

Análise do comportamento espectral de superfícies de áreas urbanas e sua relação no mapeamento de áreas queimadas

Paulo Ricardo Ribeiro dos Santos ¹
Fernanda Soares da Silva Darienzo ¹
Paulo Elísio Marinho Abrantes ¹
Sherlyê Francisco de Carvalho ¹
Renata Libonati ¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
CEP 21941-916 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil
emails, renata.libonati@igeo.ufrj.br, paulo_90_e_10hotmail.com,
pauloabrantes86@hotmail.com, nandadari@gmail.com, sherlye94@gmail.com

Abstract. Recent studies have shown that urban areas are a source of confusion in burned area algorithms, resulting in a misclassification of burned surfaces. This may occur because certain non-natural materials have similar spectral behavior as burned surfaces in specific wavelengths. Accordingly, the identification of those materials is critical for the development of effective and accurate regional mapping and monitoring method. This work presents a preliminary analysis of the spectral signature of manmade materials focusing on burned areas mapping using the burn-sensitive vegetation index; (V,W). For this purpose, we use spectra of natural and manmade materials from ASTER spectral library and the response functions of bands 5 and 7 of OLI/LANDSAT 8. Results show that roofing materials and burned surfaces present similar values of the W index.

Palavras-chave: remote sensing, spectral library, burned areas, index w, response function sensoriamento remoto, biblioteca espectral, áreas queimadas, índice w, função resposta

1. Introdução

O sensoriamento remoto pode ser utilizado para estudos de diferentes áreas, desde o monitoramento com fins militares até o monitoramento com fins ambientais, o que o transforma em uma poderosa ferramenta de observação e análise. Com o advento dos satélites, o sensoriamento remoto passou a atingir uma escala global de monitoramento, o que é ótimo para estudos de grande escala. Porém existem estudos que requerem informações refinadas à escala local e regional.

Um exemplo destes estudos é a análise de monitoramento de queimadas em vegetação que vem ganhando notoriedade devido aos seus diversos impactos, tais como: aumento da emissão de gases de efeito estufa e modificação da composição química atmosférica (Dentener *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2008; van Leeuwen *et al.*, 2010), alterações no ciclo hidrológico (Rosenfeld, 1999; Menon *et al.*, 2002; Koren *et al.*, 2004), entre outros. E se este estudo for feito em escala global pode não ser tão preciso, mas se for feito em escalas menores, tende a apresentar resultados precisos e apurados. Mesmo com essa preocupação das escalas ainda pode-se esbarrar em alguns obstáculos. Um destes contratempos aparece quando a área queimada fica próxima ao perímetro urbano. Mesmo usando um bom índice de queimadas, como neste caso o Índice W, que foi desenvolvido e utilizado com êxito por Libonati *et al.* (2010, 2011, 2015), com frequência os algoritmos confundem áreas queimadas com áreas urbanas e vice-versa. Esta confusão se dá ao fato de alguns materiais antrópicos possuírem valores de reflectância muito parecidos com os valores de reflectâncias de queimadas, ou seja, as respostas espectrais dos materiais sintéticos são baixas nos canais NIR (*Near Infrared*) e SWIR2 (*Short Wave Infrared 2*). Estas bandas correspondem aos canais 5 (0.8 μm) e 7 (2,2 μm) do OLI, respectivamente.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar o comportamento espectral de superfícies de áreas queimadas através de dados do sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do LANDSAT-8 em comparação com dados de superfícies urbanas. Para tal foram utilizados dados de reflectância da biblioteca espectral do *Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) (Baldrige et al., 2008).

