

Revista Brasileira de Cartografia (2013) N^o 65/3: 467-477
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

ANÁLISE MULTITEMPORAL COMO SUBSÍDIO À IDENTIFICAÇÃO DA TRAJETÓRIA EVOLUTIVA DO USO E COBERTURA DA TERRA NO CORREDOR ECOLÓGICO DO MURIQUI/RJ

Multitemporal Analysis as a Subsidy to Identification of Evolutive Trajectory of Use and Land Cover on Muriqui's Ecological Corridor

Rômulo Weckmüller, Nátalie Chagas Slovinski & Raúl Sánchez Vicens

Universidade Federal Fluminense – UFF

¹Departamento de Geografia - Programa de Pós-Graduação em Geografia

Prédio do Instituto de Geociências – Campus UFF Praia Vermelha

Av. Litorânea s/n – Gragoatá – Niterói – CEP: 24.210-340

{weckmuller, nataliechagas}@gmail.com

rsvicens@id.uff.br

Recebido em 29 de junho, 2012/ Aceito em 28 de outubro, 2012

Received on June 29, 2012/ Accepted on October 28, 2012

RESUMO

O presente trabalho pretende, através de uma análise multitemporal, identificar as principais trajetórias evolutivas que seguem as mudanças da cobertura vegetal e do uso da terra em uma região montanhosa do Norte do Estado do Rio de Janeiro. Foram gerados três cenários temporais de uso e cobertura da terra, entre 1984 e 2011, utilizando uma análise orientada à objetos (OBIA) de imagens TM/Landsat. Através de análise espacial em ambiente GIS, foram identificadas as seqüências de mudanças ocorridas nos dois intervalos de tempo e agrupadas em cinco principais trajetórias evolutivas que seguem as transformações: desmatamento, urbanização, reflorestamento com monocultura, regeneração da cobertura florestal e expansão da área cultivada. A derrubada da floresta para aumentar a área de pastagens é o principal vetor de transformação, correspondendo a 57% do total das mudanças identificadas, principalmente o desmatamento acontecido há pelo menos 22 anos. Na sua relação com o relevo, as trajetórias mostraram-se apenas sensíveis à declividade, com a urbanização e o crescimento agrícola ocorrendo em áreas mais planas e o desmatamento, regeneração e reflorestamento ocupando majoritariamente encostas entre 10 e 20 graus de declividade

Palavras chaves: Análise Multitemporal, Sensoriamento Remoto, Trajetória Evolutiva.

ABSTRACT

Using multitemporal analysis, this paper aims to identify the main evolutionary trajectories of the landcover and landuse changes in a mountainous landscape in the North of the State of Rio de Janeiro. Three temporal scenarios of use and land cover were generated between 1984 and 2011, using an object-based image analysis (OBIA) on TM/Landsat data. Through spatial analysis tools, were identified sequences of changes in both time intervals and classified into five major evolutionary trajectories that follow the transformations: deforestation, urbanization, monoculture reforestation, regeneration of forest cover and expansion of cultivated area. Cutting forest to increase grassland area is the main transformation vector, corresponding to 57% of the total identified changes, mainly deforestations with at least 22 years

old. In its relation with the relief, the trajectories only showed sensitivity to slope, with urbanization and agricultural increase occurring in flatter areas and deforestation, reforestation and regeneration occupying mostly slopes between 10 and 20 degrees.

Keywords: Multitemporal Analysis, Remote Sensing, Evolutionary Trajectory.

1. INTRODUÇÃO

As análises multitemporais tem sido um campo de pesquisa ativa em sensoriamento remoto por décadas. Elas permitem a avaliação de diferentes dinâmicas espaciais (processos de urbanização, catástrofes naturais e outras alterações na paisagem), por meio da identificação de alterações na superfície terrestre, por meio da análise de imagens da mesma área coletadas em diferentes datas. (JIANYA *et al.*, 2008; BELTRAME *et al.*, 2009).

Existem muitas técnicas para a análise multitemporal e cada uma possui uma forma própria de lidar com a extração e com a classificação das mudanças. Os parâmetros de escolha dessas técnicas dependem do objetivo da pesquisa e/ou da preferência por parte do pesquisador por determinada ferramenta (COPPIN *et al.*, 2004; KIEL, 2008).

Dois tipos de análises multitemporais se enquadram nesta pesquisa: a direta e a pós-classificação. A análise direta consiste na classificação de todas as imagens de diferentes datas juntas. A premissa básica é a de que todas as alterações na cobertura terrestre deverão resultar em mudanças nos valores de radiância (SINGH, 1989). A análise pós-classificação consiste na classificação das datas em separado, para uma posterior detecção de mudanças na comparação dos mapas temáticos, que pode ser em uma integração entre o sensoriamento remoto e um Sistema de Informações Geográficas (LU *et al.* 2004). Esta última foi a utilizada neste trabalho.

Neste contexto, o uso de Geotecnologias como o Sensoriamento Remoto, que serve como fonte de dados recentes e históricos distintos; e o Geoprocessamento que possui importantes ferramentas de análise espacial, são fundamentais para mapeamentos de mudanças na paisagem (SEABRA & SILVA, 2011).

Segundo Lu *et al.* (2004), para se obter uma efetiva análise multitemporal e, conseqüentemente, uma boa detecção de mudanças, a mesma deve fornecer as seguintes informações: (1) variação de área de mudança, (2) distribuição espacial dos tipos alterados; (3) trajetórias de tipos de cobertura da

terra, e (4) avaliação da precisão da detecção de mudança. Além disso, a escolha das datas de aquisição das imagens é crucial para evitar a contaminação por mudanças sazonais. A qualidade do georreferenciamento também é fundamental para o êxito desta técnica.

