera em 15 faixas espectrais, nas regiões do visível e infravermelho próximo entre 390 nm e 10409 nm, com comprimentos entre 2.5 nm e 30 nm, dependendo da feição espectral a ser observada e a quantidade de energia adequada para o desempenho do sensor Rast et al. (1999). Sua principal função é medir a radiação solar refletida pelo planeta e a partir dessas medidas, ele consegue obter informações

sobre a cor do mar relacionando esses dados à concentração de clorofila e sedimentos em suspensão. O sistema possui faixa de varredura de 1150 km e cobre todo o globo a cada 3 dias com uma resolução espacial de 1040x1020 m. O sistema adquire também imagens na resolução espacial de 260 m x 300 m para aplicações continentais e costeiras. O MERIS também possui duas bandas a mais no visível 690 e 730 nm, empregando uma melhor resolução espectral para as mediadas de concentração de clorofila.

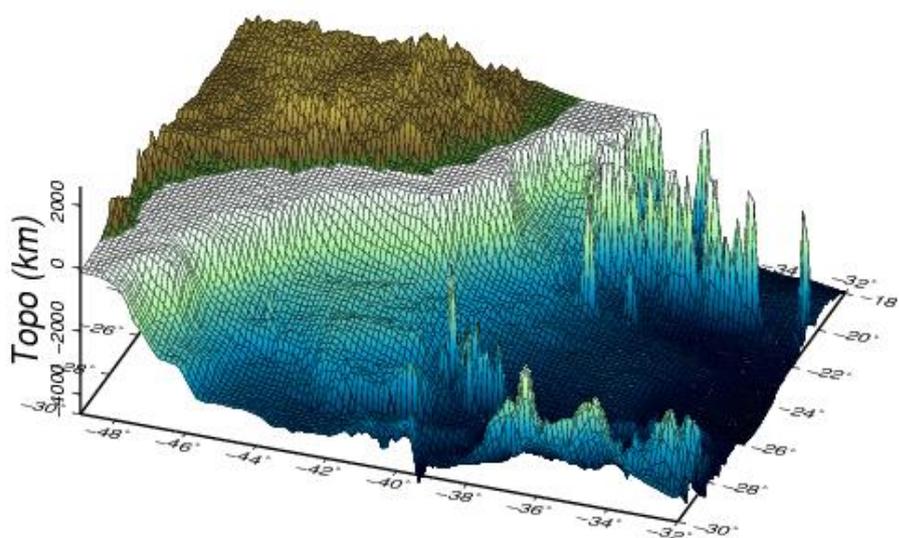


Figura 1: Costa Sudeste do Brasil sua Plataforma Continental, representada pela topografia com dados ETOPO, discriminando a área de estudo.

O sensor MODIS a bordo do satélite *Aqua* do programa *Earth Observing System* (EOS) possui 36 bandas espectrais, sendo 20 bandas entre 410 nm 2200 nm. Obtendo medidas da Terra numa faixa de 2330 km, o sistema MODIS possui grande capacidade de obter dados sobre o meio ambiente e mudanças climáticas. A qualidade dos dados é garantida por uma vasta seqüência de testes pré-lançamento e calibrações a bordo: difusor solar e monitoramento de instabilidade do difusor solar, calibração de espectro radiometria e corpo negro, conforme discutido por Xiong e Barnes (2006).

Tabela 1: Bandas espectrais das bandas do MERIS e MODIS usadas neste estudo.

Sensor MODIS			Sensor MERIS			MERIS e MODIS
Banda	Centro	Comprimento	Banda	Centro	Comprimento	Aplicação Potencial
405-420 nm	412 nm	15 nm	407-417 nm	413 nm	10 nm	Substâncias amarelas e turbidez
438-448 nm	443 nm	10 nm	475-447 nm	443 nm	10 nm	Maximo de absorção da clorofila
546-556 nm	555 nm	10 nm	555-565 nm	560 nm	10 nm	Referência para clorofila e sedimentos em suspensão

Neste experimento foram usados dados MERIS de nível 1, obtidos no *sítio* <http://merci-srv.eo.esa.int/merci/welcome.do> e dados MODIS (4 km), obtidos no *sítio* <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>. As resoluções espaciais utilizadas são as disponíveis nestes *sítios*. Para a avaliação comparativa entre os sensores MERIS e MODIS, foram selecionadas

as bandas do visível, que possuem aplicação oceanográfica para obtenção de medidas de cor do oceano, biogeoquímica e de clorofila. Estas bandas nos dois sensores apresentam faixas espectrais similares conforme mostra a Tabela 1.