2. Dados e Métodos

Os dados utilizados neste trabalho incluem medidas espectrais de materiais naturais (vegetação, água, material queimado) e não-naturais (concreto, asfalto, entre outros), cobrindo desde a região do visível até o infravermelho termal (0.4–15.4 μm). Os dados de reflectância espectral utilizados para análise neste estudo foram obtidos em parte a partir das bibliotecas espectrais do ASTER (<http://speclib.jpl.nasa.gov/>). Maiores informações sobre estas bibliotecas espectrais podem ser obtidas em Baldrige et al. (2009). Entretanto, os dados de reflectâncias de carvão e cinza utilizados neste trabalho foram obtidos por Libonati et al. (2011). Todos os dados das bibliotecas espectrais são medidos em laboratório, ou seja, estes dados não possuem interferências atmosféricas. Os materiais feitos pelo homem foram separados por grupos de acordo com as suas características principais, sendo eles: Avermelhados, Asfaltados, Pinturas, Metais e Outros. O grupo dos Avermelhados possui materiais como telhas, ladrilhos vermelhos, tijolos e outros materiais que tem características avermelhadas. O grupo dos Asfaltados possui materiais como asfalto, laje concretada asfaltada e piche. Já os Metais agregam metais em geral, desde aço até ferrugem. As pinturas incluem todo o tipo de pintura, seja ela lisa ou metálica e até mesmo automotivas. Já os materiais classificados como Outros não pertenciam a nenhuma dessas classes, por exemplo, emborrachados e azulejos de terracota. Além destes grupos também foram criados os grupos de Água, Vegetação e Queimadas.

Utilizaram-se as funções resposta das bandas 5 e 7 do sensor OLI, que é um parâmetro que descreve a sensibilidade espectral do sensor em uma faixa específica do espectro eletromagnético, para realizar a integração dos valores de reflectância de cada material em cada canal. Para a realização das integrações foi utilizada a fórmula:

$$\rho_b = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \rho_{\lambda} f_{\lambda} d_{\lambda} / \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} f_{\lambda} d_{\lambda} \quad (1)$$

Onde ρ_b , ρ_{λ} e f_{λ} são a reflectância na banda, a reflectância espectral e a função resposta, respectivamente. λ_{\max} (λ_{\min}) são os comprimentos de onda máximos (mínimos).

O índice W é baseado na transformação do espaço MIR/NIR para um novo espaço espectral que tem como coordenadas os índices η e ξ . Desta forma, tal transformação resultou no espaço η/ξ , em que η é a coordenada baseada na distância a um ponto de convergência no espaço MIR/NIR, representativo de uma superfície totalmente queimada, e ξ é a coordenada baseada na diferença entre os dois canais. Posteriormente este índice foi adaptado para o Landsat por Teixeira (2016), pois era originalmente concebido para o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), de forma que agora se pode transformar o espaço SWIR2/NIR em um espaço η/ξ . Seguem as equações simplificadas por DaCamara et al. (2016) utilizadas neste trabalho:

$$\eta = \sqrt{(\rho_{\text{swir2}} - \rho_{\text{cswir2}})^2 + (\rho_{\text{nir}} - \rho_{\text{cnir}})^2} \quad (2)$$

$$\xi = (\rho_{CQ_{SWIR2}} - \rho_{CQ_{NIR}}) \quad (3)$$

$$W = 1.1 \eta \quad (4)$$

Baseado nestes cálculos o espaço SWIR2/NIR foi transformado no espaço η/ξ onde ρ_{SWIR2} e ρ_{NIR} são as refletâncias nos canais SWIR2 e NIR respectivamente, e $\rho_{CQ_{SWIR2}} = 0.24$ e $\rho_{CQ_{NIR}} = 0.05$ são os valores de reflectância que definem o ponto de convergência no espaço SWIR2/NIR, representativo de uma superfície totalmente queimada.

3. Resultados e Discussão

As Figuras 1-3 apresentam o comportamento espectral dos diversos materiais utilizados neste trabalho. A partir das observações dos gráficos, foram geradas as Tabelas 1 e 2, possibilitando uma visualização mais dinâmica do comportamento da reflectância dos distintos materiais. Porém note que as queimadas possuem uma resposta espectral em NIR em torno de $0.06 \mu\text{m}$ e no SWIR2 em torno de $0.24 \mu\text{m}$ assim como alguns materiais como metais, pinturas e asfalto.

