

Mapeamento e caracterização do padrão de uso e cobertura da terra na microbacia do córrego Pito Aceso, Bom Jardim – RJ, utilizando imagens orbitais de alta resolução





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2010

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 150

**Mapeamento e caracterização
do padrão de uso e cobertura da
terra na microbacia do córrego
Pito Aceso, Bom Jardim – RJ,
utilizando imagens orbitais de
alta resolução**

Rachel Bardy Prado

Thays Barbosa Campos Barcellos

Luiz Felipe Guanaís Rego

Guilherme Kangussu Donagemma

Ana Paula Dias Turetta

Rio de Janeiro, RJ

2010

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Daniel Vidal Pérez*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Humberto Gonçalves dos Santos, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro e Pedro de Sá Rodrigues da Silva.*

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisor de Português: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Ricardo Arcanjo de Lima*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

1ª edição

1ª impressão (2010): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

P896m Prado, Rachel Bardy.

Mapeamento e caracterização do padrão de uso e cobertura da terra na microbacia do córrego Pito Aceso, Bom Jardim –RJ: utilizando imagens orbitais de alta resolução / Rachel Bardy Prado ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2010.

37 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 150)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao2.html> > .

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2010).

1. Planejamento ambiental. 2. Microbacia hidrográfica. 3. Manejo agrícola da terra. I. Barcellos, Thays Barbosa Campos. II. Rego, Luiz Felipe Guanais. III. Donagemma, Guilherme Kangussu. IV. Turetta, Ana Paula Dias. V. Título. VI. Série.

CDD (21.ed.) 333.715

© Embrapa 2010

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
1. Introdução	9
2. Objetivo	13
3. Área de Estudo	13
4. Material e Métodos	16
4.1. Obtenção e pré-processamento das imagens de satélite	16
4.2. Processamento das imagens - segmentação e classificação no Definiens Developer 7.0	17
4.3. Trabalho de verificação terrestre	17
4.4. Pós-classificação das imagens no Definiens Developer 7.0 e obtenção do mapa de uso e cobertura da terra da bacia do córrego Pito Aceso	18
5. Resultados e Discussões	21
6. Conclusões	32
Agradecimentos	33
7. Referências..	33

Mapeamento e caracterização do padrão de uso e cobertura da terra na microbacia do córrego Pito Aceso, Bom Jardim – RJ, utilizando imagens orbitais de alta resolução

Rachel Bardy Prado¹

Thays Barbosa Campos Barcellos²

Luiz Felipe Guanaís Rego³

Guilherme Kangussu Donagemma¹

Ana Paula Dias Turetta¹

Resumo

O presente estudo teve como propósito obter o mapa de uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Pito Aceso-RJ, bem como fazer uma caracterização dos seus principais padrões de uso, cobertura e manejo. Esta microbacia localiza-se na região serrana fluminense no bioma Mata Atlântica. Para tal foram utilizadas imagens de alta resolução do satélite Ikonos II referentes aos anos de 2002 e 2004. Inicialmente as imagens foram georreferenciadas no ArcGIS 9.1 da ESRI e mosaicadas no Spring 5.0 do INPE. Na sequência, foi aplicada a segmentação, mas as bordas dos segmentos se apresentaram em fractais, por serem predominantes classes de uso rural, o que dificultou um pouco a classificação das imagens. O software utilizado na classificação e pós-classificação das imagens foi o Definiens Developer 7.0. Foram obtidas 11 classes de uso e cobertura da terra, sendo que as matas em estágio avançado e inicial são as classes predominantes em termos de área (63,22%). Por outro lado, a agricultura (culturas anuais e perenes = 14,65%) é a principal atividade econômica da microbacia e ocupa, em muitos casos APPs, na maioria das vezes, devido ao

¹ Pesquisador da Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1.024. Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 22460-000 (rachel@cnps.embrapa.br; donagemma@cnps.embrapa.br, anaturetta@cnps.embrapa.br)

² Aluna de Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica – PUC-RJ, Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 22453-900 (thatabcampos@gmail.com)

³ Professor do Departamento de Geografia da PUC-RJ (regoluiz@geo.puc-rio.br)

fato de grande parte desta microbacia possuir elevadas declividades. A partir de trabalho de campo foi possível identificar que existem algumas práticas conservacionistas na região, como o sistema em pousio, que são importantes para a conservação do solo e ciclagem de nutrientes, mas outras práticas conservacionistas também importantes poderiam ser introduzidas na região como o plantio direto, a adubação verde e a redução do uso de pesticidas, além da implantação de sistemas alternativos e sustentáveis como os Sistemas Agroflorestais (SAF) e a agricultura orgânica.

