

Modelagem do conhecimento aplicada à análise da vegetação

Danielle Pereira Cintra¹
Manoel do Couto Fernandes²

¹ Universidade Federal Fluminense – Polo Campos dos Goytacazes - PUCG
Rua José do Patrocínio, 71, Bloco C, Sala 106, Centro, Campos dos Goytacazes, RJ,
28010-385, Brasil
daniellecindra@id.uff.br

² Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/IGEO
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Bloco H – Sala 017 - Ilha do Fundão - Cidade
Universitária, Rio de Janeiro – RJ - 21949-900, Brasil
manoel.fernandes@ufrj.br

Abstract. The significant forest fragmentation present in the Atlantic Forest, caused by human or natural actions, results in massive changes in ecosystems and the impossibility of permanence and survival of many species. Then it becomes necessary studies on the structure and distribution of forest remnants, with purpose of concrete actions, especially in areas considered at risk. The aim of this work is to contribute to a method for evaluate forest fragments by determining the vegetation structure quality, through knowledge modeling with the support of geoecology and Geographic object-based image analysis (GEOBIA) using the river basin Cuiaba, Petropolis, RJ as a model area. For the development of the methodology were used one WorldView-II image, a Digital Elevation Model Hydrologically Consistent (MDEHC) and vector data of the study site at 1:10.000. The application of normalized difference vegetation index (NDVI) was used in order to delimitate forest fragments. The Geoecological variables were generated to help the evaluation of the vegetation structure quality, taking into account the field sampling. With the view to modeling the vegetation structure quality in InterIMAGE software was performed the average value of NDVI and annual global radiation (Wh/m^2), presented with best results. All analyzed fragments showed more than 50% of their areas with medium quality vegetation, and only three fragments showed high quality areas, ranging from 7.3 to 19.4%. These data are compatible with field sampling, demonstrating the potential of the methodology used that can be replicated to other areas.

Palavras-chave: Forest remnants, GEOBIA, InterIMAGE, WorldView-II, fragmentos florestais, GEOBIA, InterIMAGE, WorldView-II.

1. Introdução

Em tempos de globalização, a necessidade humana de se expandir territorialmente e tecnologicamente tem afetado drasticamente os ecossistemas florestais, levando a uma paisagem intensamente fragmentada por conta da interseção com diversos usos da terra como pastagens, agricultura e ambientes urbanos. A expansão urbana, ao longo do tempo, impõe significativas ameaças à diversidade biológica, no que tange à limitação na capacidade ambiental de prover serviços à população humana como o sequestro de carbono, o controle de enchentes e a proteção do solo (Marmontel *et al.*, 2012). No caso do bioma Mata Atlântica, considerado um importante *hotspot* em termos de biodiversidade do planeta (Myers *et al.*, 2000; Galindo-Leal e Câmara, 2005), houve perda significativa nos últimos 28 anos, restando 12,5% dos 1,3 milhões de km^2 originais (Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014). A significativa fragmentação dos habitats, seja causada por ações antrópicas ou naturais, resulta em intensas modificações nos ecossistemas e na inviabilização da permanência e existência de inúmeras espécies, modificando também a vida de populações humanas, as quais residem nessas regiões. Tornam-se então necessários estudos sobre a estrutura e distribuição de seus remanescentes, visando ações concretas, principalmente em áreas consideradas de risco, como a área analisada.

A bacia do rio Cuiabá é localmente conhecida como Vale do Cuiabá. Está situado no distrito de Itaipava, Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro, entre as coordenadas 22°19'24" e 22°24'27" de latitude Sul e entre 43°01'13" e 43°015'55" de longitude Oeste (Figura 1).