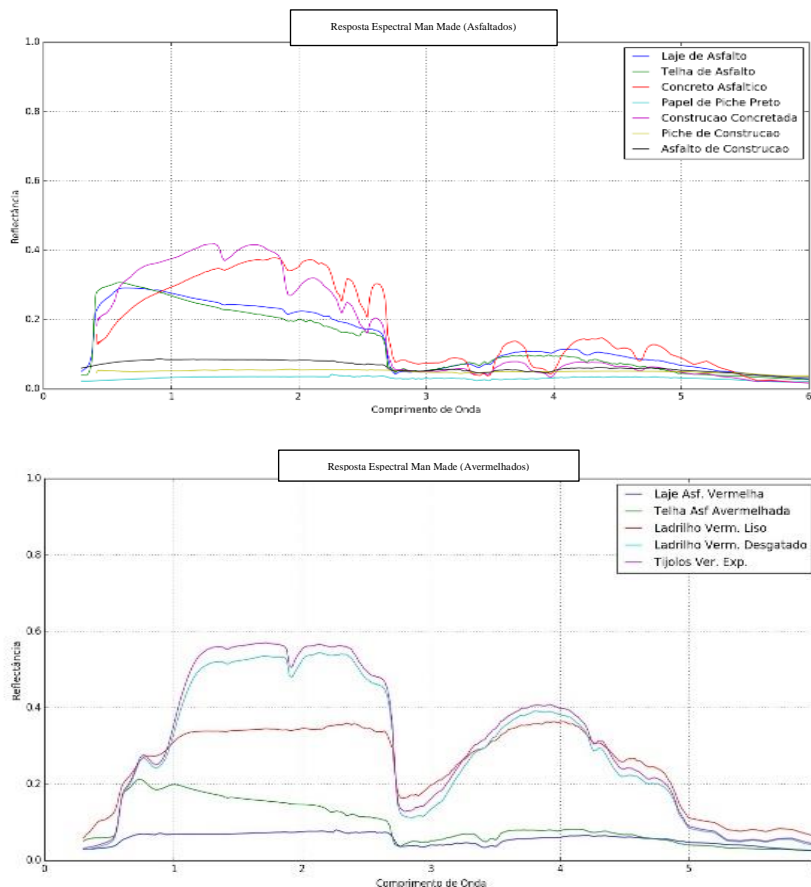


Figura 1. Acima, na imagem superior, estão representadas as respostas espectrais para os materiais pertencentes a classe dos Asfaltados. Acima, na imagem inferior, estão representadas as respostas espectrais para os elementos pertencentes ao grupo do Avermelhados.

