

Caracterização espectral de cobertura florestal de mata atlântica com suporte do sensor Hyperion

Elizabeth Maria Feitosa de Rocha de Souza^{1,2}

Raul Sanchez Vicens¹

Carla Bernadete Madureira Cruz²

¹ Universidade Federal Fluminense – UFF

Laboratório de Geografia Física - LAGEF

Rua Gal. Milton Tavares, s/n

CEP 24.210-340 - Gragoatá - Niterói – RJ-BR

rsvicens@gmail.com, elizabethmfr@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais

Av. Athos da Silveira 274 Bloco I Sala 010

CEP 21941-611 Rio de Janeiro - RJ – BR

carlamad@gmail.com

Abstract. The knowledge about the vegetation's current state is an important tool for environmental management and conservation. Following this trend, this study uses an image from the Hyperion sensor to identify different regeneration stages in vegetation remnants of the Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro. The research objective is to identify the regeneration stages in samples of forest and herbaceous vegetation using cluster analysis and spectral response graphics of samples selected in field in the study area. After a field survey to define the classes (pasture, capoeirinha, early, intermediate and advanced regeneration stages), dendograms were generated and the results were analyzed. The study confirmed the possibility of separating the forest samples at different regeneration stages using hyperspectral imaging from differentiated orientation and shading influence. The analysis of spectral curves and clusters by means of dendograms indicates the importance of relief in the slopes orientation and the direct influence of the floristic composition and spectral response of the sample sets. The process of cluster analysis allowed a more accurate understanding of the internal similarities of samples and definition of Groups and Subgroups. In future studies it is suggested that a larger number of samples be collected, facilitating the results validation.

Palavras-chave: Hyperspectral remote sensing, regeneration stages, Atlantic rainforest, sensoriamento remoto hiperespectral, estados de regeneração, mata Atlântica.

1. Introdução

Os estudos sobre florestas naturais e seus respectivos níveis de regeneração se apresentam como uma das maiores buscas dos especialistas em geociências na atualidade. Características estruturais da floresta podem ser indicadores úteis da condição da floresta e tem o potencial de serem avaliados através de imagens de sensoriamento remoto. Esse conhecimento se concretiza a partir de pesquisas de campo, elaboração de bibliotecas espectrais, mapeamento de fragmentos e espécies endêmicas, entre outras ações, diretas e indiretas.

A adoção das técnicas de sensoriamento remoto se destaca como uma importante fonte de dados para a construção de informações sobre o estudo da vegetação, pois é possível classificar fragmentos a partir das respostas espectrais dos diferentes tipos de cobertura. Dados hiperespectrais como os do sensor *Hyperion*, no entanto, ainda são pouco utilizados para a caracterização das florestas naturais no Brasil, ao contrário do que ocorre nos Estados Unidos onde existem amplos estudos com esses sensores e a criação de bibliotecas espectrais para as principais espécies arbóreas que formam as tipologias da vegetação do país (Crosta, 1996). O uso do sensoriamento remoto multiespectral para a classificação já se encontra

2.2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento da pesquisa foi obtida uma cena do sensor *Hyperion* junto ao United States Geological Survey – USGS, a partir do site <http://edcns17.cr.usgs.gov/NewEarthExplorer>, a cena EO1H2170762010194110PP do sensor *Hyperion* com data de aquisição em 13 de julho de 2010, por possuir baixa cobertura de nuvens.

Para a correção geométrica da imagem foram adotados MDE na escala de 1:25.000 disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE – www.ibge.gov.br), bem como ortofotos na mesma escala cartográfica.

Na etapa final para a realização da análise de agrupamentos foi utilizado o *software* STATISTICA, na opção *Multivariate Exploratory Techniques – Cluster Analysis*. Ao selecionar a opção *Jonimg (treeclustering)*.