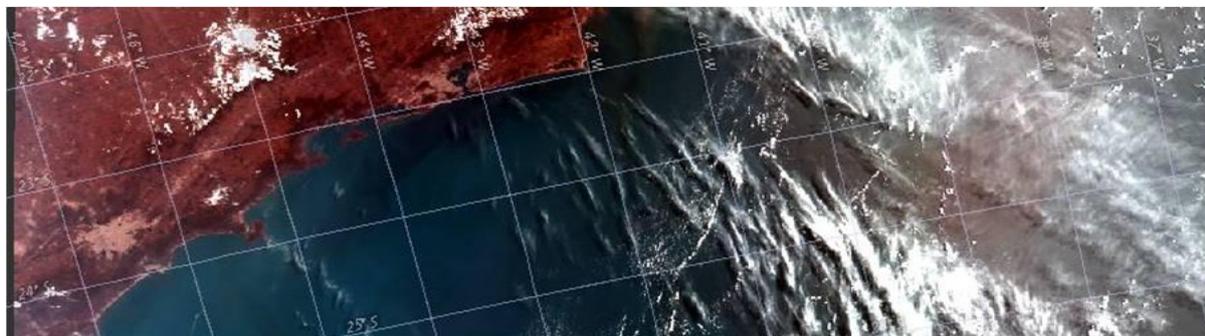


Figura 2: Composição colorida MERIS nível 1B da costa sudeste do Brasil, dia 12 de fevereiro de 2010 às 12h32min horas, composição colorida (R:560 nm, G: 443 nm, B: 413 nm).

Os produtos de nível 1B, contendo as radiâncias calibradas e geolocalizadas, são transformados em produtos geofísicos de nível 2 com o uso correções atmosféricas e algoritmos bio-ópticos, com o programa SEADAS 12gen . Neste produto há um descritor de qualidade que indicam os pixels oceânicos, a ocorrência de alguma falha no processamento ou condições alarmantes, como *sunlint* ou nuvens, o que garante que apenas os dados confiáveis e localizados no oceano são comparados nesta análise. O processamento pelo SEADAS 12gen requer dados auxiliares de ozônio, temperatura na superfície do mar (TSM), dados atmosféricos e uma climatologia de NO_2 . O dado de ozônio é fornecidos pelo *Earth Probe Total Ozone Mapping Spectrometer* (EP-TOMS) e os dados meteorológicos, para correção atmosférica, são fornecidos por modelos do NCEP, o produto semanal de TSM é obtido por ótima interpolação entre dados *in situ* e de sensoriamento remoto Cerdeira-Estrada e López-Saldaña (2008).

