

## Caracterização da refletância espectral de materiais urbanos com uso de espectroradiômetro

Gloria Yamileth Bolívar Durán<sup>1,2</sup>  
Diego de Almeida Prado<sup>1,2</sup>  
Waterloo Pereira Filho<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Centro de Ciências Naturais e Exatas – CCNE/Departamento de Geociências  
Prédio 17 - 97105-900 – Santa Maria - RS, Brasil

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Centro Regional Sul - INPE/CRS  
Av. Roraima, 1000 - Caixa Postal 5021  
97105-970 – Santa Maria - RS, Brasil  
{gloriab.ucv, diegoprado1, waterloopf}@gmail.com

**Abstract:** The purpose of this work is to identify the spectral behavior of the urban targets (asphalt, concrete, basalt, granite and road without pavement), with field reflectance measurements using a spectroradiometer (FieldSpec instrument) and to establish its relation with reference spectral library and vary works made about reflectance of urban targets and rocks mineralogy, used to develop a generalized knowledge base for analysis of different materials. The noise of Spectral reflectance measurements were smoothed using mean-filter smoothing algorithms. Derivative analysis algorithm was applied to enhance spectral features. Continuum-removal was applied by feature-extraction absorption bands. Results showed that urban materials are altered by manufacturing processes and the way they are combined. Urban materials can also be altered by coatings and urban spectra are further modified. Were identified typical spectral features can be associated with some minerals and iron oxides between 500 nm and 700 nm.

**Palavras-chave:** electromagneticspectrum, urban targets, absorption, minerals, espectro eletromagnético, alvos urbanos, absorção, minerais.

### 1. Introdução

Uma forma de conhecer o comportamento espectral dos alvos na superfície terrestre é com o uso da técnica de espectrorradiometria de refletância, que segundo Meneses (2001) tem a função de medir em diferentes comprimentos de onda a energia eletromagnética refletida da superfície dos objetos, a qual é representada em forma de gráfico, denominado curva de refletância espectral. O padrão espectral de materiais urbanos novos apresentam baixa refletância em comparação com materiais mais velhos. No entanto, devido à forma como os materiais urbanos são alterados pelos processos de fabricação e da forma como eles são combinados, nem sempre é fácil identificar uma característica específica de absorção. As mudanças na assinatura espectral nos materiais urbanos podem ser por revestimento de algas, poeira, poluição, óleo, borracha, tintas e marcas de pneus que são encontradas em estradas e pontes (EZATY, 2011; Roberts e Herold, 2004)

Segundo Silveira (2003) o pavimento é a superfície lisa e impermeável sobre a qual os veículos circulam sob a camada de desgaste, é a mais superficial e proporciona a resposta espectral. Entre os tipos mais comuns de pavimento de desgaste destacam-se paralelepípedos ou placas de rocha dura, agregado impregnado de asfalto, concreto, brita, etc. Roberts e Herold (2004) afirmaram que uma estrada de asfalto representa um agregado de brita e de várias componentes químicos de alcatrão, de óleo e também outros hidrocarbonetos.

A composição mineralógica do concreto, conforme Rossetto e Turrillas (2007) é bastante variável, a combinação do cimento (cuja matéria prima principal é óxido de cálcio) com materiais de diferentes naturezas e em determinadas proporções (dependendo do uso) como com um

agregado miúdo (geralmente areia lavada), um agregado graúdo (geralmente brita, água e em alguns casos aditivos) permite obter concreto (BRUM, 2007; ABCP, 2009). A calçada corresponde com a caracterização feita por Brum (2007) que é um pavimento de blocos de concreto pré-fabricados, assentados sobre colchão de areia ou brita fina, travados através de contenção lateral e por atrito entre as peças.