Inicialmente foram realizadas três etapas de pré-processamento digital das imagens: correção dos ruídos stripe, correção atmosférica e correção geométrica. A correção dos ruídos stripe foi realizada de forma automática e os pixels ruins foram substituídos pelo valor médio dos vizinhos a fim de não perder nenhum dado. A segunda etapa consistiu na correção atmosférica da imagem que possibilitou o ajuste dos efeitos de absorção e espalhamento causados pela presença de gases e aerossóis na atmosfera. Para a correção atmosférica da imagem *Hyperion* foi utilizado o algoritmo FLAASH disponível no *software* ENVI, que se baseia no modelo de transferência radioativa MODTRAN (Kawishwar, 2007). Para a realização da correção atmosférica foi utilizado o Modelo atmosférico *Mid-LatitudeSummer*, modelo de aerossol rural e algoritmo de espalhamento Modtran – ISAACS. A última etapa consistiu na correção geométrica da imagem para minimizar as distorções geométricas, oriundas das características do sensor *Hyperion* decorrentes do movimento do satélite durante o imageamento (Dyk, *et al* 2002). Com o apoio dos MDE's e ortofotos do IBGE foram coletados 27 pontos de controle para a execução do ajustamento das cenas e outros 30 pontos para verificação dos resultados obtidos.

Na etapa seguinte foram definidas as classes de cobertura vegetal e os respectivos estados de regeneração com base na literatura consultada e realizado o trabalho de campo para o reconhecimento dos fragmentos florestais. As amostras foram coletadas a partir de caminhamentos efetuados durante dois dias, definidos através dos critérios de acessibilidade e diversidade de ambientes. Posteriormente, após retorno do campo, foram ajustados os limites das amostras, com base nas coordenadas coletadas em campo e com apoio das imagens do *Google Earth*. Para a caracterização das amostras foram gerados mapas derivados do relevo, referentes à declividade, aspecto, curvatura e iluminação. Esses mapas foram utilizados para indicar o grau de influência do relevo na resposta espectral das amostras selecionadas em campo, permitindo a indicação de possíveis interferências nos padrões de reflectância. A caracterização das respostas espectrais foi realizada com apoio do *software* Arcgis 10.0, por meio da função “*extract*”, calculando-se as médias dos pixels em cada polígono das amostras.

Para a análise de cada classe, foram extraídos os dados médios dos pixels para cada amostra e, posteriormente, foram avaliados os resultados para o conjunto de amostras coletadas em campo, definindo as características de cada classe. A partir de observação expedita em campo foram identificadas, para cada amostra, as características relativas à altura dos dosséis e grau de fechamento. Posteriormente, observando as características das amostras na imagem *Hyperion* identificou-se a influência de sombreamento e proximidade com centros urbanos. Toda a integração de dados foi realizada no Arcgis.

Na última etapa foi realizada a análise das amostras coletadas em campo a partir da técnica por agrupamento de clusters. Esta última etapa metodológica consiste na análise multivariada das amostras para identificar possíveis padrões que caracterizassem as amostras de cada classe. Com o objetivo de verificar a semelhança entre as amostras em cada classe,

foi realizada a análise de cluster para buscar agrupar os subconjuntos por similaridade. Nessa fase foi adotado o cálculo médio da distância euclidiana, que é uma das medidas de dissimilaridade entre objetos mais utilizada e consolidada na literatura. Finalmente, foram gerados dendogramas para o agrupamento das amostras semelhantes de gráficos de reflectância das amostras.

3. Resultados e Discussão

Para facilitar a análise dos dados cada classe recebeu um código único, como pode ser observado na Tabela 1 que mostra ainda o número de amostras consideradas, totalizando 54.

Tabela 1. Amostras válidas para as classes

Tipos de classes	Código da classe	Nº amostras
Pasto e Capoeirinha	P e S	11
Floresta estado inicial de regeneração	F1	16
Floresta estado médio de regeneração	F2	13
Floresta estado avançado de regeneração	F3	14
TOTAL		54

Em função do pouco número de amostras, as classes “Pasto” e “Capoeirinha” foram analisadas em um mesmo dendograma. Algumas características observadas no campo e indicadas pela extração dos dados do relevo para cada amostra foram listadas, para facilitar a compreensão sobre os agrupamentos. A partir da leitura da assinatura espectral das classes, a realização da análise exploratória procurou apontar a homogeneidade das amostras levantadas em campo. A análise de cluster para a floresta em estado inicial de regeneração permitiu destacar alguns comportamentos, como pode ser observado na Figura 2.