Palavras chaves: planejamento ambiental, imagens de satélite de alta resolução, microbacia hidrográfica, manejo agrícola da terra, APPs.

Mapping and characterization of the land user/cover pattern in Pito Aceso microbasin, Bom Jardim - RJ, applying high resolution satellite images

Abstract

This study aimed to map and to characterize land use and land cover pattern in Pito Aceso microbasin, Serrana region, Rio de Janeiro state, that allow to Atlantic Forest biome. For this high resolution images from Ikonos II satellite were used from 2002 and 2004. At first, the images were georeferenced in ArcGIS 9.1 from ESRI and a mosaic was obtained using Spring 5.0 from INPE. After, segmentation was applied but the segments obtained presented fractal limits that make more difficult the classification process. The classification and pós-classification steps were done in Definiens Developer 7.0 software. They were obtained 11 classes of land use and land cover to Pito Aceso microbasin. The natural vegetation class presented the major percentual area (63,22%). On the other hands, agricultural classes (annual and perennial crops = 14,65%) are related to economical activities, frequently, this class occurs in APP areas due to most part of microbasin is in high declivities. In field work was possible observe that there are conservationist manning in microbasin, like migratory agricultural system, that are important to preserve soil quality and help in cycling nutrients. In addition, others could be use in this region like no-tillage farming, green fertilization and pesticide decrease use. It is possible develop in this region agroforest system and organic farming, that are more sustainable agricultural activities.

Keywords: environmental planning, high-resolution satellite images, microbasin, agricultural manning, APPs.

1. Introdução

O uso e a cobertura da terra são aspectos fundamentais na composição e caracterização do ambiente tanto em escala global, como regional e ou local e as suas mudanças podem influenciar a qualidade de bacias hidrográficas (MEIXNER; EUGESTER, 1999). Sendo assim, o levantamento do uso e cobertura da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado podem causar deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados dos corpos hídricos são consequências do mau uso da terra (SANTOS et al., 1981). O uso e manejo inadequado do solo e a mudança de cobertura têm sido fatores responsáveis também pelo desmatamento dos principais biomas brasileiros, com destaque para a Mata Atlântica. A área original de cobertura vegetal do estado do Rio de Janeiro foi continuamente reduzida desde o início do processo de colonização do Brasil, e os níveis de remoção de áreas florestadas atingiram seus maiores valores no último século, quando aproximadamente 84% da cobertura original foram extinguidos (ATLAS..., 1993). Na microbacia do córrego Pito Aceso, predominam áreas com elevada declividade (acima de 45°). Estas áreas são definidas, segundo a legislação, como Áreas de Proteção Permanente (APPs). No entanto, como consequência do processo histórico de ocupação das terras da bacia do rio Paraíba do Sul, nestas áreas se pratica atividades agropecuárias muitas vezes sem a preocupação conservacionista.

Em meados do século XX, imigrantes suíços e alemães se estabeleceram na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, tendo como pólos urbanos as cidades de Nova Friburgo e Teresópolis. Eles trouxeram uma forma diferenciada de tratar a terra, se comparado ao modelo de exploração característico da colonização portuguesa, trata-se de um sistema de agricultura migratória. Segundo Coutinho et al. (2004), o pousio consiste em deixar o solo intocável durante um período de tempo que varia entre 4 a 16 anos, permitindo a regeneração da vegetação a partir das sementes existentes no solo ou trazidos pelo vento e animais. Ainda afirma que para este sistema possuir uma resposta positiva é necessário a manutenção de áreas florestadas nas propriedades, a fim de que o tempo do pousio seja

menor em vista do crescimento da vegetação secundária, permitindo a ciclagem de nutrientes, promovendo a recuperação do solo (ANDRADE et al., 2004). O pousio mantém a sustentabilidade ambiental da exploração agrícola ao longo do tempo, já que os processos erosivos são minimizados (OLIVEIRA, 1999). E para Kanashiro e Denich (1998), o pousio é positivo em relação ao aumento do estoque de nutrientes, através do acúmulo de biomassa das plantas (depende da capacidade de crescimento e vitalidade).