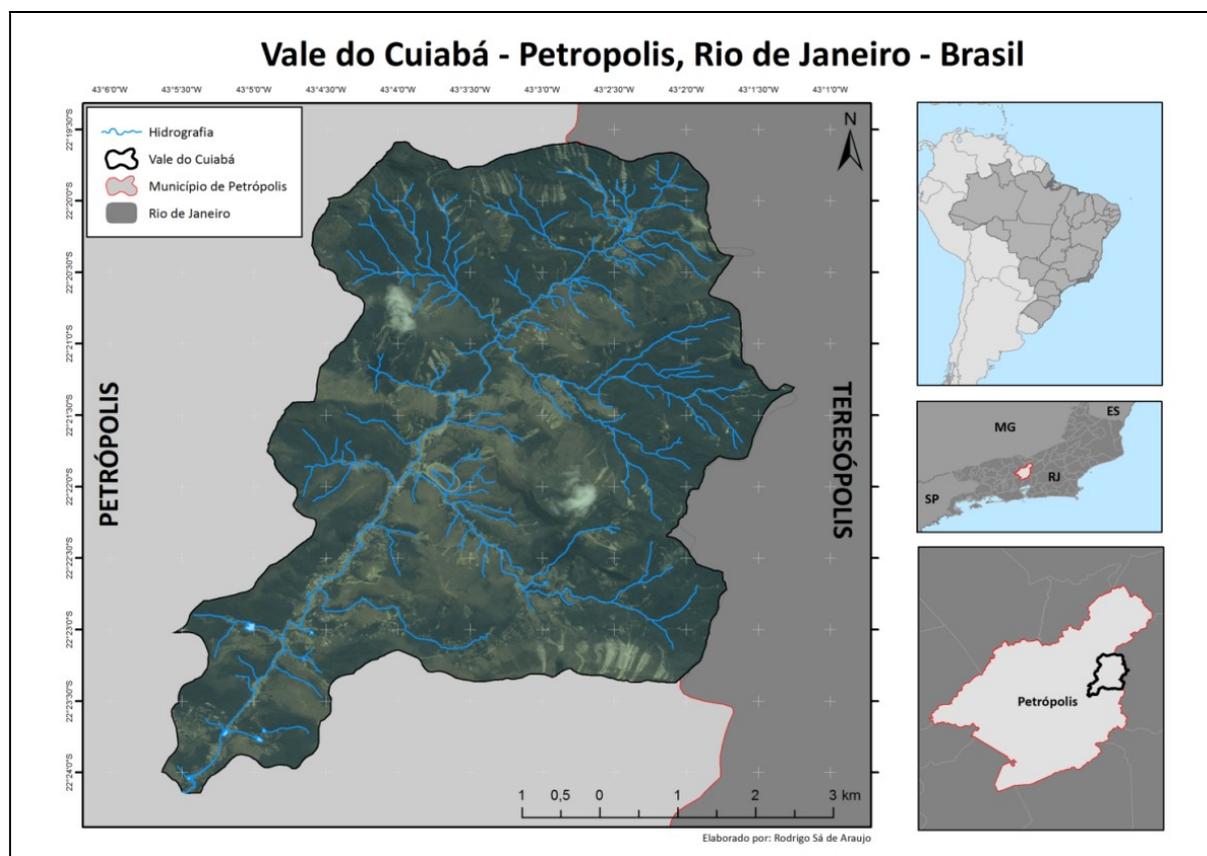


Figura 1: Localização da área de estudo.

Segundo a Fundação SOS Mata Atlântica/INPE (2014), Petrópolis ainda possui 32% da área do município composta por sua vegetação natural, sendo considerado um refúgio importante para biodiversidade do Estado do Rio de Janeiro. A bacia do rio Cuiabá apresenta uma cobertura vegetal variada, dominada por gramíneas, utilizadas como pastagem, capoeiras, capoeirões e plantações. Cabe ressaltar que a preservação dos remanescentes florestais nesta área está condicionada ao cumprimento da legislação ambiental pelos proprietários, já que a maioria dos fragmentos está localizada no interior de propriedades particulares, caracterizadas em sua maioria pelas atividades de veraneio e hípica.