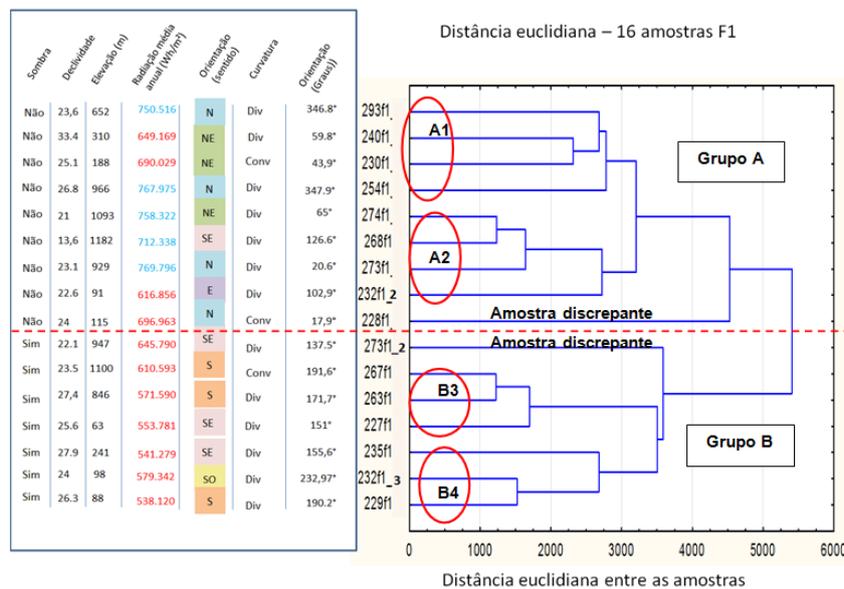


Figura 2. Dendograma da classe F1 – estado inicial de regeneração

As Figuras 3 e 4 destacam as curvas de reflectância para as amostras de F1 e os respectivos subgrupos após a análise de cluster.