Na fabricação de brita são utilizados frequentemente o ortognaisse rico em biotita, devido à ocorrência abundante e fácil extração, e resíduos de rochas sedimentares, metamórficas ou ígneas gerados durante a produção de lajes, paralelepípedos, alicerces, meio-fios etc., são triturados para produção de britas que serve como material para agregado, os quais apresentam diferentes tamanhos de grão, propícios para serem utilizados (PETRAKIS *et al*, 2010; ALMEIDA e MARQUES, 2010)

As estradas não pavimentadas, também denominadas de estradas de terra ou estradas vicinais, são aquelas vias cuja camada superficial é constituída por solo local, às vezes em mistura com agregado granular que pode ser uma camada de pedra ou material britado de espessura adequada, com uma quantidade suficiente de solos aglutinantes de grãos finos como silte e argila, para ligar o material quando da compactação da superfície da estrada (ODA *et al.*, 2001). Neste caso, há dificuldade de reconhecer as ocorrências dos distintos tipos de minerais do solo, já que o solo é residual e os constituintes do solo têm remanescentes da rocha que deu origem. Mas há elementos que podem ser identificados conforme os parâmetros do solo que influenciam na radiação refletida da superfície, alguns deles são os óxidos de ferro, a umidade, a matéria orgânica, a granulometria, minerais de argila e o material de origem. (MENESES e FERREIRA, 2001; MOREIRA, 2005).

O espectro de reflectância de uma rocha resulta da combinação dos espectros de seus minerais constituintes, porém dificilmente esse espectro apresente todas as feições dos minerais que constituem a rocha, não obstante no caso das rochas procura-se destacar as características da feição espectral e o que é responsável pela sua origem (MENESES e FERREIRA, 2001)

De acordo com Silveira (2003) os paralelepípedos geralmente são de granito, gnaisse, basalto, dacitas, riolitas ou originados de outros tipos de rocha de resistência equivalente. Tanto o granito como o basalto são utilizados para calçamento de ruas e pavimentos.

Segundo informações das pedreiras localizadas em Santa Maria, os materiais utilizados para pavimentação que eles vendem têm origem de jazidas na Região Sul. O granito utilizado nos paralelepípedos que estão em algumas estradas da universidade são da cor rosa avermelhada. Esse granito é identificado na região sul segundo Sartori e Rüegg (1979) e Philipp e Campos (2005) que mencionam que a cor do granito é pela maior ocorrência de K-feldspato e plagioclásio prismáticos. Outros materiais que as pedreiras utilizam para pavimentação são as dacitas e riolitas que vem do basalto da Serra Gaúcha (PETRAKIS *et al*, 2010; ALMEIDA e MARQUES, 2010). Segundo Mottana *et al.* (1977) a dacita tem como componentes essenciais plagioclase, quartzo, biotita, hornblenda a cor pardo. No caso da riolita tem como componentes essenciais quartzo, feldspato potássio, acessórios biotita, albita.

## 2. Objetivo

Este trabalho tem por objetivo discriminar a faixa do espectro eletromagnético que melhor caracterize os padrões de materiais de pavimentação, que são: 1) asfalto em bom estado; 2) calçada de concreto; 3) brita; 4) estrada sem pavimentação, 5) pavimentação em paralelepípedo. Para a análise são utilizadas as curvas espectrais de cada um destes alvos, obtidas por um espectrorradiômetro que opera na banda de 325 a 1075 nm e comparadas com o padrão espectral de referência.

### 3. Materiais e Métodos

Foi utilizado um espectrorradiômetro da marca Analytical Spectral Device Inc, modelo FieldSpec HandHeld UV/VNIR, que opera na faixa espectral contínua de 325 a 1075 nm, do espectro eletromagnético, com intervalo de 1,6 nm e precisão de aproximadamente 1nm. Opera na região do visível e parte do infravermelho próximo. Destacam-se os seguintes componentes do equipamento: 1) unidade detectora – dispositivo para captar a radiância do alvo; 2) tripé; 3) notebook – funciona como um dispositivo de registro e armazenamento dos sinais vindo da unidade detectora; 4) placa de referência – superfície *lambertiana*, cuja medida da radiância é obtida após a de cada alvo e; 5) acessórios - bateria e cabos de conexão. Para cada amostra foi coletada uma medida de refletância a uma altura de aproximadamente 50 cm (altura em que foi colocado o espectrorradiômetro sobre o tripé).

Com o uso do espectrorradiômetro sobre o pavimento, obtiveram-se as curvas espectrais das seguintes classes informacionais definidas para o estudo: 1) asfalto em bom estado; 2) calçada de concreto; 3) brita 4) estrada sem pavimentação, 5) Pavimentação em Paralelepípedo. Todas as amostras foram obtidas sobre áreas secas.