A diferença da análise bi-temporal, quando são utilizadas apenas imagens de duas datas, da utilização de três ou mais datas, é que esta permite estabelecer as trajetórias evolutivas do uso e cobertura da terra (COPPIN *et al.*, 2004). A análise da trajetória temporal é uma importante ferramenta para identificar o histórico de cada uso e cobertura da terra ao longo do tempo, servindo como subsídio para a compreensão e localização da idade de cada uma das mudanças e, conseqüentemente, o seu grau de degradação. Segundo Mertens & Lambin (2000), as trajetórias podem representar mudanças irreversíveis, reversíveis ou cíclicas. Este autor ressalta também a possibilidade de aplicação desta técnica em prognósticos de mudanças na paisagem, através de modelos matemáticos.

A espacialização destas trajetórias também é importante para identificar em quais áreas do relevo e em quais municípios elas são mais marcantes. Estes estudos podem ser utilizados como uma ferramenta de avaliação para auxiliar em políticas de gestão ambiental ligadas à conseqüências do uso da terra (MENA, 2008).

Diversos autores utilizaram as trajetórias evolutivas em seus trabalhos com variados objetivos e metodologias para obtenção das mesmas, como por exemplo: Mertens & Lambin (2000) utilizaram-na para espacializar os desmatamentos no sul do Camarões e projetar cenários futuros para esta paisagem, com a utilização de modelos matemáticos; Mena (2008) cruzou as trajetórias do norte da Amazônia equatoriana com dados demográficos e distância das estradas, para entender suas dinâmicas e localizar áreas principais de mudanças; Hepinstall-Cymerman *et al.* (2009) utilizaram as trajetórias para entender a urbanização em sua área de estudo e seus impactos no meio ambiente, através da inserção destes dados numa modelagem ecológica; Seabra

(2012) utilizou as trajetórias como subsídio à identificação de áreas prioritárias para recuperação na bacia hidrográfica do rio São João, por meio de uma abordagem geocológica.

O presente trabalho utiliza três cenários temporais de uso e cobertura da terra com o objetivo de caracterizar as principais trajetórias evolutivas que seguem as mudanças da cobertura vegetal em paisagens montanhosas, no Corredor Ecológico do Muriqui, uma região de montanhas e significativos fragmentos de Mata Atlântica, localizada entre os Parques Estaduais dos Três Picos e do Desengano.

Especificamente, objetiva-se identificar as principais sequências de mudanças do uso e cobertura da terra, através da geração e análise espacial dos mapas multitemporais. Pretende ainda estabelecer uma relação entre as trajetórias e alguns componentes da estrutura da paisagem, em particular o relevo.

2. O CORREDOR ECOLÓGICO DO MURIQUI

A cobertura e o uso da terra do Estado do Rio de Janeiro passou por muitas mudanças. Desde o início da colonização, no século XVI, com as primeiras ocupações urbanizando os principais eixos de expansão e avançando, nos séculos seguintes, com as passagens pelos ciclos econômicos do açúcar e do café foram determinantes para a remoção da cobertura vegetal original, fragmentando o bioma Mata Atlântica. No entanto, ainda restam grandes fragmentos, principalmente na Serra do Mar.

No intuito de conservar e recuperar a cobertura florestal, melhorando a conectividade entre as unidades de conservação, o Corredor Ecológico do Muriqui (CEM) abrange grandes fragmentos florestais junto com áreas de utilização agrícola, pastoril e até mesmo assentamentos urbanos.

O limite do corredor foi proposto no trabalho de Mussi (2010) seguindo como critérios a análise da paisagem, a abrangência de contínuos fragmentos florestais, os limites de barreiras físicas (estradas, rios, divisores topográficos e limites municipais) e teve como base o mapeamento de vegetação do Bioma Mata Atlântica realizado pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO (CRUZ *et al.*, 2007).

2.1 Localização

O CEM abrange parte de três mesorregiões fluminenses, são elas: Baixadas, Centro Fluminense e Norte Fluminense. No que refere-se aos limites político administrativos municipais abrange áreas de onze municípios do Estado do Rio de Janeiro, são eles: Bom Jardim, Campos de Goytacazes, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu, Macaé, Nova Friburgo, Rio das Ostras, Santa Maria Madalena, São Fidélis, Silva Jardim e Trajano de Moraes. Sua extensão é de, aproximadamente, 390 mil hectares (Figura 1).

Os municípios de Santa Maria Madalena, Trajano de Moraes, Conceição de Macabu e Nova Friburgo possuem seus perímetros urbanos dentro do corredor, o restante dos municípios, as áreas incluídas dentro do CEM são apenas as rurais.

22°20'56"S; 42°34'32"O (Referencial Geodésico WGS-84).

2.2 Aspectos Fisiográficos

Segundo Silva (2001), que realizou um mapeamento geológico sistemático para todo o estado do RJ, ocorrem três grandes grupos de