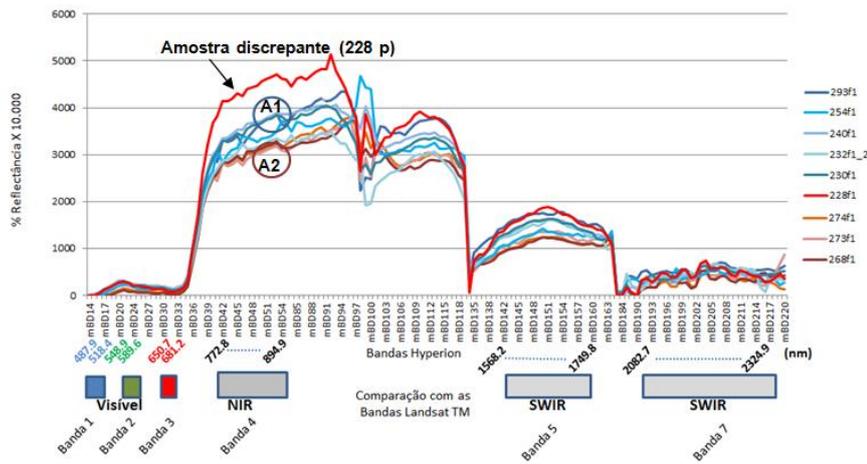


Figura 3. Reflectância para a classe F1 – estado inicial de regeneração Grupo A

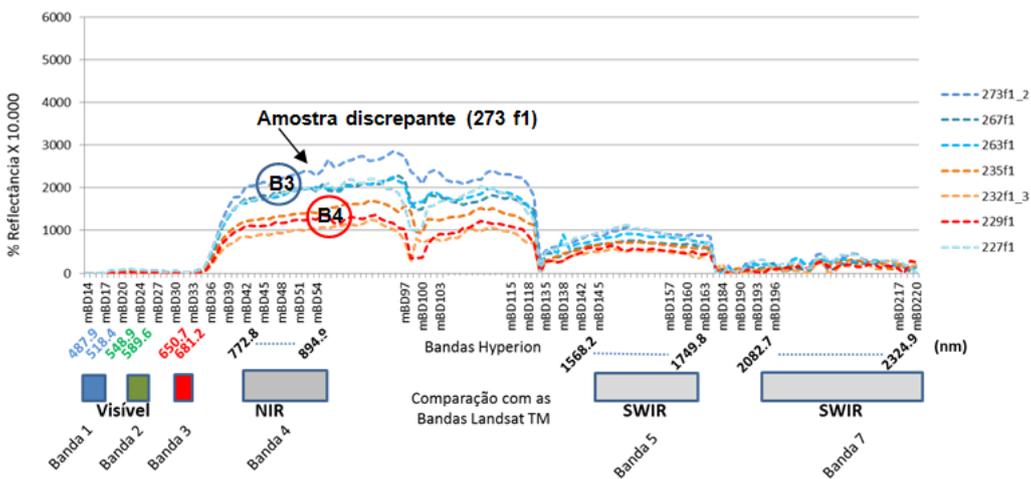


Figura 4. Reflectância para a classe F1 – estado inicial de regeneração Grupo B

As amostras dos Grupos F1-A1 e F1-B3 aparecem em tons de azul e as amostras dos Grupos F1-A2 e F1-B4 em tons de vermelho e laranja. É possível perceber, não só no agrupamento sugerido pelo dendograma, como também nos gráficos com as assinaturas espectrais, a separação dos subgrupos (1 e 2, 3 e 4). Nestes gráficos, percebem-se dois limiares interessantes de separação das classes: em torno de 1000 e 3000 (reflectância % x 10000), que dividem no Grupo B, duas subclasses, formadas por áreas sombreadas, portanto, mais escuras na imagem. Nessa classe há uma divisão visível entre as amostras sombreadas e não sombreadas, ou ainda as prioritariamente voltadas para sul ou para o norte. Na maioria das amostras do Grupo A há forte influência de sombra em oposição ao que ocorre com as amostras do Grupo B.

A classe indicada como F2 - Floresta em estado médio de regeneração - está associada a áreas onde há ocorrência de regeneração dos fragmentos em situação mais avançada que o inicial. Do total de 16 amostras, 06 apresentam orientação Norte e 10 a orientação sul. Para a classe F2 a divisão dos Grupos em A e B ocorre em distância euclidiana bem elevada (250.000), diferente do observado na classe F1 em que a separação ocorre em torno de 5.000. O Grupo A pode ser dividido em dois subgrupos (A1 e A2) compostos pelas amostras 278f2, 276f2, 279f2, 246f2, 240f2 e 247f2 e 237f2 respectivamente. No Grupo B é possível observar que as amostras 265f2, 253f2, 252f2, 225f2 e 225f2 estão mais próximas entre si, formando

um grande subgrupo (B3), enquanto a amostra 277f2 está isolada. A amostra 235f2, no entanto, apresenta-se isolada no grupo, estando discrepante das demais amostras da classe. Esse subgrupo se separa a partir da distância euclidiana 150.000, como observado no dendograma. A divisão em dois grandes Grupos (A e B) não é, portanto, claramente determinada pelo relevo ou sombreamento, apesar de apresentar influência dos mesmos. Optou-se, mesmo assim, por dividi-la em dois grupos nos moldes do padrão adotado para a classe F1. Na classe F2 é possível observar um maior grau de fechamento dos dosséis, variando entre médio e alto. A diversidade de espécies varia entre média e alta, como pode ser observado nas fichas dos Anexos 4 e 5.

A classe indicada como F3 - Floresta em estado avançado de regeneração - está associada a áreas onde há maior regeneração dos fragmentos, apresentando dosséis mais fechados e maior variedade de espécies. As espécies possuem diversidade interna, apresentando diferentes estratos, geralmente em áreas mais elevadas. Para a Classe F3, foram selecionadas em campo 15 amostras na área de estudo. Do total de 15 amostras, 10 foram reunidas no Grupo A e 04 representam o Grupo B. Uma amostra foi descartada, pois se apresenta muito diferente das demais nos dois grupos indicados. A classe F3 é a que representa a floresta em melhor estado de regeneração, onde se observa uma maior heterogeneidade espectral. Este fato já era esperado, dado que estas florestas apresentam maior diversidade e complexidade na sua estrutura. Mesmo assim, a análise estatística efetuada através do dendograma indicou dois conjuntos de dados (A e B), cujos gráficos das assinaturas mostram padrões diferenciados, sendo um de maior amplitude de variação e outro mais homogêneo. É possível que a textura, representada estatisticamente por sua forma mais simples, o desvio padrão, possa auxiliar na diferenciação destas duas subclasses (ou grupos). No Grupo A, apesar da homogeneidade interna das amostras, é possível observar 3 subgrupos internos, que se justificam pelas semelhanças entre orientação, fator de iluminação e sombreamento. A divisão entre essas classes acontece em uma distância muito pequena no dendograma, o que indica variância quanto às variáveis do relevo. A correlação entre o histograma e o gráfico de resposta espectral indica que mesmo apresentando essas pequenas diferenças há a influência na resposta espectral, isto devido também ao ângulo de aquisição que não sendo zenital, acaba sendo muito influenciado por determinadas condições de inclinação e exposição, no momento da geração da imagem. Os subgrupos de amostras do Grupo A se apresentam unidos no canal do infravermelho distante. As bandas 140 a 160 devem ser utilizadas para separar essas amostras, caso se deseje realizar o mapeamento dessas subclasses. No caso do Grupo B, após a exclusão da amostra 285f3, pode-se definir um grande bloco com quatro amostras. Apesar do pouco número de amostras, observa-se uma tendência das curvas no gráfico, com limiar variando entre 1900 e 2500 (de reflectância) no canal do infravermelho próximo. A partir da análise geral de cada classe foram geradas curvas de reflectância média para cada conjunto de amostras. A partir da análise geral de cada classe, foram geradas curvas de reflectância média para cada conjunto de amostras. A Figura 6 destaca o padrão de reflectância média para cada classe e orientação.