Optou-se, nesse experimento, em escolher algumas vias internas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), situada na cidade de Santa Maria, estado de Rio Grande do Sul. A escolha do local deveu-se, em primeiro lugar ao acesso e em segundo lugar, pelo fato das áreas possuírem vários tipos de pavimentos e em diferentes condições de desgaste o que possibilitaria distinguir vários padrões para a análise.

A *Figura 1* mostra uma vista panorâmica das instalações da UFSM e do seu sistema viário, com destaque aos locais onde se fez as medições com o espectrorradiômetro, 8 amostras foram utilizadas para esse trabalho. As medições ocorreram no período entre 11 e 14 horas do dia 24 de outubro de 2012. Ressalta-se que todas as observações foram obtidas com incidência da energia radiante máxima, ou seja, sem interferência de nuvens.

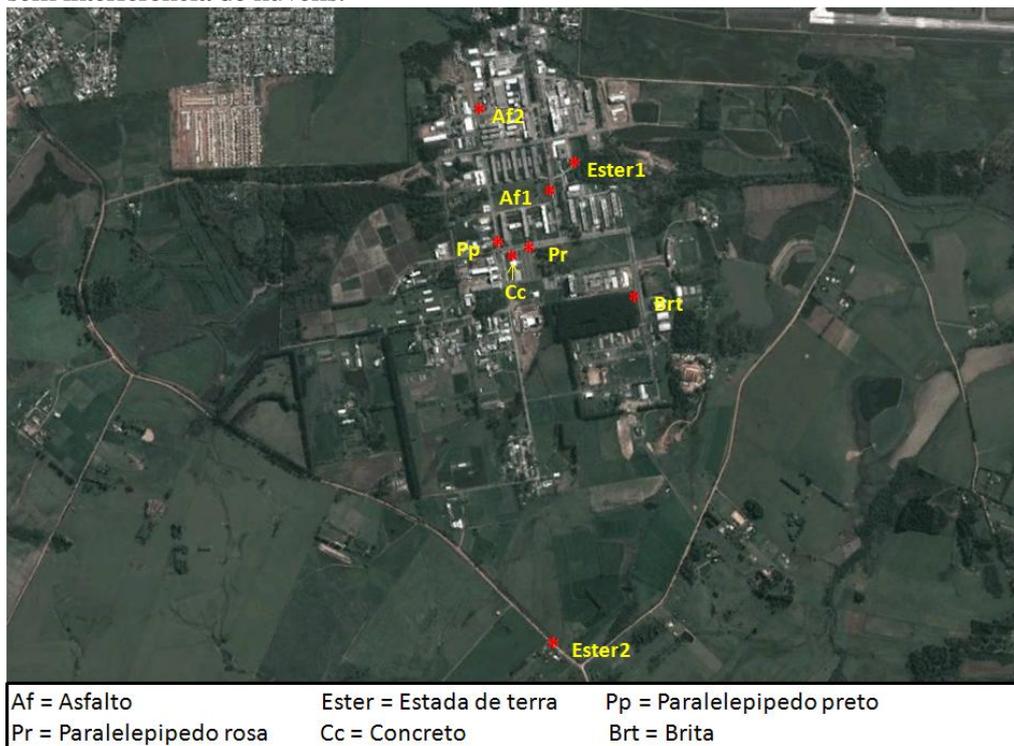


Figura 1 –Pontos de coletas dos dados radiométricos.

Fonte – ImagemGeoEye. Data 09-01-2012. Google Earth

Os dados originais foram, convertidos em refletância. Foram feitos 10 registros com o espectrorradiômetro para cada uma das amostras. Estes dados foram revisados para saber se as curvas espectrais têm pouca dispersão. Em seguida, foi realizada a média das medições para gerar a curva espectral relacionada com a resposta de cada amostra especificada.

Para o processamento dos dados e a obtenção das curvas espectrais dos registros levantados em campo foram utilizados os softwares aplicativos RS3, ViewSpec Pro Versão 5.6, Microsoft Excel 2007 e Environment for Visualizing Images (ENVI), Versão 4.5, para aplicação de remoção do contínuo.