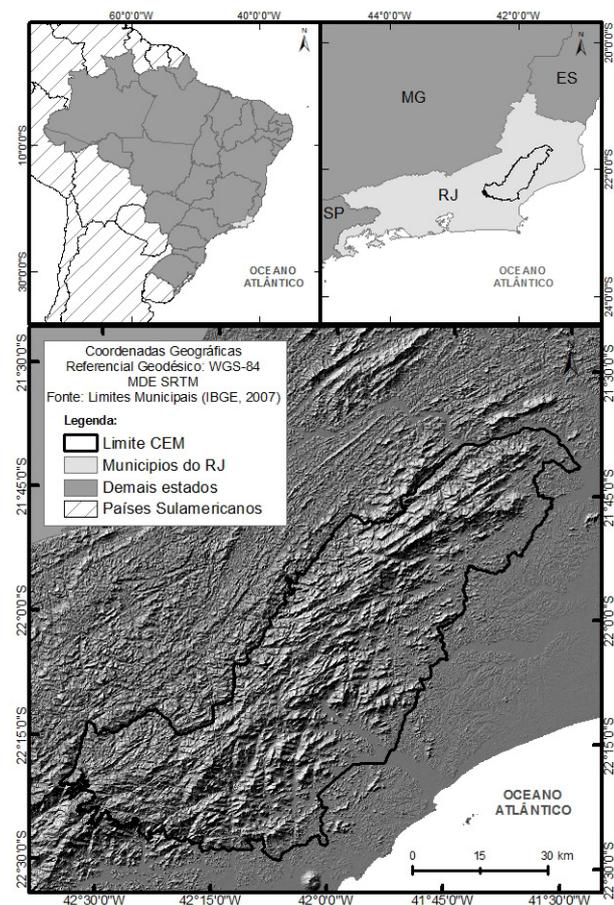


Fig.1 – Localização da área de estudo (CEM/RJ). Mapa dos autores.

rochas que abrangem a maior parte do CEM. Os gnaisses mesoproterozóicos (1.600-650 m.a.) da Unidade São Fidélis dominam todo o setor centro-sul da área de estudo, enquanto plútons granitóides neoproterozóicos tardi-colisionais (Suíte Desengano), associados ao ciclo Brasileiro II, dominam a porção centro-norte. Já os plútons granitóides intrusivos pós-tectônicos (Brasiliano III), como o Granito São Pedro e o Granito Sana, ocorrem na porção sul-sudoeste cortando as estruturas geológicas mais antigas.

O baixo déficit hídrico e as temperaturas médias abaixo de 18 graus configura um clima subtropical superúmido e úmido nas áreas mais elevadas do CEM. Onde a média das temperaturas são maiores o clima é tropical, devido ao fato de que o déficit hídrico e a precipitação continua alta (1000 ml a 1500 ml/ano), caracterizando o clima nas áreas das planícies e colinas como tropical úmido e tropical subúmido, conforme parâmetros climáticos de Bernardes (1952).

Segundo o mapeamento geomorfológico de Dantas *et al.* (2001), as morfoesculturas abarcadas pelo CEM são basicamente as superfícies colinosas dissecadas, as planícies aluviais e as flúvio-lagunares presentes na Baixada Costeira, os morros altos característica da Bacia Geotectônica do Paraíba, além das presentes na Serra do Mar que são as escarpas, os planaltos residuais, os planaltos do reverso da escarpa e os morros pré-montanhosos, ditos sopés da montanha.

Várias ordens de solo são encontradas no CEM, de acordo com trabalho de Carvalho Filho *et al.* (2000). Isto é um reflexo da diversidade morfoestrutural e do embasamento, bem como do clima local. Dentre essas ordens as mais relevantes são os argissolos, os latossolos e os cambissolos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para o presente trabalho foram utilizadas imagens orbitais do sensor *TM* (*Thematic Mapper*) do *Landsat 5* (datadas de 04/07/1985, 10/10/1994 e 27/08/2007) e o Modelo Digital de Elevação (MDE), obtido a partir da missão *SRTM* (*Shuttle Radar Topographic Mission*). As bases vetoriais de limites municipais são provenientes do IBGE (2007).

Para obtenção e processamento dos dados foram utilizados os softwares *e-Cognition*

Developer 8.0, *ArcGis 9.3*, *Spring 5.1* e *Erdas Imagine 8.5*.

3.2 Métodos

3.2.1 Aquisição e registro das imagens

Para a determinação dos cenários temporais foram utilizados os mapeamentos de uso e cobertura da terra de 1994 e 2007, realizados por Abreu (2010), e uma classificação digital da imagem *Landsat 5 TM* de 1985 que foi georreferenciada tomando como base a imagem de 2007. O registro foi realizado no software *Spring 5.1*, com um erro médio quadrático de 0,5 pixel (15 metros).

3.2.2 Mapeamento dos Usos e Cobertura da Terra

O mapeamento de uso e cobertura da terra foi gerado por classificação orientada a objetos, implementada no software *eCognition Developer 8.0*, com base numa segmentação das imagens em vários níveis hierárquicos segundo critérios de heterogeneidade (*scale*) e descritores (*features*) (CRUZ *et al.* 2007).

Foi dada ênfase à modelagem *Fuzzy* sobre descritores espectrais apoiada na seleção de áreas de treinamento. A análise *Fuzzy* fornece o grau de pertinência de um objeto para todas as classes definidas na legenda, numa lógica de probabilidades, cujos valores podem ser inseridos em novos contextos de classificação (SEABRA & SILVA, 2011).

Foi utilizado o algoritmo *multiresolution segmentation*, com parâmetro de escala 10 e os critérios 0.2 de forma e 0.8 de compacidade. Esse segmentador multirresolução possui um algoritmo que leva em consideração múltiplas características da imagem e que se fundamenta na técnica de crescimento de regiões (BAATZ & SCHAPE, 1999).

Após a execução desta classificação, obteve-se o mapa parcial de uso e cobertura da terra, com muitos ruídos e pequenos segmentos. Este mapeamento com elevado número de polígonos de pequena área foi submetido a filtros de generalização, no software *Erdas Imagine 8.5*, de modo a garantir uma melhor representação dos objetos em um mapa temático, eliminando ruídos, suavizando contornos e garantindo a determinação do melhor detalhe para a escala (CRUZ *et al.*, 2009).

Na generalização, o pixel central assume o valor dos pixels vizinhos a partir da função aplicada e da quantidade de vizinhos usados (MARTINHO *et al*, 2010). No presente trabalho foram utilizadas as ferramentas *Majority* (6x6 pixels), *Clump* (4 vizinhos) e *Eliminate* (5 hectares), para atender uma escala 1:100.000, de acordo com o conceito de área mínima mapeável, que define o tamanho da área que um determinado objeto deve conter para que seja representado num mapa ou carta geográfica (MARTINELLI, 1994).