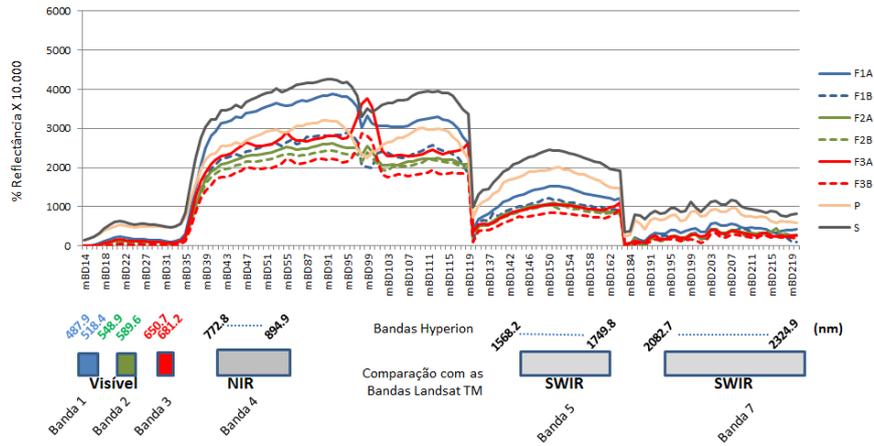


Figura 6. Reflectância média das classes conforme divisão em grupos A e B

Observando o gráfico de médias pode-se concluir que as coberturas herbáceas se separam bem quando comparadas com as coberturas florestais. Observa-se a correlação na classificação das amostras pelas variáveis geomorfológicas e as curvas espectrais no segundo nível de separação das classes (Grupos 1, 2, 3 e 4).

No gráfico da Figura 6 há confusão entre curvas de diferentes estados da vegetação, dependendo da sua localização topográfica. As diferenças são perceptíveis quando comparadas segundo a exposição da vertente. Como se observa nas Figuras 7 e 8.