Primeiramente foi necessário suavizar o ruído aleatório dos dados coletados, para isso foi utilizado o método filtro da media móvel, que também suaviza os dados localmente com a definição previa de uma janela. Para a efetiva suavização, este método não necessita de qualquer curva de ajuste polinomial ou método por mínimos quadrados (TSAI; PHILPOT, 1998).

Para identificar os comprimentos de onda que apresentam maior variação de refletância foi utilizada a análise derivativa, porque conceitualmente a aplicação de uma operação de derivada sobre uma função, representa uma forma de quantificar a taxa de variação de uma determinada variável em relação à outra. No caso de um espectro, representa a taxa de variação de refletância espectral do alvo em relação a variação do comprimento de onda da energia incidente (TSAI e PHILPOT, 1998; BARBOSA, 2005).

O procedimento mais comum para determinar as bandas de absorção tem sido o método do contínuo espectral, uma função matemática ajustada sobre os espectros de refletância, para isolar e caracterizar suas feições espectrais (CLARK e ROUSH, 1984).

#### 4. Resultados e Discussão

As medições apresentam um ruído na banda 760nm que, segundo Brown et al (2000), corresponde à banda de absorção de oxigênio. Murcay (2011) diz que a absorção contínua muito forte nesta região deve-se por uma combinação de *Rayleigh* e os efeitos do aerossol.

**Estradas sem pavimentação:** Como pode ser visualizado na *Figura 2*, a análise da derivada a amostra 1 tem o pico de reflectância na banda 558nm e a amostra 2 tem pico de reflectância na banda 570, próximo a los 600nm ambas as amostras coincidem, elas mantéma tendência de aumento da reflectância, mas a amostra 2 tem maior reflectância conforme aumenta o comprimento de onda, ou pode ter relação com o fato de envelhecimento ou uso da estrada. A remoção do contínuo amostra a ocorrência de uma faixa de absorção entre os 480 e 515 nm, mais profunda na amostra 2 do que na amostra 3, que pode ser pela presença de óxidos de ferro de acordo com, Meneses e Ferreira (2001), Demattê *et al.* (1999), Madeira Netto (2001) e no caso descrito da goethita segundo a biblioteca espectral do USGS.

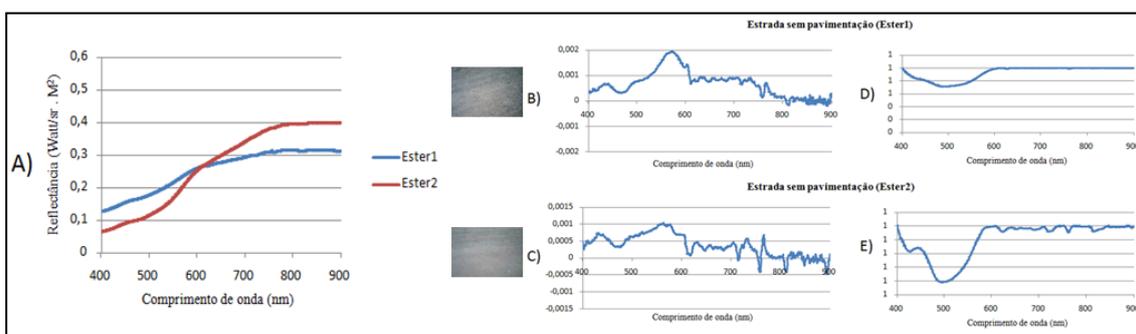


Figura 2 - A) Curvas espectrais das amostras de estradas sem pavimentação. B) Curva da primeira derivada da amostra Ester1. C) Curva da primeira derivada da amostra Ester2. D) Espectro do contínuo removido da amostra Ester1. E) Espectro do contínuo removido da amostra Ester2.

Embora segundo EMBRAPA (1999) e SEMA-RS/UFSM (2001) diz que os solos da região têm baixo teor de óxidos de ferro, a camada de rolamento destas estradas geralmente é uma mistura dos solos presentes na área com agregados como areia e brita compactadas que podem ter conteúdo de óxidos de ferro.