No software *ArcGis 9.3* foram realizadas algumas edições manuais com a verificação das próprias imagens, com o objetivo de corrigir as inconsistências. A sobreposição dos usos e coberturas facilita a análise dessas inconsistências, pois ajuda a localizar mudanças consideradas improváveis, entre um período e outro, como perda de área urbana ou acréscimo de afloramentos rochosos, por exemplo.

Os *shapes* de uso e cobertura da terra de 1994 e 2007 foram adquiridos e adaptados do trabalho de Abreu (2010), sendo inseridos diretamente na fase de edição manual. O *shape* de 1985 foi desenvolvido pelos autores, sendo gerado através de classificação orientada a objetos e demais fases descritas anteriormente, sobre a imagem *Landsat TM 5*, de mesma data (Figura 2). A legenda com as classes finais também foi adaptada do trabalho de Abreu (2010).

3.2.3 Mapeamento das Trajetórias Evolutivas

Depois dos mapas de uso e cobertura gerados, os mesmos foram inseridos em ambiente SIG, no software *ArcGis 9.3*, onde foram processadas análises e cruzamentos de dados, através da ferramenta *Intersect*, que forneceram subsídios para traçar as trajetórias evolutivas de uso e cobertura para o CEM, com o objetivo de traçar um histórico para cada uso e identificar qual a trajetória mais marcante da paisagem. Esta metodologia foi adaptada de Seabra (2012).

Todas as combinações detectadas tiveram suas áreas calculadas e foram agrupadas em cinco principais trajetórias evolutivas, caracterizadas na Tabela 1.

O padrão de distribuição espacial das trajetórias foi relacionado à características morfométricas do relevo, geradas a partir do MDE, do SRTM. Dois subprodutos deste MDE foram

Tabela 1 - Descrição das classes de agrupamento das trajetórias

Classe	Descrição
Desmatamento	perdas de áreas florestadas
Expansão Agrícola	acrécimo de agricultura
Reflorestamento	acrécimo de eucaliptos
Regeneração	recuperação vegetal em qualquer estágio de sucessão
Urbanização	acrécimo de área urbana

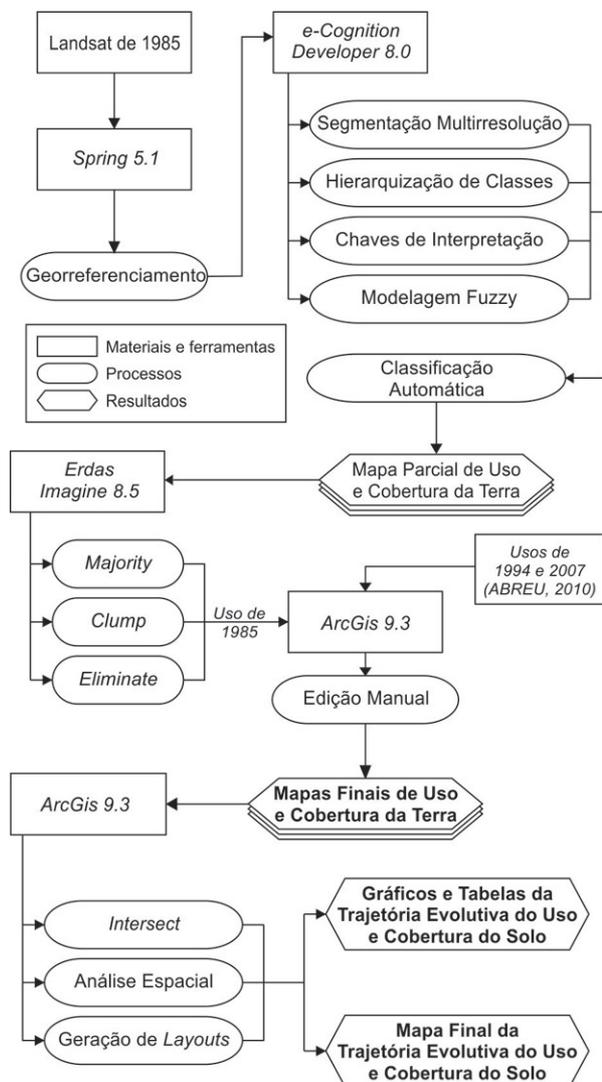


Fig.2 – Fluxograma metodológico dos mapeamentos.

gerados no módulo *3D Analyst* do *ArcGis 9.3*: a declividade e a orientação das encostas.

Posteriormente, através da ferramenta *Zonal Statistics as Table*, os valores de altitude, declividade e orientação foram extraídos de todos os polígonos das trajetórias. Histogramas com a distribuição das médias desses polígonos foram feitos para auxiliar a interpretação destes dados.

Para a altitude foram criados intervalos de 200 metros, de 0 a 1.600, totalizando 8 classes. A

declividade foi dividida de 10 em 10 graus, num total de 9 classes. Com relação à orientação da encosta, foram criadas 8 classes, com intervalo de 45 graus.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Evolução do Uso e Cobertura da Terra

Uma análise inicial das áreas das classes de uso e cobertura, individualizada para cada cenário temporal, permitiu identificar as classes de maior dinâmica evolutiva e as classes invariantes (Tabela 2).

As mudanças mais significativas observadas correspondem ao decréscimo da classe Floresta em 4.950 ha; e os aumentos de VEI (1.599 ha), áreas de pastagem (1.595 ha), área urbana (678 ha) e agricultura (653 ha), nos 22 anos de intervalo desta pesquisa. O surgimento de uma cultura de eucaliptos (Reflorestamento) em 1994, com 374 ha, mantendo-se em 2007, também merece destaque.