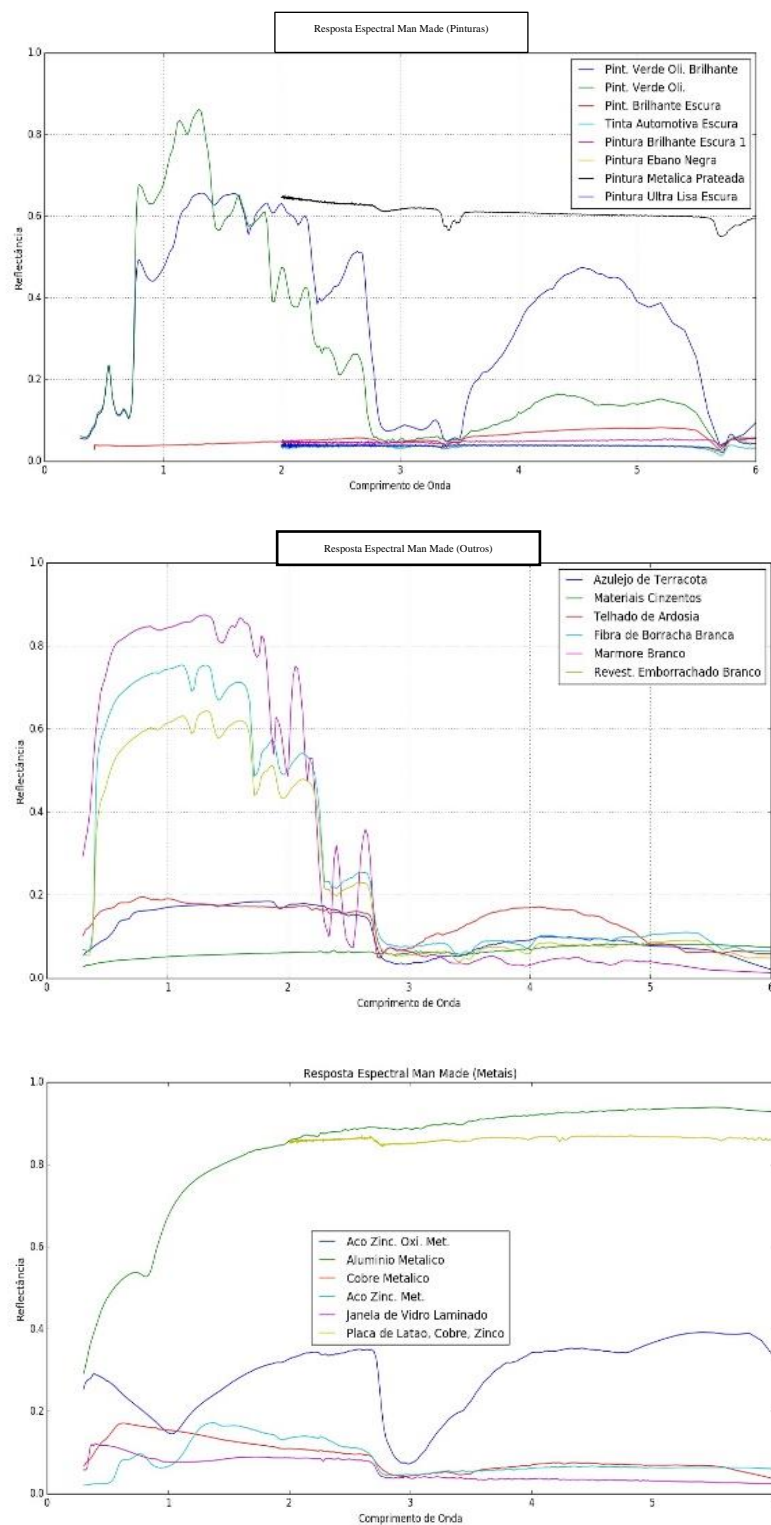


Figura 2. Acima temos os gráficos de respostas espectrais para o grupo de Pinturas, Outros e Metais, respectivamente de cima para baixo.

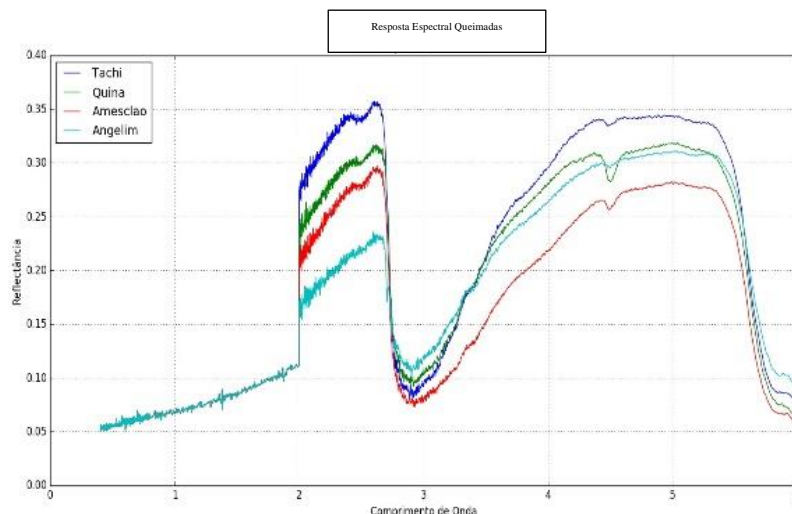


Figura 3. Gráfico de resposta espectral para queimadas.

Tabela 1. Valor qualitativo das reflectâncias das queimadas referentes a cada canal e para cada tipo de vegetação queimada, divididas em baixa, média e alta reflectância. Setas para baixo representam baixa reflectância, setas para cima alta reflectância e setas para cima e para baixo média reflectância.