**Asfalto:** Como pode ser visualizado na Figura 3, a análise da derivada a amostra 1 tem o pico de reflectância na banda 564nm e a amostra 2 tem pico de reflectância na banda 558nm, próximo aos 600nm ambas as amostras coincidem, elas mantêm a tendência de aumento da reflectância até aumentos na variação da reflectância próximo na banda 580 segundo Roberts e Herold (2004). Também a amostra 2 tem maior reflectância conforme aumenta o comprimento de onda, o que pode ter relação com o fato de envelhecimento ou uso da estrada segundo Ezaty (2011); Roberts e Herold (2004). A remoção do contínuo mostra a ocorrência de uma faixa de absorção entre os 487nm e 509 nm que pode ser a presença de óxidos de ferro dos materiais utilizados nos agregados do asfalto mencionados por Petrakis *et al.* (2010); Almeida e Marques (2010), além dos materiais das estradas de terra trazidos pelos pneus dos carros.

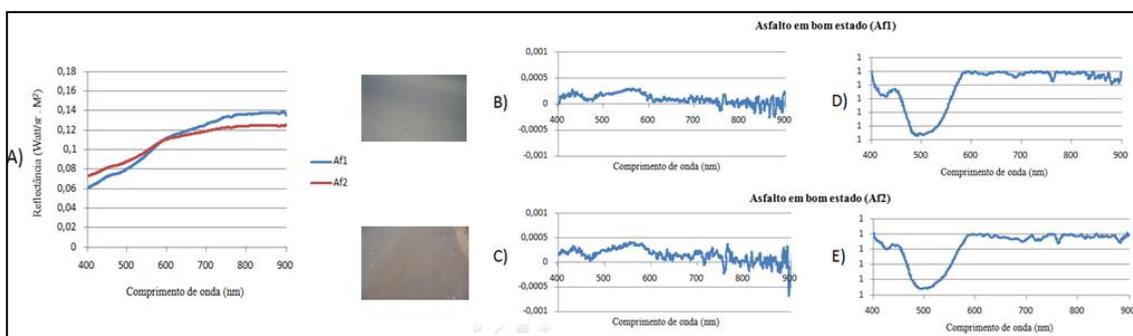


Figura 3 - A) Curvas espectrais das amostras de asfalto em bom estado. B) Curva da primeira derivada da amostra Af1. C) Curva da primeira derivada da amostra Af2. D) Espectro do contínuo removido da amostra Af1. E) Espectro do contínuo removido da amostra Af2.

**Concreto:** Apresenta maior reflectância conforme aumenta o comprimento de onda, segundo Bowker *et al.* (1985). A análise da derivada da amostra apresenta dois picos de reflectância nas bandas 550nm e 693nm, cuja variação se produz na banda próxima a 600 nm. A remoção do contínuo mostra a ocorrência de duas faixas de absorção, uma na banda 491nm e outra na banda 678nm. Conforme Rossetto e Turrillas (2007) a mineralogia do concreto é bastante variável, além do fato de envelhecimento ou uso da estrada segundo Ezaty (2011); Roberts e Herold (2004), pode estar ocorrendo uma resposta não exatamente coincidente com ABCP (2009) e no caso descrito da calcita segundo a biblioteca espectral do USGS, que é o componente principal do concreto. Os blocos de concreto pré-fabricados estão assentados sobre colchão de areia ou brita fina cujo conteúdo mineralógico pode ser devido a presença de óxidos de ferro segundo Meneses e Ferreira (2001), Demattê *et al.* (1999), Madeira Netto (2001) e no caso descrito da goethita segundo a livraria espectral do USGS; ou mesmo assim com os agregados da mistura do concreto mencionados por ABCP (2009); Petrakis *et al.*, (2010); Almeida e Marques (2010).

**Calçamento de paralelepípedo:** Neste caso há quatro tipos de rochas diferentes: granito, basalto, riolito ou dacito. A duas amostras têm maior reflectância conforme aumenta o comprimento de onda, que concorda com Bowker *et al.* (1985), mas o paralelepípedo rosa tem maior reflectância do que o paralelepípedo preto, neste caso, a maior influência pode ser a cor do material. Os paralelepípedos estão assentados sobre colchão de areia ou brita fina cujo conteúdo mineralógico pode ser devido a presença de óxidos de ferro, como diz, Meneses e Ferreira (2001), Demattê *et al.* (1999), Madeira Netto (2001), porém pode ter relação com a presença da faixa de absorção nos 500 nm.