4.2 Mudanças do Uso e Cobertura da Terra

O cruzamento dos três cenários temporais mostrou que 98% da área do Corredor Ecológico do Muriqui se manteve invariante, ou seja, as mudanças ocorreram em apenas 2% da área, o que corresponde à 7.035 ha.. A Tabela 3 apresenta todas as trajetórias identificadas na interseção dos três cenários, sistematizadas em hectares e ordenadas de acordo com sua representatividade. Optou-se pelo uso das classes abreviadas e seguindo a cronologia das datas analisadas (1985-1994-2007).

É importante destacar a importância do vetor de transformação de Florestas para Pastagens (mudanças 1 e 3), correspondente a 57% do total de mudanças. O desmatamento mais antigo para áreas de pastagem, acontecido há pelo menos 22 anos (F-P-P), responde sozinho por 40% das modificações no CEM. A formação de pasto mais recente, com menos de 13 anos (F-F-P), representa 17% do total.

A regeneração foi a segunda trajetória mais significativa do CEM, com 18%, o que corresponde a 1.414 ha de Pastagens se recuperando para uma Vegetação em Estágio Inicial. O acréscimo de agricultura (8%) e a urbanização (7%), embora em menor expressão, também se destacam entre as mudanças observadas.

As trajetórias correspondem a cinco vetores de transformação da paisagem: acréscimo de

Tabela 2 - Áreas (ha) das classes de uso e cobertura da terra para 1985, 1994 e 2007

Classe\Abreviação	Área (hectares)		
	1985	1994	2007
Afloramento rochoso\AF	7360	7360	7360
Agricultura\A	280	933	933
Brejos\B	18	18	67
Floresta\F	161796	158217	156846
Pastagem\P	203717	204662	205312
Reflorestamento\R	0	374	374
Urbano\U	1662	1853	2340
Vegetação em Estágio Inicial\VEI	159	1573	1758
Várzea\V	17137	17137	17138
Água\AG	413	416	413

Tabela 3 - Áreas (ha) das mudanças do uso e cobertura da terra no cem-RJ

Nº	Mudanças	Área	
		ha	%
1	F-P-P	3185	40,65
2	P-VEI-VEI	1414	18,04
3	F-F-P	1296	16,54
4	P-A-A	636	8,12
5	P-P-U	411	5,24
6	F-R-R	267	3,41
7	P-P-VEI	186	2,37
8	F-U-U	109	1,39
9	P-R-R	107	1,37
10	P-U-U	82	1,04
11	F-F-U	77	0,98
12	P-P-B	49	0,62
13	F-A-A	17	0,21

agricultura, desmatamento, reflorestamento, regeneração e urbanização. Trajetórias que representam perda de floresta e acréscimo de área urbana (números 8 e 11), por exemplo, representam simultaneamente vetores de transformação de desmatamento e urbanização.

O desmatamento, que representa todas as mudanças a partir de cobertura de floresta em 1985, para outra classe de uso ou cobertura nos demais cenários temporais, corresponde a principal trajetória na evolução da paisagem na área. Ela se deu principalmente para abertura de pastagens para

pecuária extensiva. A regeneração, que representa a trajetória com a segunda maior distribuição espacial, corresponde a sucessão de vegetação em estágio inicial em áreas de pastagem. A conversão de pastagens em área plantada e um pequeno percentual de áreas agrícolas em antigas áreas de floresta, vem logo em seguida. O reflorestamento e a urbanização foram os que apresentaram a menor área, abaixo dos 1.000 hectares (Figura 3).

4.2.1 Desmatamento

Analisando a Figura 4, observa-se que os desmatamentos estão bem distribuídos entre os intervalos de altitude propostos, tendo um pouco de destaque na faixa entre 800 e 1.200 metros. Esta distribuição mais homogênea também acontece nas orientações das encostas, com uma pequena predominância naquelas voltadas para sul. A declividade deste fenômeno concentra-se, em sua maioria, em relevos suavemente a fortemente ondulados (10 a 30 graus).

Assim, pode-se concluir que os desmatamentos não possuem uma altitude ou orientação da encosta preferenciais para sua ocorrência, apenas na declividade é que observa-se uma atuação mais restrita deste fenômeno. Quanto à sua idade, tem-se perdas florestais mais antigas e recentes, com ocorrências mais intensas entre 1985 e 1994. Nova Friburgo e o município de Campos dos Goytagazes apresentam os maiores índices de desmatamento, 20% e 15%, respectivamente.

4.2.2 Regeneração

O processo de sucessão vegetal, de pasto para vegetações em estágio inicial, ocorreu em uma orientação de encosta voltada para sul, majoritariamente. Sua maior ocorrência altimétrica foi entre 600 e 800 metros, com um pequeno destaque nos intervalos de 0 a 200 e de 800 a 1.000 metros. Relevos suavemente a fortemente ondulados, entre 10 e 30 graus de declividade, foram áreas predominantes para a sua ocorrência (Figura 4).

Resumidamente, a regeneração ocorreu preferencialmente em áreas mais altas, com encostas íngremes e voltadas para o sul, com destaque para o município de Santa Maria Madalena (36%). Ela possui idades variadas, sendo a mais recorrente entre os anos de 1985 e 1994.