QUEIMADA	LANDSAT	
	OLI	
	NIR	SWIR2
Tachi	↓	↓
Quina	↓	↓
Amesclão	↓	↓
Espuma do Mar	↓	↓

Tabela 2. Valor qualitativo das reflectâncias dos materiais feitos pelo homem referentes a cada canal e para cada tipo de material, divididas em baixa, média e alta reflectância. Setas para baixo representam baixa reflectância, setas para cima alta reflectância e setas para cima e para baixo média reflectância. Quando não há reflectância no canal foi designado um traço. Os materiais destacados possuem as mesmas características dos materiais carbonizados.

MATERIAIS FEITOS PELO HOMEM	LANDSAT	
	OLI	
	NIR	SWIR2
Aço Zinco Metálico	↓	↓
Aço Zinco Oxidado Metálico	↓	↓
Alumínio Metálico	↑↓	↑
Azulejo de Terracota	↓	↓
Cobre Metálico	↓	↓
Concreto Asfáltico	↓	↓
Construção Concretada	↓	↓
Fibra de Borracha Branca	↑	↑↓
Janela de Vidro Laminado	↓	↓

Ladrilho Vermelho Desgastado	↓	↑
Ladrilho Vermelho Liso	↓	↓
Laje Asfáltica Vermelha	↓	↓
Mármore Branco	↑	↑
Materiais Cinzentos	↓	↓
Papel de Piche Preto	↓	↓
Piche de Construção	↓	↓
Pintura Brilhante Escura	↓	↓
Pintura Verde Oliva	↑	↑↓
Pintura Verde Oliva Brilhante	↑↓	↑
Placa de Latão, Cobre, Zinco	—	↑
Revestimento Emborrachado Branco	↑	↑↓
Telha Asfáltica Avermelhada	↓	↓
Telhado de Ardósia	↓	↓
Tijolos Vermelhos Expostos	↓	↑↓
Tinta Automotiva Escura	—	↓

Posteriormente foram feitas as integrações das funções resposta de cada banda com as respostas espectrais de cada elemento de cada grupo de materiais estudados, dos resultados das integrais foram gerados gráficos de dispersão a fim de encontrar os materiais feitos pelo homem que tivessem um maior potencial de se confundir com as áreas queimadas (Figura 4).

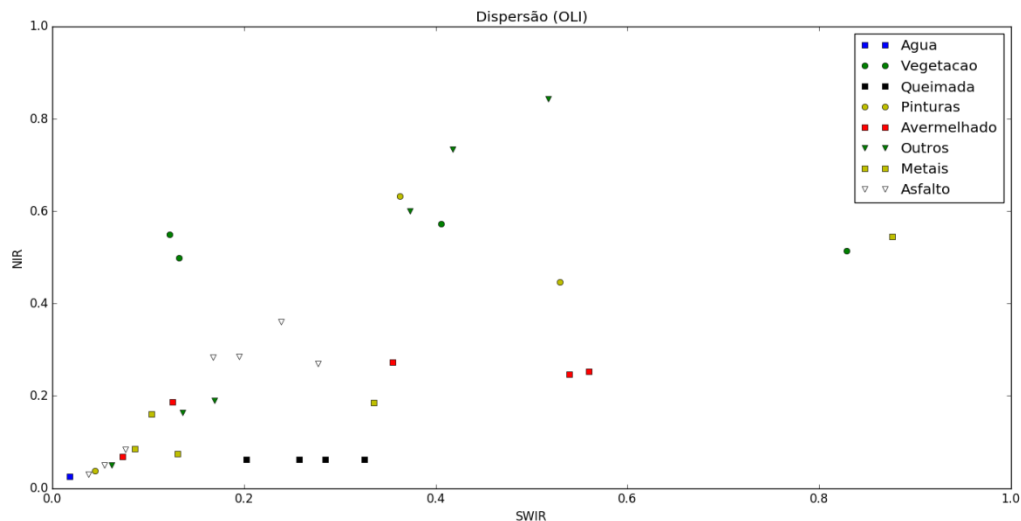


Figura 4. Gráfico de dispersão para materiais naturais e artificiais no espaço SWIR2/NIR.