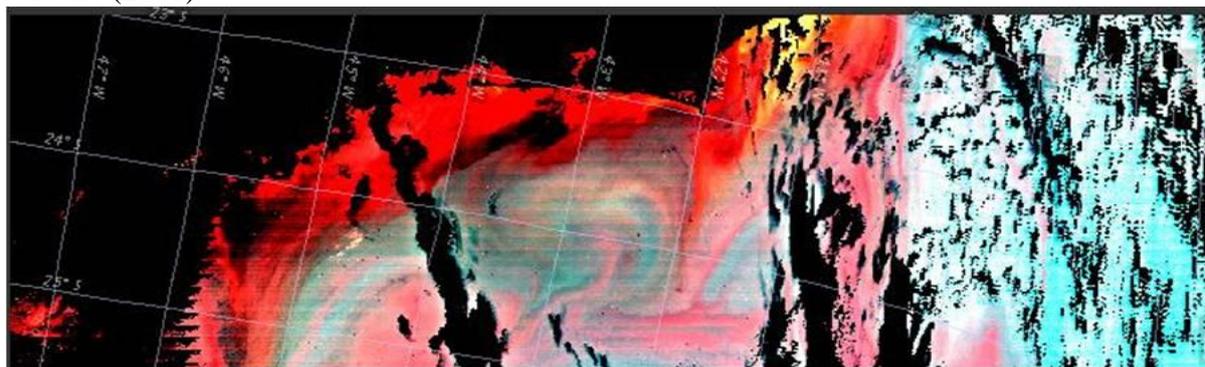


Figura 3: Composição colorida da costa sudeste do Brasil da imagem L2 do MODIS, dia 22 de fevereiro de 2010 às 16h50min horas (R: 546 - 556 nm, G: 438 - 448 nm, B: 405 - 420 nm).

Para realizar a análise comparativa entre as medidas dos sensores MERIS e MODIS, usamos imagens adquiridas por estes sensores quase simultâneas, com cobertura espacial coincidente dentro da área de estudo, porção oceânica da costa sudeste do Brasil (Figura 2 e 3). Para cada par de imagens selecionamos *pixels* das imagens MODIS e MERIS com centros distanciados por menos de 1 km. Para as imagens do MODIS com resolução espacial de 4 km, utilizamos uma janela de 9 *pixels* centrados no *pixel* com a distancia menor que 1 km em relação ao *pixel* do MODIS. O procedimento permite uma inter comparação entre as reflectâncias (*Remote Sensing Reflectance*) destas áreas. As reflectâncias dos dados nível 2,

de áreas espacialmente coincidentes, foram então comparadas por meio de gráficos de dispersão, *bias*, desvio padrão e erro médio quadrático (rmse).

3. Resultados e Discussão

Para obter imagens com menor cobertura de nuvens sobre a superfície do oceano e com a menor diferença entre os períodos de aquisição das imagens dos sensores MODIS e MERIS e para comportar a variação sazonal, utilizamos imagens de quatro épocas diferentes, conforme mostra a Tabela 2. Todos os *pixels* sem presença de nuvens nos pares de imagens foram analisados.