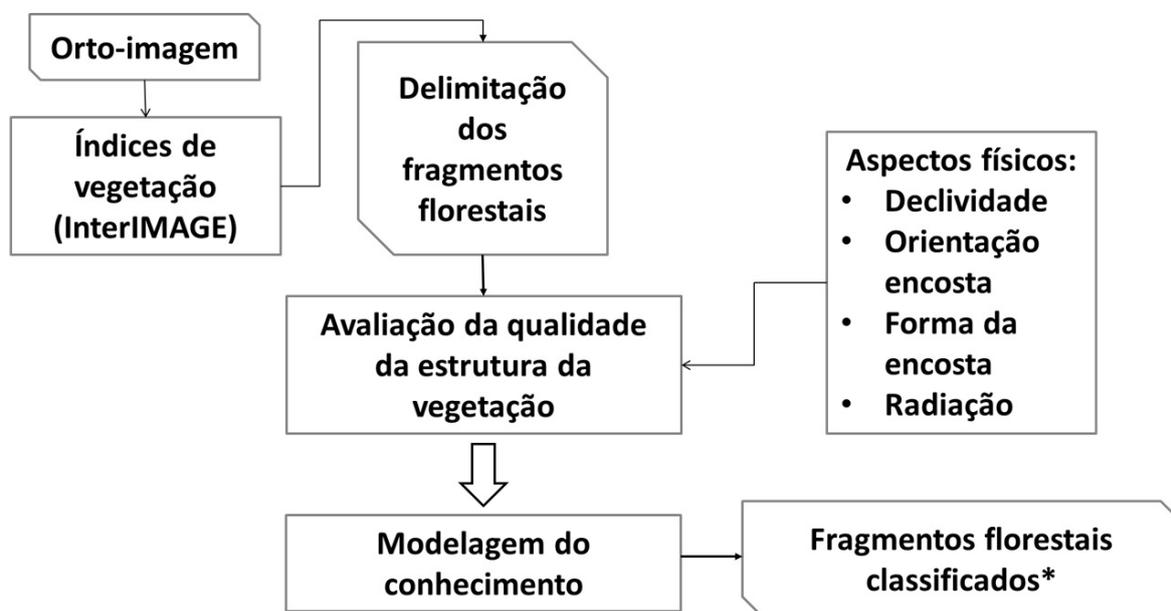
O desnível altimétrico da bacia é de cerca de 1.000 m, variando de 760 m a 1.869 m, o que, em uma área relativamente pequena (37,19 Km²), resulta em declives acentuados que muitas vezes superam os 75% de declividade (Botelho, 1996). Agregando o relevo altamente acidentado dentro de uma área de pequena extensão com as chuvas de alta concentração causou grande devastação na região Serrana no verão de 2011, principalmente na área de estudo, onde foram registrados 263 deslizamentos. Ainda é importante ressaltar que estes deslizamentos ocorreram nas áreas mais declivosas da bacia, formando corridas de material que chegaram ao fundo de vale e causaram a fragmentação de muitos remanescentes florestais.

Desta forma, é necessário avaliar o grau de fragmentação e, principalmente, a qualidade da vegetação remanescente. Portanto, o objetivo deste trabalho foi contribuir com um método de avaliação de fragmentos florestais através da determinação da qualidade da estrutura da vegetação, empregando modelagem do conhecimento apoiada em uma abordagem

geocológica e técnicas de análise de imagens baseada em objetos geográficos (GEOBIA) utilizando a bacia do rio Cuiabá, Petrópolis, RJ, como área modelo.

2. Metodologia de Trabalho

Para um melhor entendimento e organização da estrutura do trabalho na figura 2 é apresentado um fluxograma geral da metodologia utilizada. Após a correção geométrica da imagem através do processo de ortorretificação, foram testados índices de vegetação, no software InterIMAGE, para delimitação dos fragmentos florestais. Paralelamente a esse procedimento, foram gerados, a partir do MDEHC, os aspectos físicos. Estes, bem como os índices de vegetação foram então utilizados para discriminar os fragmentos florestais em diferentes níveis de qualidade de acordo com a estrutura da vegetação, que também foi amostrada em campo. A partir daí, foi possível gerar um modelo de conhecimento, no software InterIMAGE, capaz de classificar os fragmentos de forma automática.



* de acordo com a qualidade da estrutura da vegetação

Figura 2: Fluxograma geral da metodologia utilizada.

2.1. Dados utilizados

A base cartográfica 1:10.000 utilizada foi cedida pela Prefeitura de Petrópolis ao Laboratório de Cartografia (GeoCart) e consta na lista de dados vetoriais utilizados no presente estudo: hidrografia; curvas de nível (10 m); vias; lagos e rios de margem dupla; e limite da bacia do rio Cuiabá. A base cartográfica possui a projeção UTM e estava referenciada no Datum SAD-69. Toda a base foi transformada para o Datum de referência SIRGAS 2000, visando se adequar às novas exigências cartográficas nacionais.