No espaço SWIR2/NIR poucos elementos se aproximam dos materiais carbonizados, sendo os metais o que mais se aproximam na dispersão, porém com este espaço não se pode implementar o Índice W. Então para este espaço espectral foi feita a transformação para o espaço η/ξ que contempla e auxilia o índice W. Após a transformação foi gerado um novo gráfico de dispersão.

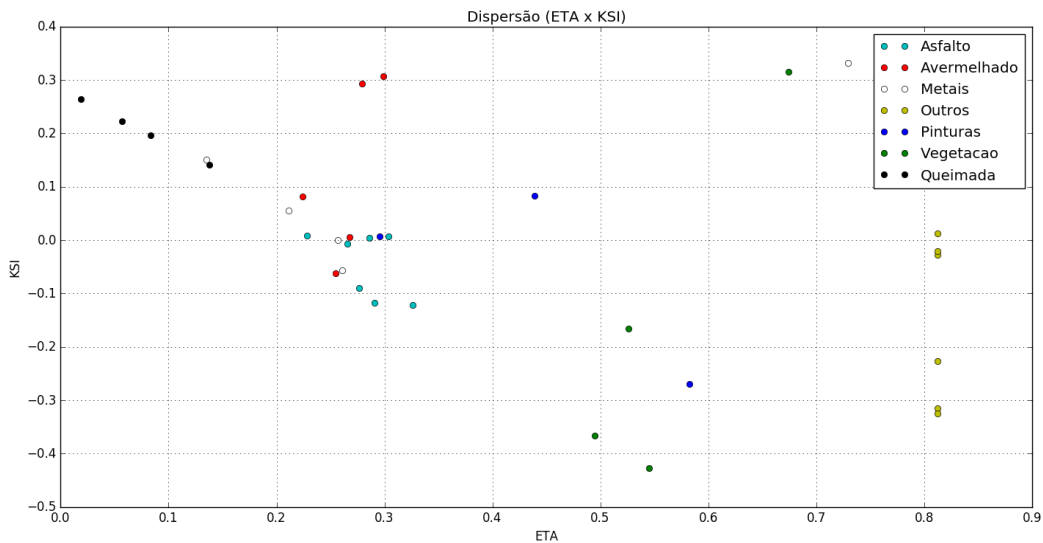


Figura 5. Gráfico de dispersão para materiais naturais e artificiais no espaço ETA/KSI.

A transformação do espaço espectral SWIR2/NIR para o η/ξ é fundamental para a implementação do Índice W, uma vez que os cálculos de W são baseados neste novo espaço. Os métodos matemáticos para encontrar os valores do Índice W estão sendo aplicados para então serem empregados posteriormente na continuação deste trabalho. Todavia já com este novo domínio η/ξ pôde-se perceber que um elemento do grupo dos Metais possui valor bem próximo aos valores de materiais queimados e em contrapartida os outros grupos que também possuíam valores semelhantes aos de queimada, como as Pinturas e os Asfaltos, foram removidos da área de conflito em que poderiam gerar confusão com as queimadas. De modo que até então o trabalho restringiu o grupo que poderia gerar falhas na aplicação do Índice W.