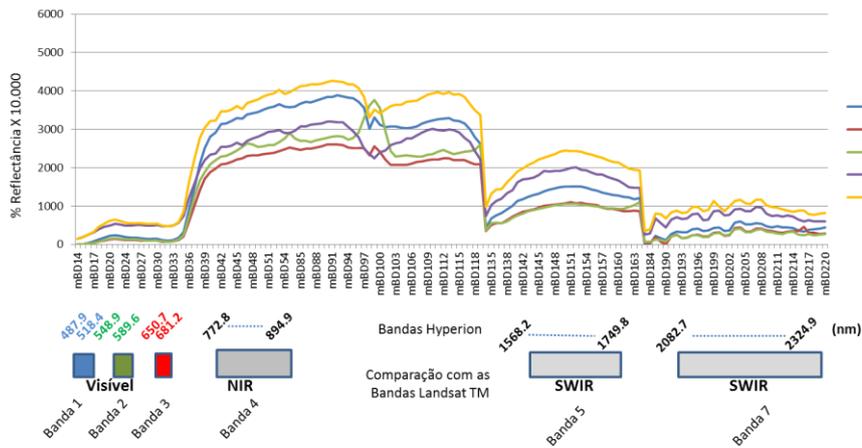


Figura 7. Reflectância média para as amostras do Grupo A

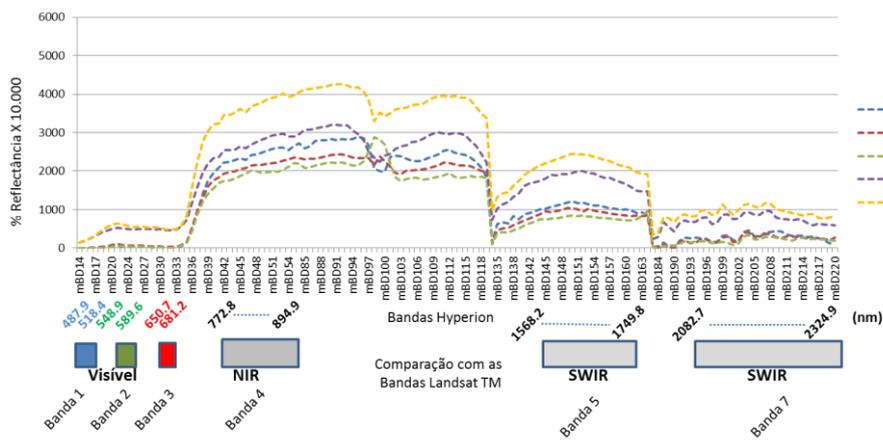


Figura 7. Reflectância média para as amostras do Grupo B

No caso das florestas, a curva média para as amostras dos Grupos “B” correspondem à macro vertente meridional (predominante na escarpa local da Serra do Mar) e se diferenciaram das amostras localizadas em encostas voltadas para Norte (Grupos “A”). De todas as classes o estado de regeneração, F2 é a que apresenta a menor separação entre os Grupos A e B. Todas as classes apresentam limiares de separação, conforme pode ser observado nos gráficos de reflectância média.

4. Conclusões

A partir da análise geral foi possível identificar o padrão médio das assinaturas espectrais em cada classe, conforme divisão em grupos. Observa-se a correlação na classificação das amostras pelas variáveis geomorfológicas e as curvas espectrais no segundo nível de separação das classes.

Deve-se levar em consideração que a pouca disponibilidade de amostras para algumas classes prejudicou a análise das curvas espectrais, o que sugere a importância de um número maior de amostras em estudos futuros.

Há uma tendência de aproximação das curvas espectrais para classes em grupos, baseados principalmente na elevação, orientação, fator de iluminação e sombreamento. Cabe destacar a correlação entre determinadas condições topográficas com a geometria do sensor no momento do imageamento. A coleta das amostras a partir de imagens do Google Earth deve considerar a geometria de imageamento do sensor *Hyperion* que tende a gerar determinadas áreas de sombra nas imagens. Esse aspecto deve ser observado durante a etapa de coleta das amostras.

Os aspectos relacionados à fisionomia da vegetação, percebidos durante a observação em campo, podem ser facilmente justificados pela influência do relevo, que propicia diferentes contextos de umidade e iluminação, o que determina uma característica fisionômica diferenciada para uma mesma classe de vegetação, como por exemplo, no primeiro estado de regeneração - F1. Também é possível destacar que a coleta de amostras em pelo menos dois diferentes períodos do ano poderia possibilitar uma mudança nas curvas espectrais, a partir da variação da sazonalidade. A correlação entre os agrupamentos observáveis nas curvas de resposta espectral e as classes discriminadas pela análise estatística (cluster) indica uma forte influência do relevo na resposta da vegetação, além da iluminação da encosta, atingindo o nível de sub-grupos morfométricos, onde outras variáveis são determinantes, como a elevação. A discriminação visual das amostras pela sua resposta espectral, embora possa qualificar a utilização do dado hiperespectral, gera uma forte demanda por definir os melhores descritores de classificação dentro de um número muito grande de variáveis (bandas). Para tal, se faz necessária a utilização de algoritmos de tomada de decisão na escolha dos melhores descritores.

Agradecimentos

Agradecimentos a Capes e a Faperj pelo apoio a pesquisa.

Referências Bibliográficas

Crosta, A. **Sensoriamento Remoto Hiperespectral Aplicado ao Mapeamento de Minerais de Alteração Hidrotermal nos Distritos Mineiros de Bodie e Paramount, Califórnia**. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 623-628.

Dyk, A.; Goodenough, D.G.; Bhogal, A.S.; Pearlman, J.; Love, J. **Geometric Correction and Validation of Hyperion and ALI Data for EVEOSD**. 0-7803-7536-X. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS '02. 2002 IEEE International.

Kawishwar, P. **Atmospheric correction models for retrievals of calibrated spectral from Hyperion EO-1 data**. Thesis – Master. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. Dehra Dun – India. 2007. 84p.