Para este estudo, foi adquirida uma imagem de alta resolução do satélite WorldView-II do tipo *Ortho Ready Standard Level-2A (ORS2A)*, adquirida em 28 de setembro de 2011, com ângulo *off-nadir* 22,5° e resolução radiométrica de 8 bits, contendo as bandas multiespectrais com resolução espacial de 2 m e a banda pancromática com resolução espacial de 0,5 m, incluindo arquivos *Rational Polynomial Coefficient (RPCs)*. Uma característica importante da imagem adquirida que cabe destacar é que a mesma já possui correção radiométrica, não havendo necessidade de aplicação de correção atmosférica.

O Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) foi gerado a partir da ferramenta TOPOGRID (ArcGIS 10.1). Para criação do mesmo, foram utilizados os dados (*shapefiles*) de hipsometria, hidrografia e pontos cotados, todos em escala 1:10.000. A

fim de construir um modelo hidrológicamente consistente, a hidrografia passou por edições que foram desde conexões de linhas que não estavam ligadas até o conserto de fluxos. Após esses ajustes o TOPOGRID foi gerado tendo como limite a bacia do rio Cuiabá e o tamanho da célula estabelecido em 5 m.

2.2. Detalhamento da metodologia

A correção geométrica foi realizada através do processo de ortorretificação no software ENVI 5.0 (*Environment for Visualizing Image 5.0*). Para isso foi aplicado o método polinomial racional e para a reamostragem dos pixels o método Vizinheiro Mais Próximo (*Nearest Neighbor*), que apesar de poder apresentar algum tipo de ruído na visualização, preserva a informação radiométrica original da imagem (Crósta, 1992; Meneses e Almeida, 2012). Foi utilizado o MDEHC, além de utilizados 26 pontos coletados em campo, sendo cinco pontos de controle terrestre (*Ground Control Points – GCPs*) e 21 pontos de verificação (*Independent Check Points – ICPs*). Desta forma foi possível gerar uma ortoimagem com exatidão referente à escala 1:5.000, enquadrada na Classe A, de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) (Brasil, 1984). Para mais detalhes da metodologia utilizada neste processo, consultar Da Silva, 2015.

A partir da ortoimagem gerada foi utilizado o operador de segmentação baseado no índice de vegetação normalizado (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*) (*TA_NDVI_Segmenter*), no software InterIMAGE, para delimitação dos fragmentos florestais. Paralelamente a esse procedimento, foram geradas, a partir do MDEHC, variáveis geológicas de declividade, orientação e forma da encosta e radiação incidente. Os dados de valor médio de NDVI e de radiação global anual (Wh/m^2) foram então utilizados para discriminar os fragmentos florestais em diferentes níveis de qualidade de acordo com a estrutura da vegetação, que também foi amostrada em campo. A partir daí, foi possível classificar os fragmentos de forma automática no software InterIMAGE (Figura 2).

A amostragem da estrutura da vegetação serviu como parâmetro na definição da qualidade. Para isso, foram implantadas 20 parcelas ao longo da bacia, divididas em cinco fragmentos, o que corresponde a uma amostragem de $4000 m^2$ (0,4 ha). Nestas parcelas todos os indivíduos arbustivo-arbóreos, vivos e mortos em pé, com perímetro à altura do peito (PAP) maior ou igual a 15 cm (\approx diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm) foram medidos quanto à altura e PAP e tiveram o material botânico identificado pelo técnico de campo apenas pelo nome popular.

A partir da classificação das áreas de fragmento florestal utilizando o NDVI foram definidos três nós filhos representando a qualidade da estrutura da vegetação: Alta, Média e Baixa. O estabelecimento das regras de decisão para a classificação da qualidade destes fragmentos no software InterIMAGE foram definidas a partir dos valores médios de NDVI e dos valores médios de radiação global anual (Wh/m^2), resumidos na Tabela 1. Cabe ressaltar que os dados presentes nesta tabela são relativos exclusivamente à área compreendida pelas parcelas, que serviu como parâmetro para a classificação da qualidade.

Tabela 1: Árvores de decisão geradas para a classificação da qualidade da estrutura da vegetação.