Contudo, devido ao maior rigor da legislação ambiental nos últimos anos, este sistema tem sido gradativamente menos praticado na região. Segundo Costa et al. (2009), a Área de Proteção Ambiental Estadual de Macaé de Cima foi criada em 2001 e abrange vastas áreas dos municípios de Nova Friburgo e Casimiro de Abreu, totalizando 33.050 ha gerando uma série de restrições para as populações residentes de São Pedro da Serra, atingindo diretamente os agricultores que praticam o pousio há gerações. Eles sofrem restrições por parte do IBAMA desde 1993 com a criação do Decreto 750, que dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão da vegetação primária em bioma de Mata Atlântica e com a criação da APA, a fiscalização se intensificou e as multas tornaram-se frequentes, estendendo-se também para a presente área de estudo que está bastante próxima. Desta forma, o pousio, quando ainda praticado, teve o seu tempo reduzido.

Segundo Landi e Dubois (2004), a diminuição do tempo de pousio florestal acelera o processo de degradação dos solos cultivados, além de forçar a abertura de novas áreas em remanescentes focos de florestas nativas. Correia et al. (2004) apontam que a duração do tempo de pousio tem influência na sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica deste sistema, pois período muito curto conduz em uma degradação local acelerada, no entanto, se for muito longo, inviabiliza sua adoção por conta da elevada área demandada e ao aumento de custos referentes à limpeza do terreno. Os períodos de pousio longos ou curtos permitem não somente a regeneração gradual do solo, como o desenvolvimento da sucessão ecológica espontânea (em sua maioria de vegetação de capoeira) (MAGALHÃES; FREITAS, 2004; OLIVEIRA, 1999).

Ressalta-se ainda que, na microbacia do córrego Pito Aceso, ainda há significativos fragmentos florestais em estágios sucessionais diversos, remanescentes de Mata Atlântica e grandes processos erosivos não são observados na região, apesar da elevada declividade. Saraça et al. (2009) mencionam que nos municípios da Região Serrana ainda são encontrados remanescentes da cobertura florestal original – a Mata Atlântica, sobretudo nas áreas mais elevadas.

Em relação à ocupação de áreas rurais desta região, devido à especulação imobiliária, preços baixos de produtos agrícolas, oportunidades maiores nas cidades e outros, boa parte desses imigrantes deixaram a prática agrícola e mesmo o campo. Alguns venderam suas propriedades para agricultores com baixo conhecimento de práticas conservacionistas ou baixo nível tecnológico, o que levou à transformação da paisagem dessa região. Sendo assim, áreas ainda manejadas sob o sistema de pousio ou de Agricultura Migratória nessa região, que são minoria, contrastam com as áreas comumente observadas na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, onde centenas de pequenos proprietários se deparam com o baixo poder de resiliência do ecossistema.

Objetivando gerar informações acerca dos efeitos benéficos desse manejo agroflorestal para o manejo agrícola sustentável em área do bioma Mata Atlântica, instituições de pesquisa e universidades, sob a liderança da Embrapa Agrobiologia e participação da Embrapa Solos, concentraram esforços que culminaram na aprovação do projeto “Manejo agroflorestal para recuperação de áreas degradadas vis-a-vis sequestro de carbono, armazenamento de água no solo, valoração econômica e ambiental”. Este projeto foi realizado na cabeceira do córrego Pito Aceso, área essencialmente rural com aproximadamente 50 ha, no município de Bom Jardim e financiado pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB-EMBRAPA) que foi finalizado em 2005. Na sequência, um outro projeto de excelência iniciado em 2006, liderado pela Geotecnia da PUC-Rio, com vários parceiros de instituições de pesquisa e universidades brasileiras, dentre eles a Embrapa Solos, desenvolve atividades de pesquisa na microbacia, sendo este: Geotecnia Aplicada à Previsão, Avaliação e Prevenção de Problemas Geo-Hidro-Ambientais (PRONEX/CNPq).

Buscando compreender o padrão de distribuição espacial dos diferentes usos e da cobertura vegetal, bem como o manejo agrícola utilizado nesta microbacia é que se propôs o presente estudo. Para tal, fez-se uso de ferramentas de sensoriamento remoto e realizou-se viagens de reconhecimento de campo na área de estudo.