4 Conclusões

Através dos gráficos de resposta espectral e tabelas pode-se perceber que alguns dos materiais feitos pelo homem possuem características espectrais bem semelhantes as características espectrais de áreas queimadas, ou seja, possuem baixa reflectância no canal NIR e baixa reflectância no canal SWIR2 o que ratifica o problema. Porém estes gráficos e mais as tabelas não possibilitam saber qual dos materiais feitos pelo homem de fato se confundem mais com as áreas queimadas. Todavia o gráfico de dispersão no espaço espectral SWIR2/NIR possibilitou uma melhor visualização e aproximação de quais materiais em si estariam se confundindo com as áreas do estudo de queimadas. Porém a dispersão nesse primeiro espaço espectral não possui aplicação direta no índice de queimadas utilizado, o que então a torna uma avaliação imprecisa, porém quando a transformação do espaço espectral SWIR2/NIR é realizado obtemos um novo domínio chamado η/ξ , que está diretamente ligado ao Índice W e por isso pode-se dizer que é uma avaliação mais adequada ao problema encarado. Na dispersão η/ξ foi possível identificar um material do grupo dos Metais que possui valores de ETA e KSI muito próximos aos valores ETA e KSI de queimadas e foi possível também que os outros grupos que potencialmente poderiam confundir o algoritmo fossem descartados desta primeira análise. O material metálico que obteve valores próximos aos valores de queimadas foi identificado como Aço Zincado Oxidado Metálico, muito comum em telhas e estruturas de sustentação de casas e telhados. A partir destes resultados, o trabalho deverá continuar em busca de outros tipos de metais que tenham as mesmas características das áreas queimadas no espaço η/ξ e posteriormente o Índice W será de fato

aplicado a fim de estabelecer novos limiares de materiais carbonizados e assim então poder refinar o algoritmo de detecção de queimadas.

5 Agradecimentos

Ao Projeto BrFLAS Brazilian Fire-Land-Atmosphere System (FAPESP/1389/2014).

6 Referências

LIBONATI, R.; DaCAMARA, C. C.; PEREIRA, J. M. C.; PERES, L. F. **Retrieving middle-infrared reflectance for burned area mapping in tropical environments using MODIS**. *Remote Sensing of Environment*, 114, 831-843, 2010

BALDRIDGE, A.M.; Hook, S. J.; GROVE, C. I.; RIVERA, G. **The Aster Spectral Library version 2.0, Remote Sensing of Environment**, v. 113,711-715, 2009

LIBONATI, R. **Using Middle-Infrared Reflectance For Burned Area Detection**. 2010. 249f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Spectral Library Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer (ASTER). Disponível em: <<http://speclib.jpl.nasa.gov/>>. Acesso em 14.abr.2016.

TEIXEIRA, F. R. **Adaptação dos Índices de Queimada (V, W) para os dados Landsat utilizando informações no NIR e SWIR**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Depto. de Meteorologia, IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, junho de 2016. 78 p.

ROSENFELD, D. **TRMM observed first direct evidence of smoke from forest fires inhibiting rainfall**. *Geophysical Research Letters*, v. 26, n. 20, p. 3105-3108, 1999.

MENON, S.; HANSEN, J.; NAZARENKO, L.; LUO, Y. **Climate effects of black carbon aerosols in China and India**. *Science*, v. 297, p. 2250–2253, 2002

KOREN, I.; KAUFMAN, Y. J.; REMER, L. A.; MARTINS, J. V. **Measurement of the effect of Amazon smoke on inhibition of cloud formation**. *Science*, v. 303, p. 1342–1345, 2004.

DENTENER, F.; KINNE, S.; BOND, T.; BOUCHER, O.; COFALA, J.; GENEROSO, S.; GINOUX, P.; GONG, S.; HOELZEMANN, J. J.; ITO, A.; MARELLI, L.; PENNER, J. E.; PUTAUD, J. P.; TEXTOR, C.; SCHULZ, M.; van der Werf, G. R.; WILSON, J. **Emissions of primary aerosol and precursor gases in the years 2000 and 1750 prescribed data-sets for AeroCom**. *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 6, p. 4321–4344, 2006.

van LEEUWEN, W.; CASADY, G.; NEARY, D.; BAUTISTA, S.; ALLOZA, J.; CARMEL, J.; WITTENBERG, L.; MALKINSON, D.; ORR, B. **Monitoring post-wildfire vegetation response with remotely sensed time series data in Spain, USA and Israel**. *International Journal of Wildland Fire*, v. 19, p. 75-93, 2010

ZHANG, J.; WEBSTER, J.; POWERS, R. F.; MILLS, J. **Reforestation after the fountain fire in Northern California: an untold success story**. *Journal of Forestry*, v. 106, p. 425–430, 2008.