Variável			Árvore de decisão
NDVI			meanNDVI \geq 0,62: Alto meanNDVI 0,60 – 0,62: Médio meanNDVI < 0,60: Baixo
Radiação (Wh/m^2)	global	anual	meanRAD > 1.637.152,927: Alta meanRAD 1.348.003,546 - 1.637.152,927: Média meanRAD < 1.348.003,546: Baixa

Desta forma, pela regra de decisão estabelecida, todos os segmentos com valor de NDVI médio e alto ($\geq 0,60$) e com baixa exposição à radiação ($< 1.348.003,546$) foram classificados como fragmentos de alta qualidade; e todos os fragmentos com baixo valor de NDVI ($< 0,60$) e com média ou alta exposição à radiação ($\geq 1.348.003,546$) foram classificados como fragmentos de baixa qualidade. A classe média qualidade ficou com a regra *Dummy TopDown*, ou seja, todos os segmentos que não foram classificados nos nós Alta e Baixa.

3. Resultados e Discussão

Após a montagem das regras de decisão deu-se prosseguimento ao processo de classificação. Para cada uma das cinco áreas foi gerada a classificação de acordo com as classes estabelecidas na rede semântica e as regras de decisão para cada classe (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação da qualidade dos fragmentos, na área da parcela, de acordo com o valor médio da radiação global anual (Wh/m^2) e do valor médio de NDVI.

Fragmento	Radiação global anual (Wh/m^2)	Classes de Radiação	Valor médio de NDVI	Classes de NDVI	Qualidade
A	1257980	Baixa	0,604	Médio	ALTA
B	1677030	Alta	0,591	Baixo	BAIXA
C	1441960	Média	0,615	Médio	MÉDIA
D	1798850	Alta	0,634	Alto	MÉDIA
E	1446800	Média	0,650	Alto	MÉDIA

Todos os fragmentos analisados apresentaram mais de 50% de suas áreas compostas por vegetação de média qualidade, e apenas três fragmentos apresentaram áreas de alta qualidade, variando entre 7,3 a 19,4% (Figuras 3 e 4).

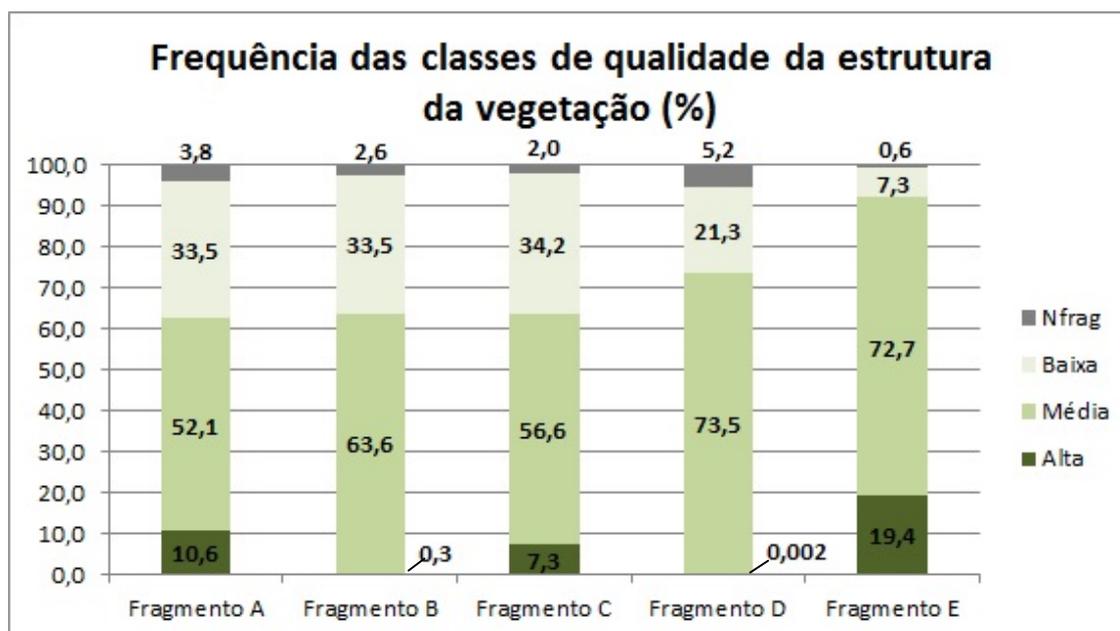


Figura 3: Gráfico da frequência das classes de qualidade da estrutura da vegetação encontradas nos fragmentos analisados, sendo Alta = alta qualidade; Média= média qualidade; Baixa= baixa qualidade; Nfrag=áreas que não pertencem a classe fragmento florestal.