No caso do paralelepípedo rosa a rocha é granito para Oliveira *et al.* (1999). De acordo com análise da derivada da amostra (Figura 4) apresenta dois picos de reflectância nas bandas 582nm e 765nm, cuja variação se produz entre a faixa dos 600 nm e 700nm. A remoção do contínuo mostra a ocorrência de duas faixas de absorção uma na banda 508 nm e outra na banda 682nm. De acordo com Mottanaet *et al.* (1977), Meneses e Ferreira, 2001, Almeida e Marques, 2010, Mottana *et al.* (1977) e as livrarias espectrais do USGS e ASTER JPL, o mineral microclino dos feldspatos potássicos têm feições de absorção nos 500nm e é responsável pela cor rosa do granito. Segundo a biblioteca espectral do ASTER JPL, no caso descrito do granito há uma faixa de absorção entre 600 e 700nm, que pode explicar a suave queda nos 765nm.

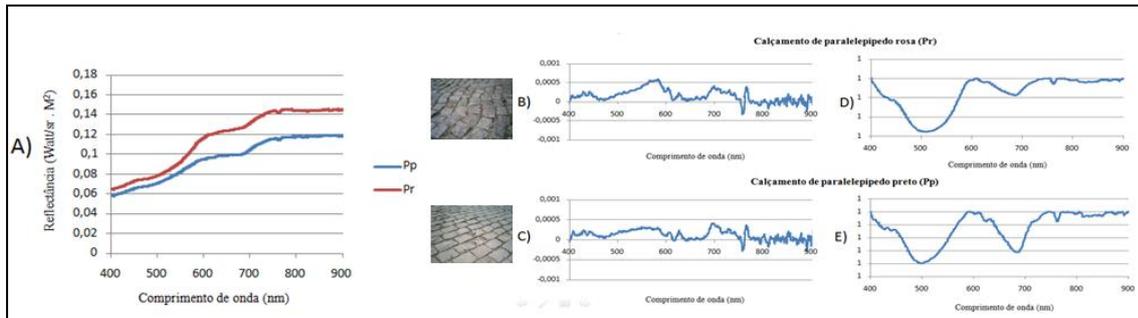


Figura 4 - A) Curvas espectrais das amostras de calçamento de paralelepípedo. B) Curva da primeira derivada da amostra Pr. C) Curva da primeira derivada da amostra Pp. D) Espectro do contínuo removido da amostra Pr. E) Espectro do contínuo removido da amostra Pp.

No caso do paralelepípedo preto a rocha pode ser basalto, riolita ou dacito, segundo Oliveira *et al.* (1999). A análise da derivada da amostra apresenta dois pico de reflectância nas bandas 549nm e 794nm, cuja variação se produz entre a faixa dos 600 nm e 700nm. A remoção do contínuo amostra a ocorrência de duas faixas de absorção uma na banda 508 nm e outra na banda 682nm. Conforme Meneses e Ferreira, 2001, Almeida e Marques, 2010, Mottana *et al.* (1977) e as bibliotecas espectrais do USGS e ASTER JPL, o mineral microclino dos feldspatos potássicos apresentam feições de absorção nos 500nm e segundo a livraria espectral do USGS e ASTER JPL a biotita tem feições de absorção entre 600 e 800, o que pode explicar a profunda faixa de absorção nos 682 nm.

**Brita:** Apresenta maior reflectância conforme aumenta o comprimento de onda e desce suavemente acima dos 830nm, segundo Bowker *et al.* (1985). A análise da derivada da amostra apresenta um pico de reflectância na banda 579nm. A remoção do contínuo amostra a ocorrência de uma faixa de absorção na banda 490nm. A brita é um agregado gerado em muitos casos com resíduos de rochas como granito, basalto, gnaise, riolito, dacita, arenito entre outras; porem é difícil determinar o conteúdo mineralógico, só pode-se relacionar com o conteúdo mineralógico das rochas que servem de matéria prima. De acordo com Meneses e Ferreira (2001), Demattê *et al.* (1999), Madeira Netto (2001), Almeida e Marques, 2010 e as bibliotecas espectrais do USGS e ASTER JPL, a faixa de absorção deste material pode corresponder com presença de óxidos de ferro, microclino, quartzo.