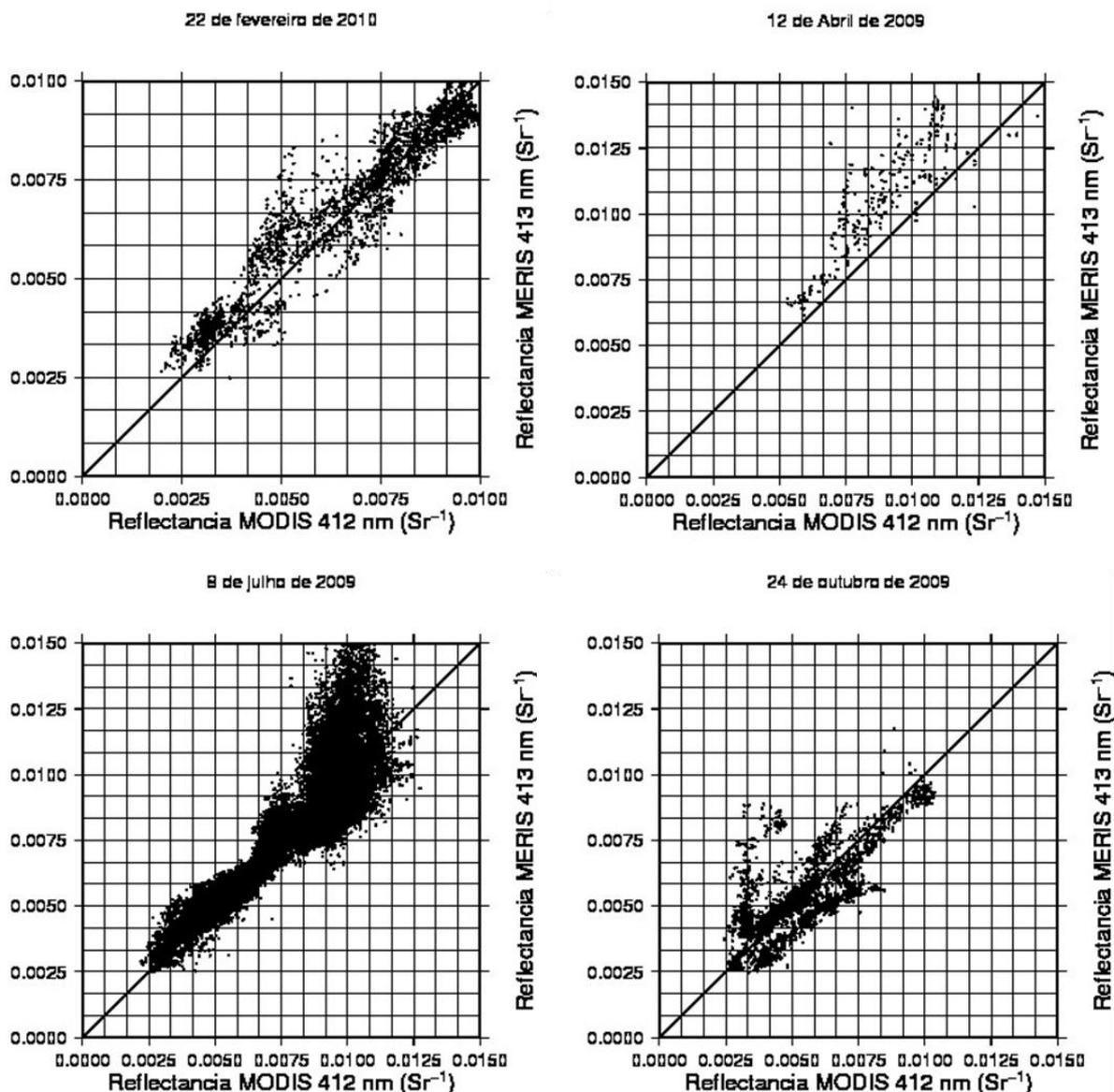


Figura 4: Diagramas de dispersão das reflectâncias obtidas por sensoriamento remoto das bandas 412 nm do MODIS e 413 nm do MERIS.

A análise das reflectâncias, das bandas centradas em 413 nm do MERIS e 412 nm do MODIS, demonstra que em fevereiro os dados têm alta afinidade, devido a sua simetria demonstrada no gráfico de dispersão (Figura 4). Na imagem obtida no mês de abril embora o gráfico de dispersão indique alta simetria, as reflectâncias de 413 nm tenderam a ter uma estimativa maior que as reflectâncias de 412 nm do MODIS com *bias* de -0.0018 (Tabela 3).

Na imagem de 8 de julho de 2009 ocorre uma tendência de curvatura a partir de 0.01 Sr^{-1} e em outubro de 2009 há simetria porem com algum ruído no gráfico de dispersão.