Como se trata de uma área relativamente pequena (500 ha) foi viável a aquisição de imagens de alta resolução que permitem obtenção de mapa de uso da terra com maior nível de detalhamento. Contudo, o processamento destas imagens depende de um tempo considerável. Sendo assim, optou-se por utilizar a classificação automática em detrimento da visual. Para Rossini-Penteado et al. (2007), a utilização de técnicas automáticas ou semi-automáticas de classificação de imagens orbitais despontam como uma tendência crescente, devido à menor subjetividade dos resultados, rapidez e facilidade na obtenção de informações de interesse. Por fim, os resultados deste estudo poderão subsidiar o planejamento do uso e manejo da terra na microbacia estudada, bem como a adequação à legislação ambiental.

Os algoritmos tradicionalmente usados no processo de classificação consideram normalmente que as classes são linearmente separáveis e utilizam como unidade de medida o pixel. Porém, com o aumento da resolução espacial e espectral das imagens produzidas por esta nova série de sensores, existe um aumento na variação interna das classes (objetos) e, conseqüentemente, uma sobreposição das classes no espaço. Para Neubert e Meinel (2005), os dados de sensoriamento remoto com altíssima resolução podem causar problemas devidos ao volume de dados a serem trabalhados bem como ao seu nível de detalhe. Desta forma, aumenta a necessidade de novos métodos de interpretação, sendo um deles a segmentação de imagens. De acordo com Hussain (1991) a segmentação é o processo em que uma imagem é subdividida em partes constituintes ou regiões, tendo como base propriedades dos pixels, como nível de cinza e textura. É na fase de segmentação que objetos ou outras entidades de interesse são extraídos para um subsequente processamento.

Mendonça et al. (2007) avaliaram algoritmos classificadores por pixels e por

regiões em imagem Ikonos II, para o mapeamento do uso da terra, concluindo que as classificações geradas pelos algoritmos de classificação que segmentam as imagens antes de classificá-las, eliminando os pixels isolados, geraram imagens temáticas com qualidades visuais muito superiores às aquelas geradas pelos algoritmos por pixels. No entanto, o resultado da aplicação de segmentação no processamento de imagens de alta resolução apresenta frequentemente limites fractais, que dificultam a classificação (NEUBERT; MEINEL, 2005). Diante deste fato é que se buscou a utilização de um software bastante robusto, mas de custo ainda bastante elevado no mercado (DEFINIENS DEVELOPER 7.0), para obtenção do mapa de uso e cobertura da terra da microbacia hidrográfica do córrego Pito Aceso – RJ.

2. Objetivo

Mapear e caracterizar o padrão do uso e cobertura, assim como o manejo da terra na microbacia do córrego Pito Aceso pertencente à região serrana do Estado do Rio de Janeiro, sob domínio do bioma Mata Atlântica, para subsidiar o planejamento ambiental.

3. Área de Estudo

A microbacia hidrográfica do córrego Pito Aceso encontra-se essencialmente em área rural, situada no 4º Distrito de Barra Alegre, pertencente ao município de Bom Jardim, na região serrana fluminense. Esta região compreende municípios situados no planalto, abrangendo em sua maior extensão, as porções mais acidentadas e de maiores altitudes da Serra do Mar (SARAÇA et al., 2009). Para Tanizaki-Fonseca (2009), as formas de relevo influenciaram a ocupação deste território, cujas vilas e cidades se assentaram nos vales dos tributários da margem direita do rio Paraíba do Sul. Especificamente o município de Bom Jardim, onde se insere a microbacia em questão, possui taxas negativas de PIB e migração, apresentando vulnerabilidade baixa a muito baixa, embora desempenhem atividades econômicas diversificadas. Contudo, trata-se de região com alto potencial turístico, devido à presença de remanescentes de florestas de Mata Atlântica e que merece maior atenção no processo de conservação ambiental.

O município de Bom Jardim é um dos maiores produtores de olerícolas da região. Por outro lado, de acordo com a EMATER (Empresa de Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro), a região se caracteriza por ser uma das mais importantes consumidoras de agrotóxicos do país, o que coloca em risco a contaminação do solo e posteriormente dos corpos hídricos. Outro fato que também deve ser citado, é que é nessa região de Mata Atlântica, denominada Serra do Mar, onde ocorrem as principais fontes dos mananciais que abastecem a cidade do Rio de Janeiro, trecho do vale do rio Paraíba do Sul e outras áreas do Estado nas baixadas próximas à Serra, como Macaé, Campos e Região dos Lagos (MENDES, 2006).