## 5. Considerações Finais

Como as medições foram feitas num espectrorradiômetro de faixa espectral útil entre 400 e 900nm, todas as feições de absorção dos minerais não puderam ser vistas. É recomendável utilizar um espectroradiômetro de maior faixa espectral no caso de identificação de minerais.

As rodovias apresentaram muitos componentes misturados, tornando difícil ter uma resposta espectral com exatidão. Baseado em uma comparação dos resultados obtidos das medições, com

trabalhos feitos sobre o tema e a biblioteca espectral da USGS y ASTER-JPL se inferiu quais os minerais estavam dando a resposta dos materiais das rodovias.

No caso do concreto e asfalto, como são resultados de uma mistura de componentes como bitúmen e outros agregados como a brita, é mais difícil determinar a resposta. Cada asfalto é preparado de forma diferente em cada lugar com agregados geralmente associados à geologia próxima a área. A reflectância espectral de materiais urbanos pode variar conforme seja velho ou novo.

Os efeitos das ações da intemperização da superfície das rochas contribuem para a degradação da informação espectral captada por um sensor remoto, mesmo assim qualquer película que reveste a superfície do pavimento, por mais fina que seja afeta a observação espectral dos minerais constituintes.

## 6. Referências

ADVANCED SPACEBORNE THERMAL AND REFLECTION RADIOMETER (ASTER). Disponível em: <<http://asterweb.jpl.nasa.gov/>>. Acesso em: 12.nov.2012.

ALMEIDA, Humberto; MARQUES Rezende, Márcio. **Agregados para a Construção Civil**. Departamento Nacional de Produção Mineral. Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (ANEPAC). São Paulo. 2010. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/07/DNPM2009.pdf>> . Acesso em: 30.out.2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Manual de placas de concreto: Passeio público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2009. 32p.

BARBOSA. C. C. F. **Sensoriamento remoto da dinamica da circulacao da agua do sistema planicie de Curuai/Rio Amazonas**. 2005. 255 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São Jose dos Campos. 2005.

BOWKER, David E.; DAVIS, Richard E.; MYRICK, David L.; STACY, Kathryn; JONES, William T.. **Spectral Reflectances of Natural Targets for Use in Remote Sensing Studies**. Reference Publication 1139. National Aeronautics and Space Administration (NASA). Virginia. 1985.

BROWN, L. R.; PLYMATE, C.. Experimental Line Parameters of the Oxygen A Band at 760 nm **.Journal of Molecular Spectroscopy**. 199, p.166–179, 2000. Disponível em: <<http://www.idealibrary.com>>. Acesso em: 13.nov.2012.

BRUM, Anderson. **Dossiê Técnico. Pavimentos Intertravados**. SENAI-RS. Escola de Educação Profissional. Em: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT. Rio Grande do Sul. Dezembro, 2007. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjcz>> .Acesso em: 13.nov.2012.

CLARK, R.N. & ROUSH, T.L. Reflectance spectroscopy: quantitative analysis techniques for remote sensing applications, **J. Geophys. Res.** 89, 6329-6340. 1984.

DEMATTÊ, José; NORONHA, Norberto C; CLEMENTE, Celso; MARCONI, Arary ; OVIEDO, Alexandre. Reflectância Espectral De Diabásio E Argilito Da Região De Piracicaba-Sp E De Riolito Da Região De Palmas-PR. **Scientia Agrícola**. vol.56 n.2 Piracicaba 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161999000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161999000200003&script=sci_arttext)> .Acesso em: 11.nov.2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento . Brasília: 1999. 412 p

EZATY, Nurul; NASARUDIN, Mohd and Mohd, Helmi. Development And Utilization Of Urban Spectral Library For Remote Sensing Of Urban Environment. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v.5, n.1, p.44-56. June, 2011.