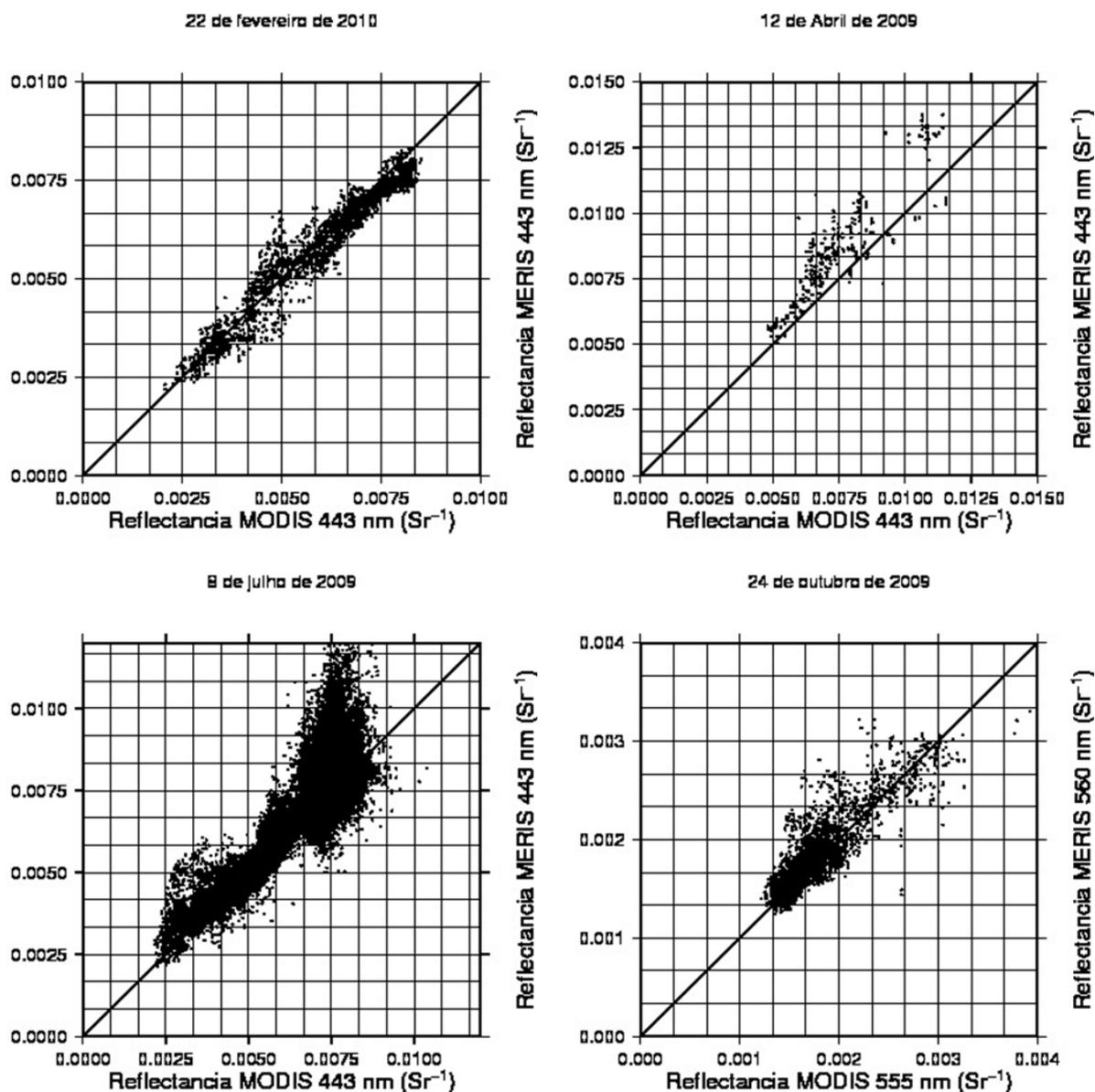


Figura 5: Diagramas de dispersão das reflectâncias obtidas por sensoriamento remoto das bandas 443 nm do MODIS e MERIS.

Tabela 2: Horário e data de aquisição das imagens MODIS e MERIS e número de *pixels* comparados.

Data	22 de fevereiro de 2010	12 de abril de 2009	8 de julho de 2009	24 de outubro de 2009
<i>Pixels</i> amostrados	2327	297	41676	2745
Horário de aquisição das imagens (GMT)				
MODIS	16:50:00 horas	16:25:00 horas	16:30:00 horas	16:55:00 horas
MERIS	12:32:10 horas	13:04:03 horas	12:29:29 horas	12:35:03 horas

Para as reflectâncias centradas em 443 nm do MODIS e MERIS (Figura 5), a tendência de curvatura também ocorre no mês de julho de 2009, porém essa assimetria no gráfico de

dispersão inicia-se em 0.0075 Sr^{-1} . Para a imagem de 22 de fevereiro de 2010 e 24 de outubro de 2009 os dados são bem relacionados, com as reflectâncias das bandas centradas em 443 nm, ocorrendo medidas muito similares entre MODIS e MERIS. Novamente na imagem de 12 de abril de 2009 ocorre o MERIS assinalou uma tendência de acréscimo nas medidas, com *bias* de -0.0012 (Tabela 3).