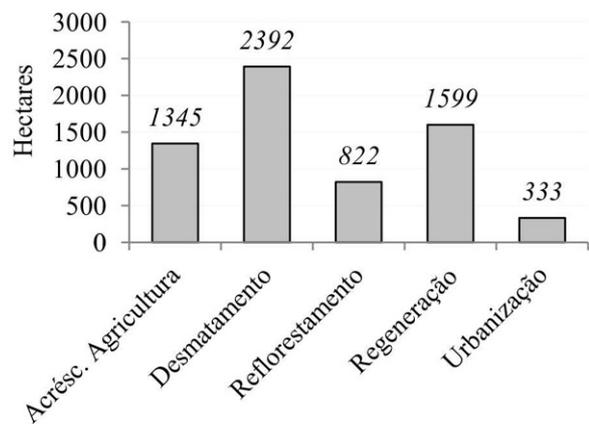


Fig. 3 – Gráfico com as áreas (ha) das 5 classes de trajetórias evolutivas.

4.2.3 Acréscimo de Agricultura

Em relação à orientação das encostas, de uma maneira geral, os cultivos estão predominantemente voltados para sul. Na observação do histograma de altitude percebe-se duas concentrações altimétricas. A mais predominante está em áreas mais baixas, entre 0 e 200 metros e a outra em áreas um pouco mais altas, entre 600 e 800 metros. Quanto à declividade, há o predomínio entre relevos planos e ondulados, na faixa de 0 a 20 graus.

Visto isso, pode-se determinar que estes novos cultivos, que possuem uma idade entre 13 e 22 anos, estão voltados para sul, em áreas com baixa declividade e localizados em baixadas e vales intermontanos, principalmente na várzea do rio Paraíba do Sul, em Campos dos Goytagazes e no município de São Fidélis, respectivamente (Figura 5).

4.2.4 Reflorestamento

A introdução do cultivo de eucaliptos na paisagem teve início entre 1985 e 1994, mantendo-se inalterado desde então, ou seja, possui uma idade entre 13 e 22 anos. Observa-se a orientação desses reflorestamentos para sul/sudoeste e nordeste/leste. Nas faixas altimétricas tem-se o amplo predomínio do intervalo entre 1.000 e 1.200 metros, com uma pequena relevância também entre 0 e 200. Quanto às declividades, há uma concentração entre 10 e 30 graus, em relevos suavemente a fortemente ondulados.

Sendo assim, pode-se afirmar que o reflorestamento ocorreu de maneira mais significativa

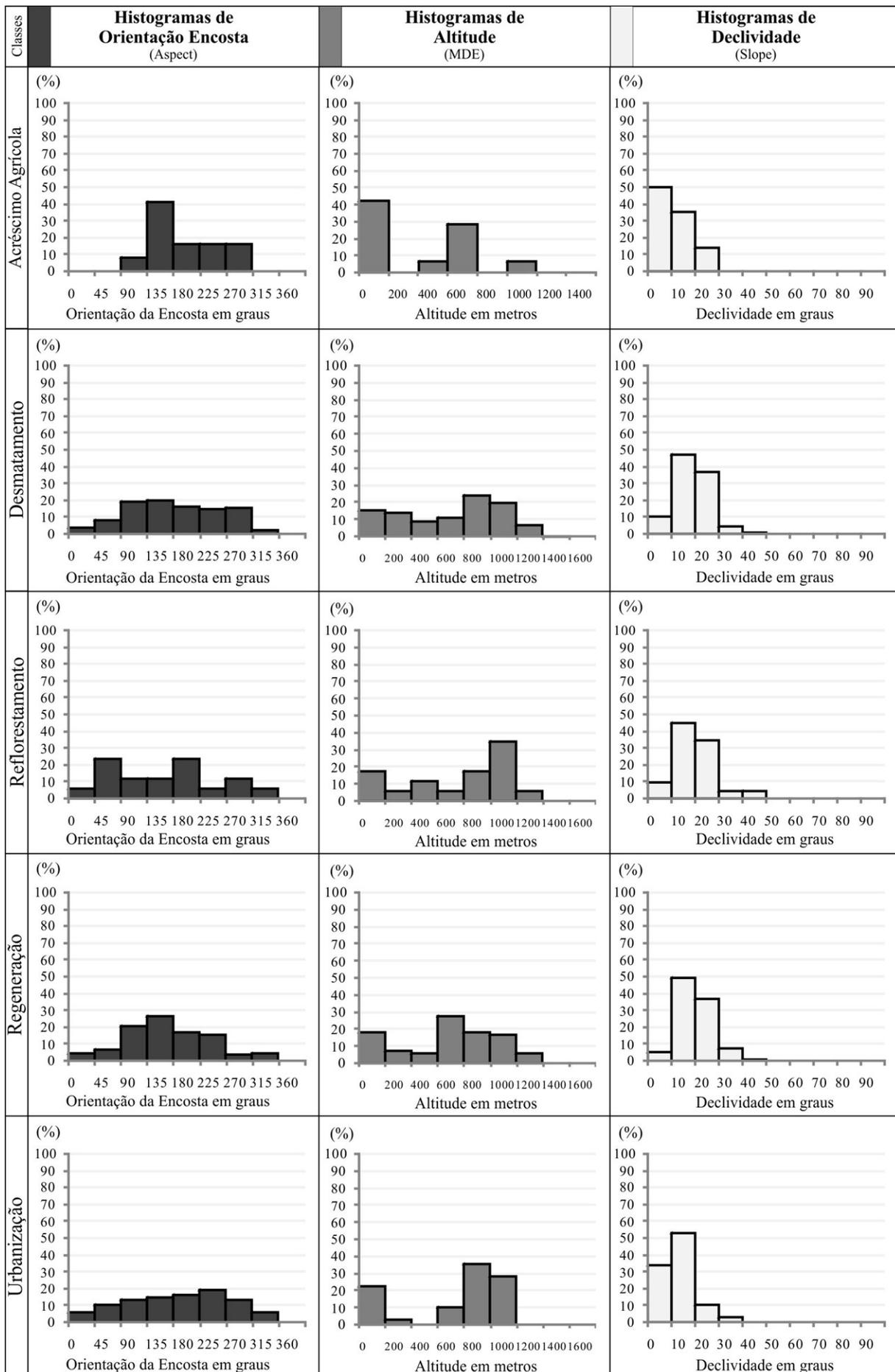


Fig. 4 – Histogramas de orientação da encosta, altitude e declividade para cada trajetória evolutiva.

em áreas mais altas, com encostas íngremes e voltadas para sul e leste, com amplo destaque para o município de Nova Friburgo, detentor de 70% dos reflorestamentos observados no CEM.