MADEIRA NETTO, José. Comportamento Espectral dos solos. In: Meneses, Paulo Roberto.; Madeira Netto, José da Silva (Org.). Sensoriamento Remoto. Reflectância dos alvos naturais. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília - UnB, Embrapa Cerrados, 2001. cap. 1, p. 15-39

MENESES, Paulo. Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral. In: Meneses, Paulo Roberto.; Madeira Netto, José da Silva (Org.). Sensoriamento Remoto. Reflectância dos alvos naturais. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília - UnB, Embrapa Cerrados, 2001. cap. 1, p. 15-39

MENESES, Paulo e FERREIRA, Laerte. Comportamento Espectral de Minerais e Rochas. In: Meneses, Paulo Roberto.; Madeira Netto, José da Silva (Org.). Sensoriamento Remoto. Reflectância dos alvos naturais. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília - UnB, Embrapa Cerrados, 2001. cap. 1, p. 15-39

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 320 p.

MOTTANA, Annibale; CRESPI, Rodolfo; LIBORIO, Guiseppe. **Guia de minerales y rocas**. Ediciones Grijalbo, S.A. Barcelona, 1977. p.605

MURCRAY, Frank J. **Balloon.01.report**. NASA BalloonProgram, 2011. Disponível em: <[http://eosps.gsfc.nasa.gov/ftp\\_docs/validation/Murcray.balloon.01.report.pdf](http://eosps.gsfc.nasa.gov/ftp_docs/validation/Murcray.balloon.01.report.pdf)>. Acesso em: 13.nov.2012.

ODA, S.; Fernandes Júnior, J. L. F.; Sória, M. H. A. Caracterização de estradas não-pavimentadas visando a implementação de um sistema de gerência de vias. **Engenharia e Arquitetura**. São Carlos, SP, v. 01, nº 2, p.135-145. 2001. Disponível em: <[http://www.dec.uem.br/docentes/soda/oda\\_e&a.pdf](http://www.dec.uem.br/docentes/soda/oda_e&a.pdf)>. Acesso em: 13.nov.2012.

PETRAKIS, Giannis Hans, Motoki, Akihisa, Sichel, Susanna Eleonora. Geologia De Jazidas De Brita E Areia Artificial De Qualidade Especial: Exemplos Do Alkali Sienito De Nova Iguaçu, Rj, E Riolito De Nova Prata, Rs. **Geociência**. São Paulo, Vol.29, No.1, P.21-32. 2010.

PHILIPP, Ruy Paulo; CAMPOS, Roberto. Controles Geológicos das Jazidas de Granitos Ornamentais da Região de Encruzilhada do Sul, RS: Origem das Variedades Comerciais do Granito Encruzilhada do Sul. **Geociências**, 32 (1):37-49, 2005. Disponível em: <<http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br/3201/04-3201.pdf>>. Acesso em: 15.nov.2012.

ROBERTS, D. A. and HEROLD M. Imaging spectrometry of urban materials, in King, P., Ramsey, M.S. and G. Swayze, (eds.), **Infrared Spectroscopy in Geochemistry, Exploration and Remote Sensing, Mineral Association of Canada, Short Course Series**. Volume 33, London, Ontario, pp. 155-181. 2004. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/solos.htm>> Acesso em: 14.nov.2012.

ROSSETTO, Cleusa; TURRILLAS, Xavier. Avaliação Da Composição Mineralógica De Clínqueres E Cimentos Portland Por Técnicas De Difração. Boletim Técnico da FATEC – SP - BT/22 – pág.34 a 39 – Julho / 2007 <http://bt.fatecsp.br/system/articles/608/original/bt22-17a.pdf>

SARTORI, P.L.; RUEGG, N. R. - O Complexo Granítico De São Sepé, Rio Grande Do Sul E A Evolução Das Rochas Graníticas Da Região Orogenica Do Sudeste - **BoL IG., Instituto de Geociências, USP**, V. 10 : 69 - 78, 1979.

SEMA-RS/UFSM. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA-RS) - Universidade Federal de Santa Maria UFSM). 2001.

SILVEIRA, Luiz A. **Contribuição para um modelo de seleção de revestimentos de pavimentos em ambientes urbanos (caso de Curitiba)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, 2003

TAI F., PHILPOT W. Derivative Analyses of Hyperspectral Data. **Remote sensing Environment**, St. Paul, v. 66, p. 41-51, 1998.

UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Digital Spectral Library. Disponível em: <<http://speclab.cr.usgs.gov>>. Acesso em: 12.nov.2012.