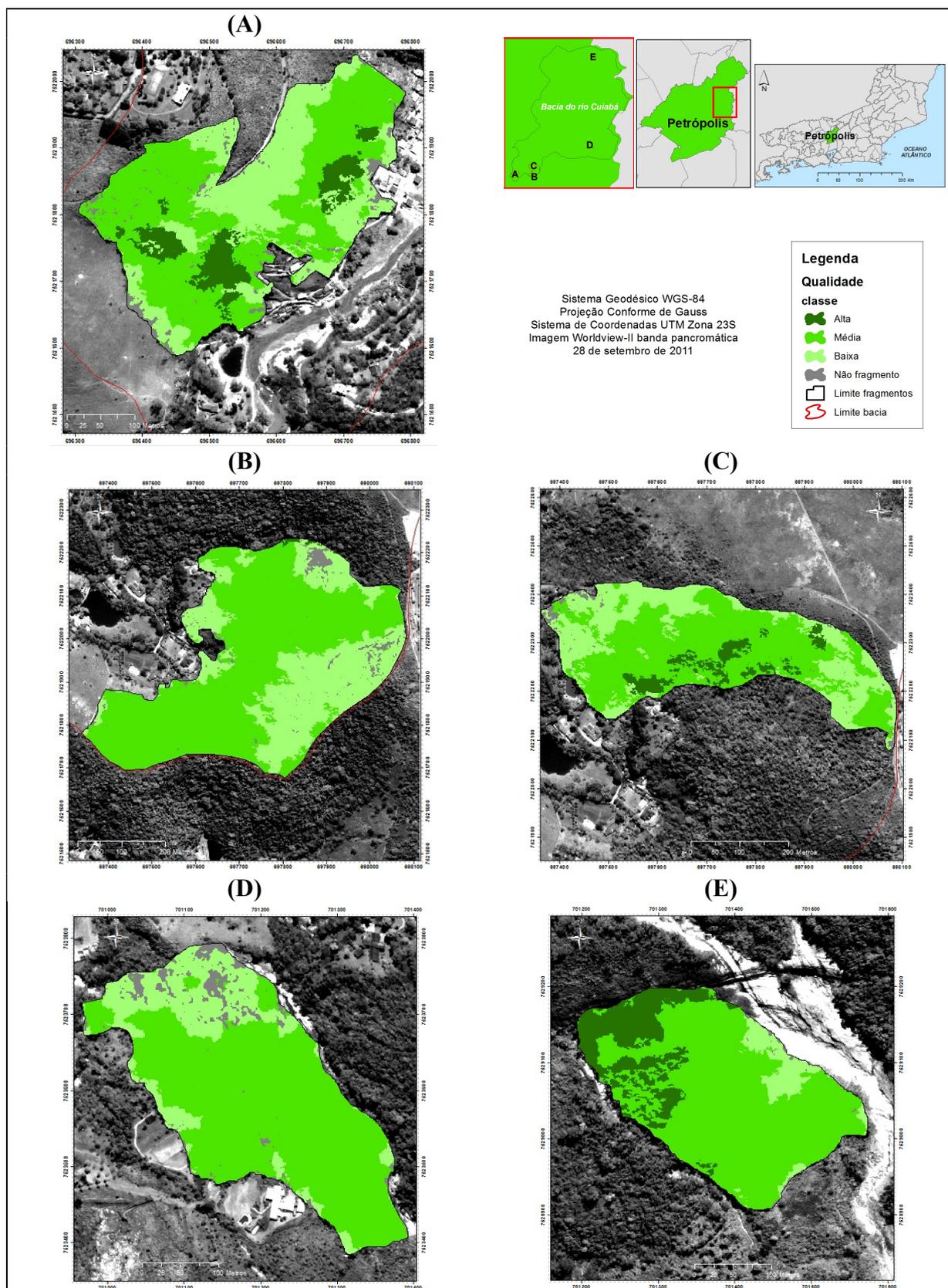


Figura 4: Classificação em termos de qualidade da estrutura da vegetação em cinco fragmentos presentes na bacia do rio Cuiabá, Petrópolis, RJ. Sendo, A: Pousada Sítio do Rumo; B e C: Sítio Coxixo; D: Jequitibá; E: Fazenda Paquequer.