Analisando as reflectância de 555 nm do MODIS e 560 nm do MERIS, com auxílio dos gráficos de dispersão (Figura 6), observamos que há tendência de simetria entre MODIS e MERIS, pois entre todos os 4 pares de imagens das diferentes épocas do ano o *bias* máximo encontrado foi -6.16×10^{-4} na imagem de abril, o desvio padrão na ordem de 10^{-4} também infere em medidas muito próximas de reflectância para os dois sensores (Tabela 3).

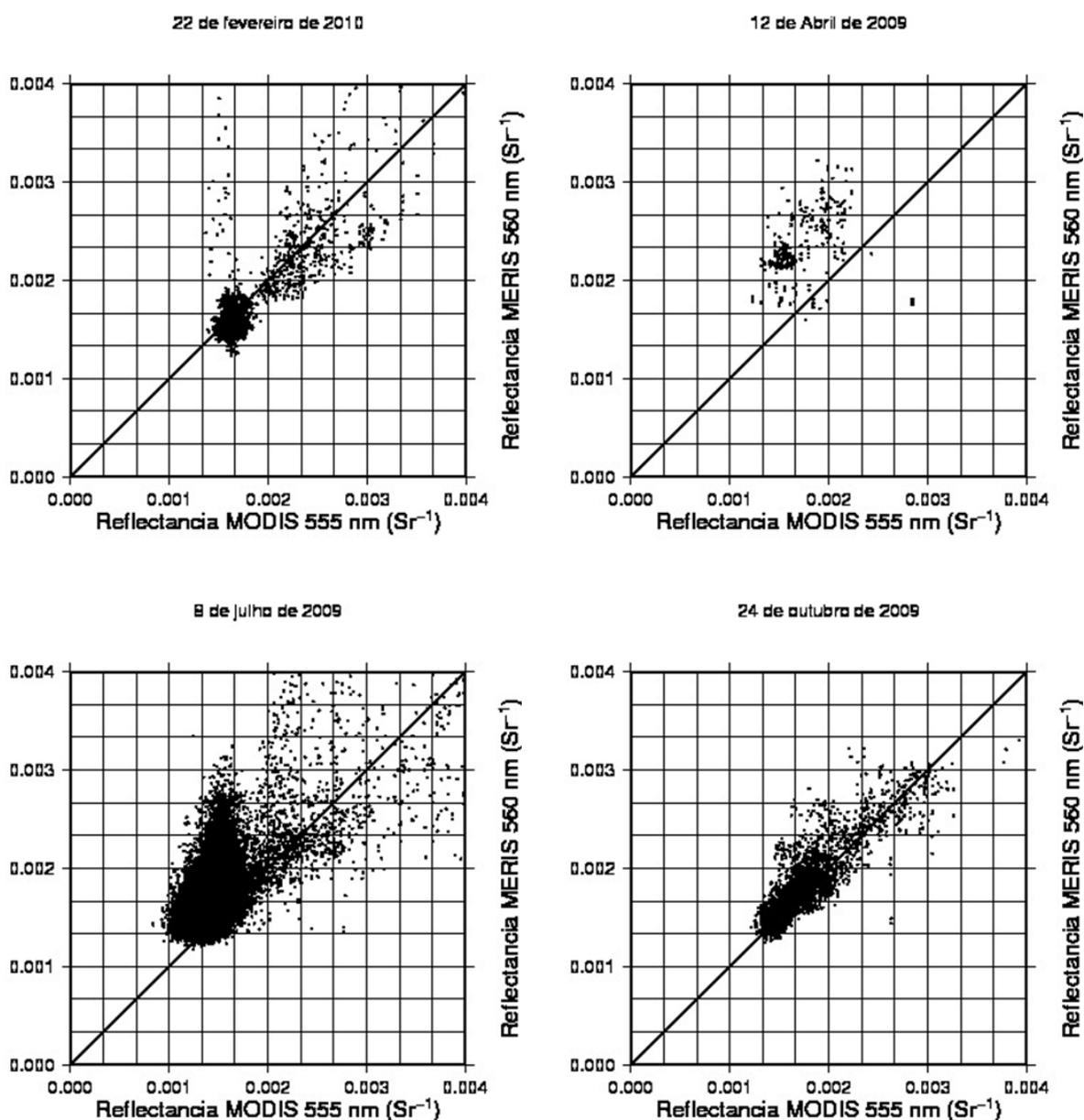


Figura 6: Diagramas de dispersão das reflectâncias obtidas por sensoriamento remoto das bandas 555 nm do MODIS e 560 nm do MERIS.