A microbacia do córrego Pito Aceso faz parte da bacia do córrego Santo Antônio, que por sua vez deságua no rio Grande que é afluente do rio Paraíba do Sul. Está localizada entre as coordenadas geográficas 22° 09' 62" S e 42° 17' 14" W. A Figura 1 ilustra a localização da microbacia no município de Bom Jardim e a localização deste município, por sua vez, no Estado do Rio de Janeiro.

A microbacia possui aproximadamente 500 hectares, com altitudes variando de 650 m a 1.700 m, conforme pode-se observar na Figura 1. Esta região está enquadrada na unidade geomorfológica do reverso das colinas e maciços costeiros do Planalto da Serra dos Órgãos. Apresenta litologia metamórfica e tipos de rochas predominantes como granito, gnaisse granitóide, migmatitos e associações (MENDES, 2006). Trata-se de uma das mais importantes unidades geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro (SILVA; CUNHA, 2001). Esse extenso planalto situa-se no reverso da Serra do Mar, entre as serras de Miguel Pereira e do Couto, a oeste, e a serra do Desengano, a leste. Prolonga-se, a norte, até a escarpa reversa do Planalto da Região Serrana, próximo ao gráben do médio-baixo curso do rio Paraíba do Sul. De sul para norte, pode-se individualizar três unidades morfológicas distintas no Planalto Reverso da Região Serrana, ressaltando uma gradativa redução das amplitudes de relevo, em direção ao Vale do Paraíba: uma escarpa reversa logo após a linha de cumeada da escarpa da Serra do Mar, sendo esse relevo expressivo principalmente no Reverso da Serra dos Órgãos, entre as cidades de Petrópolis e Nova Friburgo.

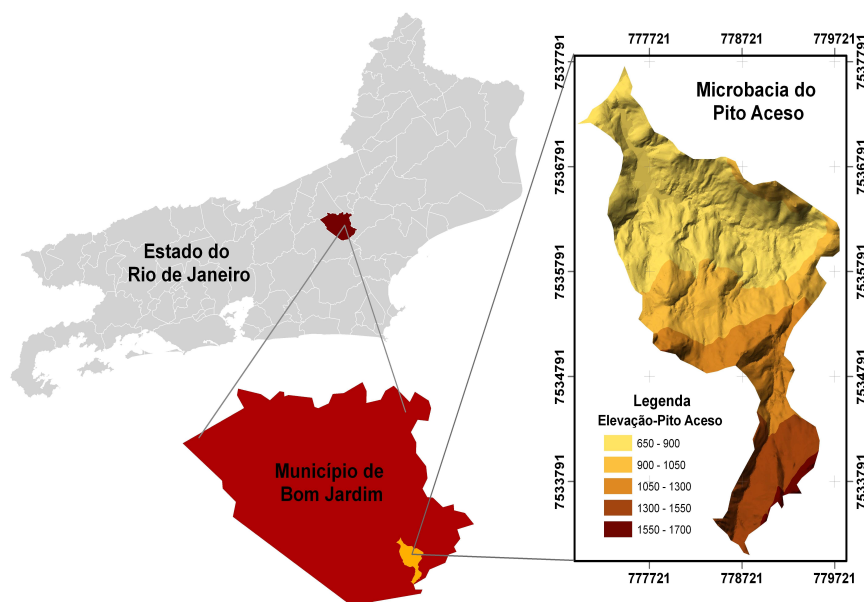


Figura 1. Localização da área de estudo.

As classes de solos de maior ocorrência na unidade morfológica do Estado do Rio de Janeiro compreendida pelas Terras Montanhosas são ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO e CAMBISSOLO, respectivamente (Mafra, 1997). A classificação geotécnica do solo pela sua origem (PINTO, 2002), denomina-se Solo Residual Maduro de Migmatito. Freitas (1997) apresenta a classificação agronômica nesta região, considerando os solos como delgados nas vertentes (LITOSSOLOS e CAMBISSOLOS), espessando-se na cabeceira de drenagem (LATOSSOLOS) ou compostos por depósitos coluviais, ricos em blocos. As investigações de campo, no âmbito dos projetos mencionados anteriormente na área específica de estudo, indicaram o predomínio da classe de solo CAMBISSOLO Háplico Tb Distrófico, presente na metade dos perfis observados. A distribuição das classes observadas apresentou comportamento semelhante ao encontrado por Freitas (1997), com os CAMBISSOLOS distribuídos nas encostas, ARGISSOLOS distribuídos no terço médio/inferior da paisagem e LATOSSOLO também no terço médio (MENDES, 2006).