4.2.5 Urbanização

A urbanização foi a trajetória com menos representatividade no CEM. Ocorreu de maneira bem distribuída no que concerne à orientação das encostas, com uma pequena predominância nas voltadas para sudoeste. Em relação às faixas altimétricas, dois intervalos obtiveram destaque, de 800 a 1.200 metros e 0 a 200, sendo o primeiro o mais relevante. Este fenômeno ocorreu de maneira mais intensa em relevos planos a ondulados, com declividade entre 0 e 20 graus.

No geral, observa-se o aumento da área urbana em duas áreas predominantes no relevo: as baixadas, com destaque para o município de Conceição de Macabu (25%) e os vales

intermontanos, com destaque para Nova Friburgo (63%), ambos com baixa declividade e distintas orientações na encostas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de cenários temporais de uso e cobertura da terra para os anos estudados (1985, 1994 e 2007), utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, mostrou-se satisfatória para avaliação e análise das modificações e identificação das trajetórias.

O cruzamento dos dados utilizando ferramentas de geoprocessamento foi fundamental para a exatidão dos resultados, pois possibilitou localizar e corrigir a maioria das inconsistências, de uma maneira mais eficiente. A alta acuidade com o georreferenciamento foi fundamental para a baixa ocorrência dessas inconsistências.

A construção e utilização dos histogramas para a identificação das áreas de atuação das

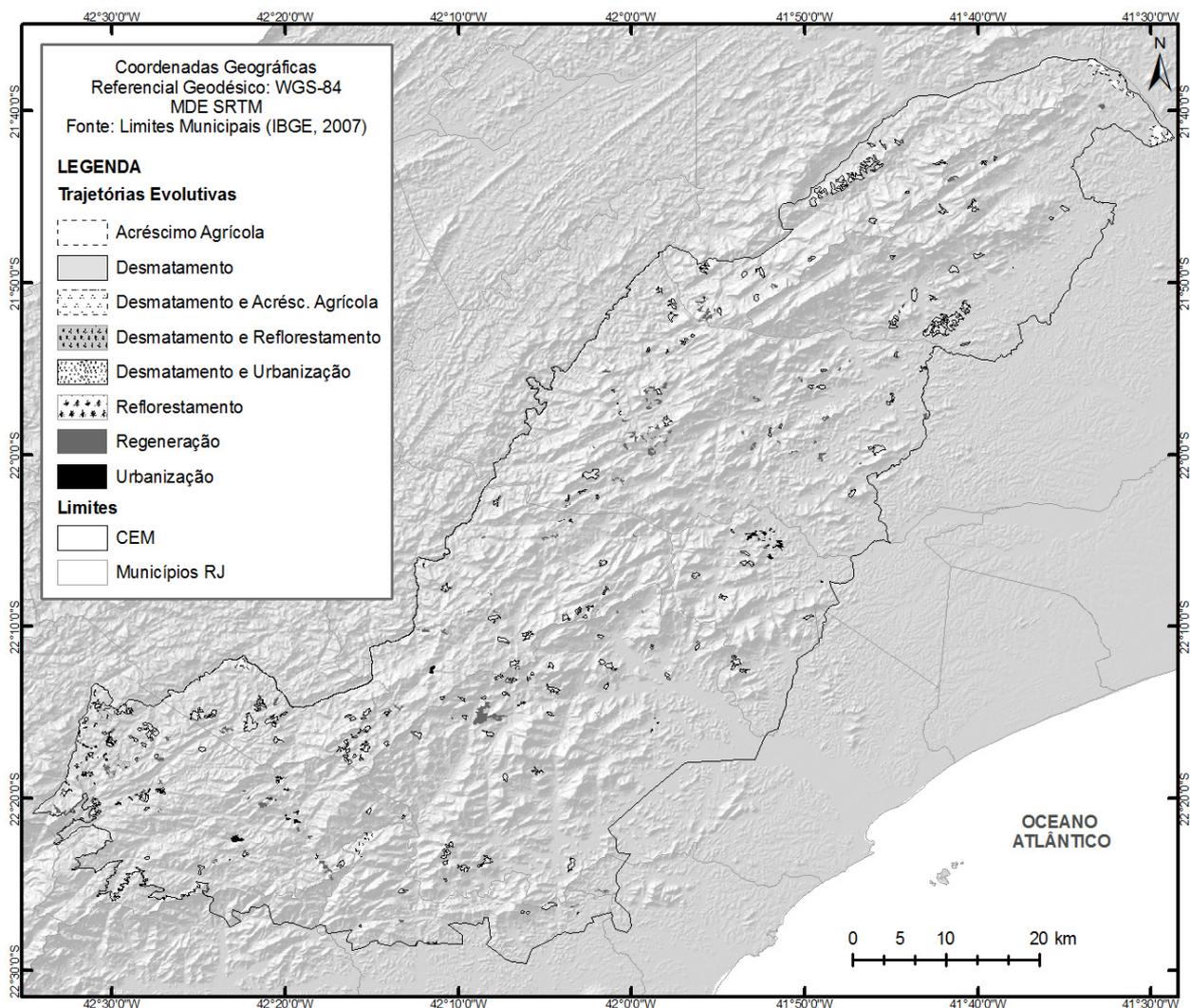


Fig. 5 – Trajetórias evolutivas no CEM/RJ. Mapa dos autores.

trajetórias evolutivas no relevo foi de extrema importância, pois possibilitou quantificar suas altitudes, declividades e orientações de encosta predominantes, além de possibilitar a comparação destes valores entre as classes de mudanças.