Em síntese, em todas as cenas comparadas (Figuras 3, 4 e 5) há alta relação entre as reflectâncias do oceano (tabela 3), com máximo rmse 1.2697×10^{-4} , *bias* máximo de -0.0018 e

desvio padrão máximo de 0.0013. O *bias* encontrado entre os sensores são menos significantes que os encontrados pela comparação entre os sensores ASTER e MODIS no estudo de Miura et al. (2008) com *bias* 0.027 na banda do vermelho.

Tabela 3: Resultados estatísticos obtidos da comparação entre as reflectâncias das imagens do nível 2 dos sensores MODIS e MERIS.

Bandas comparadas	412 nm (MODIS) 413 nm (MERIS)			443 nm (MODIS) 443 nm (MERIS)			560 nm (MERIS) 555 nm (MODIS)		
	RSME	BIAS	STD	RMSE	BIAS	STD	RMSE	BIAS	STD
Fevereiro	1.43e-05	-2.08e-04	6.60e-04	8.76e-06	1.31e-04	4.02e-04	5.51e-06	4.59e-05	2.62e-04
Abril	1.26e-04	-0.0018	0.0013	8.54e-05	-0.0012	9.19e-04	4.08e-05	-6.16e-04	3.41e-04
Julho	5.59e-06	9.29e-05	0.0011	3.86e-06	-1.94e-04	7.65e-04	1.62e-06	-2.11e-04	2.56e-04
outubro	2.21e-05	-5.74e-06	0.0012	1.48e-05	2.03e-04	7.50e-04	3.97e-06	-6.67e-05	1.97e-04

4. Conclusões

A partir desta metodologia, as comparações entre as reflectâncias de imagens nível 2 demonstra alta similaridade nas medidas MERIS e MODIS na costa sudeste do Brasil. As discrepâncias nos horários de aquisição das imagens, conforme esperado não afetou a comparação entre os dois sensores. Ocorre uma supervalorização das medidas MERIS em relação ao sensor MODIS nas bandas centradas em 412nm (MODIS) e 413nm (MERIS). Este estudo apenas compara medidas orbitais, sendo assim para validação mais efetiva é necessário uso de dados *in situ*.

Agradecimentos

Agradeço a CAPES pela bolsa de estudos e a toda a Divisão de Sensoriamento Remoto do INPE pelo apoio intelectual.

Referências Bibliográficas

Cerdeira-Estrada, S.; López-Saldaña, G. Automatic Processing of Near-Real Time Operational MODIS Ocean Products applied to Mexico Seas Monitoring. In: 5th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control, 5, 2008, Mexico City, p. 545-549 On-line. ISBN: 978-1-4244-2498-6. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4723456> . Acesso em: 1 out 2010.

Dogliotti, A.; Schloss, R.; Almandoz, G.; Gagliardini, D. Evaluation of SeaWiFS and MODIS chlorophyll-a products in the Argentinean Patagonian Continental Shelf (38° S-55° S). **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, n.1, p. 251-27, 2009

Miura T.; Yoshioka, H.; Fujiwara, K.; Yamamoto, H. Inter-Comparison of ASTER and MODIS Surface Reflectance and Vegetation Index Products for Synergistic Applications to Natural Resource Monitoring. **Sensors**, v. 8, p. 2480-2499, 2008.

Rast, M.; Bezy, L.; Bruzzi, S. The ESA Medium Resolution Imaging Spectrometer MERIS a review of the instrument and its mission, **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 9, p. 1681-1702, 1999.

Xiong, X; Barnes, W. Na Overview of MODIS Radiometric Calibration and Characterization. **Advances in Atmospheric Sciences**, v. 23, n. 1, p. 69-79, 2006.