4. Conclusões

Neste trabalho foi possível concluir que a combinação do valor médio de NDVI e do valor médio de radiação global mostrou bons resultados para determinação da qualidade da estrutura da vegetação. O resultado da modelagem da classificação da qualidade da vegetação se mostrou promissor, porém podem ser feitos ajustes para refiná-lo, como utilização da textura, por exemplo, para separação das classes. Quanto aos aspectos da paisagem, o único que pôde ser avaliado foi a exposição à radiação, já que os fragmentos não apresentaram diferença significativa entre si diante dos parâmetros de orientação e forma da encosta e declividade. Entretanto, conseguindo-se fazer a análise em toda área da bacia, seria interessante buscar outras áreas e aplicar a técnica de mineração de dados para explorar melhor esses e outros parâmetros que auxiliem a refinar a classificação.

O software InterIMAGE demonstrou grande potencial na segmentação e classificação das imagens, contendo diversos operadores que podem ser explorados e a possibilidade de se focar em uma única classe por vez, fazendo segmentações separadas para cada uma delas. A vantagem dessa estratégia é porque cada classe possui características particulares (textura, brilho, etc.) e pode-se implementar um nível de segmentação, bem como um operador para cada classe, além de se poder utilizar diversas imagens, com características espaciais e espectrais diferentes em uma mesma análise. Porém, apresenta ainda limitação em relação ao número de objetos (segmentos) gerados, e, por conta disso, não foi possível programar a modelagem da qualidade da estrutura da vegetação para toda a área da bacia do rio Cuiabá.

A caracterização da estrutura da vegetação em campo foi de extrema importância para definição dos parâmetros de qualidade, mas acredita-se que a identificação das espécies arbóreas pode trazer informações mais precisas, principalmente quanto ao estágio de desenvolvimento da vegetação, já que seriam determinados os grupos sucessionais das espécies predominantes (pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias ou climácicas) na área amostrada, sendo possível aprimorar a caracterização, a modelagem e a validação dos dados.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento desta pesquisa através do Edital Jovem Cientista do Nosso Estado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa de Doutorado. Agradecem também a todos os proprietários do Vale do Cuiabá, que gentilmente permitiram a entrada em suas residências para realização da pesquisa, em especial aos da Fazenda Paquequer, Acleir e Rodrigo, que nos deram abrigo. Aos colegas do Laboratório de Cartografia da UFRJ (GeoCart) e ao técnico de campo Jorge pela essencial ajuda no levantamento de campo.

Referências Bibliográficas

Botelho, R. G. M. **Identificação de unidades ambientais na Bacia do rio Cuiabá (Petrópolis-RJ) visando o planejamento de uso do solo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG), UFRJ. Rio de Janeiro. 1996.

Brasil. Decreto-lei nº 89.817 de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em 02 julho 2016.

Crósta, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. ed. rev. Campinas, SP: IG/ UNICAMP, 1992. 170 p.

Da Silva, T. R. P. C. **Validação do processo de ortorretificação de uma imagem WorldView II em área de relevo acidentado**. Thiago Ramalho Peixoto Colman da Silva - Rio de Janeiro: UFRJ / CCMN / IGEO / BCMT. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Bacharelado em Ciências Matemáticas e da Terra com

Habilitação em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica–período 2012-2013**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2014, 61p.

Galindo-Leal, C.; Câmara, I. G. Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese. In: Galindo-Leal, C.; Câmara, I. G. (Eds.) **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. traduzido por Edma Reis Lamas. – São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica — Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005. 472 p.

Marmontel, C. V. F.; Rodrigues, V. A.; Martins e Martins, T.; Starzynski, R.; Carvalho, J. L., Caracterização da Vegetação Secundária do Bioma Mata Atlântica com Base em sua Posição na Paisagem. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 2042-2052, Nov./Dec. 2013.

Meneses, P. R.; Almeida, T. Distorções e correções dos dados da imagem. In: Meneses, P. R.; Almeida, T. (Org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB/CNPQ, 2012. Cap. 6. Disponível em <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 30 junho 2016.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., Kents, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853 – 858, 2000.