A principal mudança do uso e cobertura da terra no Corredor Ecológico do Muriqui é a conversão da floresta em pastagem, principalmente com mais de 13 anos. Uma variante desta mudança, porém com idade mais recente, também constitui uma transformação importante.

Entre as trajetórias evolutivas, merece destaque a grande representatividade dos desmatamentos na área de estudo, principalmente em encostas íngremes e em áreas montanhosas. Vale ressaltar também a predominância dos reflorestamentos em áreas mais altas, o acréscimo agrícola em áreas baixas e os dois núcleos de urbanização, um na baixada e um nos vales intermontanos.

Outra consideração interessante a estas trajetórias se refere à similaridade nos valores de declividade observados entre os desmatamentos, reflorestamentos e regeneração e a predominância geral destes fenômenos numa orientação de encosta voltada para sul.

A profundidade na análise das transformações antrópicas na paisagem constitui um subsídio para a identificação de áreas prioritárias para recuperação, numa perspectiva de ordenamento ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Geografia Física (LAGEF), da UFF; ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais ESPAÇO, da UFRJ; à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.B. **Análise Espaço-temporal da Cobertura e Uso da Terra no Estado do Rio de Janeiro de 1994 até 2007**. Dissertação de Mestrado em Geografia, PPGG, UFRJ. Rio de Janeiro, 2010. 134 p.

BAATZ, M.; SCHAPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high

quality multi-scale image segmentation. In: **AGIT-Symposium** Salzburg, Karlsruhe, pp. 12-23. 1999.

BELTRAME, E.; BITTENCOURT, H.R.; JANSEN, S.L. Uma proposta para a detecção de mudanças pós-classificação. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, 2009. **Anais**, p. 1261-1266, 2009.

BERNARDES, L. M. C. (1952) Tipos de Clima do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, 14 (1): 57-80. Rio de Janeiro, RJ.

CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J. F.; LEMOS, A. L.; SANTOS, R. D.; CALDERANO FILHO, B.; WITTERN, K. P.; SOUZA, F. S. **Os Solos do Estado do Rio de Janeiro**. Mapa. CD-ROM. CPRM, Brasília, 2000.

COPPIN, P.; JONCKHEERE, I.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; LAMBIN, E., Digital Change Detection Methods in Ecosystem Monitoring: a review. **International Journal of Remote Sensing**, v. 9, pp.1565-1596, May 2004.

CRUZ, C.B.M.; VICENS, R.S.; SEABRA, V.S.; REIS R.B.; FABER, O.A.; ARNAUT, P.K.E.; ARAÚJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, 2007. **Anais**, p. 5691-5698, 2007.

CRUZ, C.B.M.; VICENS, R.S.; ROSÁRIO, L.S.; ABREU, M.B.; ALMEIDA, P.M.M.; CRONEMBERGER, F.M. Classificação orientada a objetos na geração do mapa de uso e cobertura do estado do Rio de Janeiro. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, 2009. **Anais**, p. 7789-7796, 2009.

DANTAS, M. E. **Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:500.000**. CPRM, Brasília, 2001.

HEPINSTALL-CYMERMAN, J.; COE, J.; ALBERTI, M. Using Urban Landscape Trajectories to Develop a Multi-Temporal Land Cover Database to Support Ecological Modeling. **Remote Sensing**, v. 1, pp. 1353-1379, Dec. 2009.

KIEL, R. **Detecção de Mudanças no Uso e na Cobertura do Solo em uma Série Temporal de Imagens da Região da Campanha do Rio**

- Grande do Sul.** PPGSR, Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, UFRGS. Porto Alegre, 2008. 203 p.
- LUD.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E. Change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, pp. 2365-2407, Dec. 2004.
- MARTINELLI, M. Cartografia Ambiental, Uma Cartografia Diferente? **Revista do Departamento de Geografia**, v. 7, pp. 39-46. São Paulo, 1994.
- MARTINHO, P.R.R.; HOLLER, W.A.; MIRANDA, E.E.; SPADOTTO, C.A. **Método de extração de informações para monitoramento da ocupação das terras por grandes obras de infraestrutura a partir de imagens de satélite de alta resolução.** Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas, 2010. 24 p.
- MENA, C. F. Trajectories of Land-use and Land-cover in the Northern Ecuadorian Amazon: Temporal Composition, Spatial Configuration, and Probability of Change. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 74, pp. 737-751, Jun. 2008.
- MERTENS, B; LAMBIN, E. F. Land-Cover-Change Trajectories in Southern Cameroon. **Association of American Geographers**, v. 90, pp. 467-494, Mar. 2000.
- MUSSI, R. **O Corredor Ecológico do Muriqui: estudo, planejamento e uso do espaço para a conservação do bioma Mata Atlântica.** PGCA, Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais, UFF. Niterói, 2010. 114 p.
- SEABRA, V. S. **Análise Geoecológica dos Remanescentes Florestais de Mata Atlântica do Rio de Janeiro - uma contribuição metodológica para as estratégias de conservação e recuperação.** PPGG, Tese de Doutorado em Geografia, UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.
- SEABRA, V.S.; SILVA, F.P. O uso do sensoriamento remoto para análise da evolução das manchas urbanas no município de Maricá entre os anos de 1975, 1990 e 2008. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, 2011. **Anais**, p. 6426-6433, 2011.
- SILVA, L.C. (Org.). **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro.** CPRM, 2ª edição. Brasília, 2001. 614 p.
- SINGH, A. Digital Change Detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, pp. 989-1003, Jun. 1989.