O clima é do tipo mesotérmico, com temperaturas bem distribuídas ao longo do ano. A precipitação média anual, segundo informações da estação Meteorológica de Nova Friburgo, é de 1.400 mm, concentrados no período chuvoso. A Figura 2 apresenta a distribuição da precipitação pluviométrica obtida na estação hidrossedimentológica instalada na microbacia do córrego Pito Aceso nos anos de 2005 a 2007.

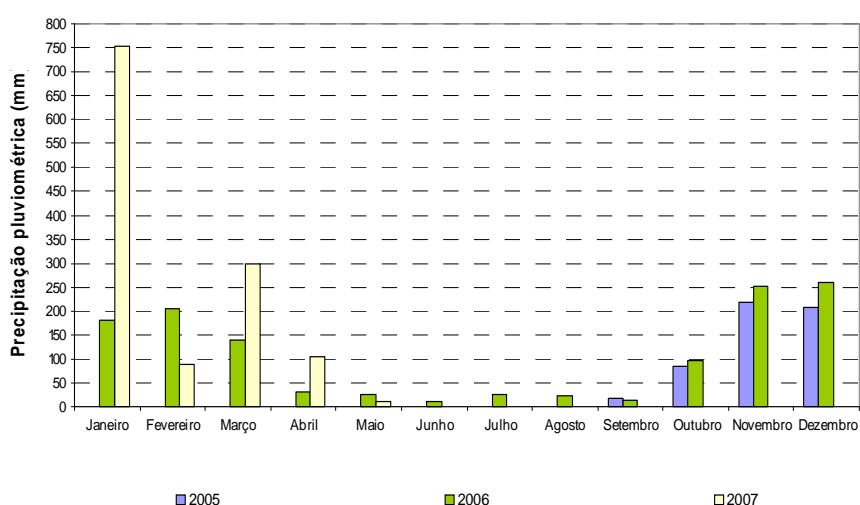


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal na microbacia do córrego Pito Aceso – 2005 a 2007.

4. Material e Métodos

4.1 Obtenção e pré-processamento das imagens de satélite

Foram obtidas para este estudo duas imagens de acervo do satélite Ikonos II, por ter o custo reduzido, sendo uma de 28-05-2004, recobrindo grande parte da microbacia em questão e uma de 13-02-2002, recobrindo área de vegetação permanente, na porção que apresenta maiores altitudes da microbacia, ambas com menos de 10% de cobertura por nuvens. As bandas utilizadas foram as multiespectrais Azul (0.45 - 0.52 μ), Verde (0.52 - 0.60 μ) e Vermelho (0.63 - 0.69 μ), com resolução espacial de quatro metros.

As imagens foram obtidas já ortorretificadas e, ainda assim, foi realizado um registro, a partir de base cartográfica na escala 1:5.000 da microbacia, utilizando-se o *software* ARCGIS 9.1 da ESRI. A projeção cartográfica adotada foi a Universal Transversa de Mercator (UTM), datum SAD69, fuso 23. Em seguida, as imagens foram exportadas pelo ARCGIS 9.1 em formato TIFF e importadas para o *software* Spring 5.0, obtendo-se um mosaico banda a banda que recobria a área de estudo. Foram aplicadas técnicas de contraste para realçar os alvos e obtido um mosaico de imagens em composição falsa cor.

4.2 Processamento das imagens - segmentação e classificação no Definiens Developer 7.0

A segmentação e classificação das imagens foram realizadas utilizando-se o *software* Definiens Developer 7.0 (anteriormente E-Cognition), aplicando o módulo multirresolução para a segmentação. O valor do parâmetro de escala utilizado foi de 30 (este é um fator único que leva em conta a área e o valor da similaridade dos *pixels* na definição dos objetos). O fator de forma utilizado foi de 0,1 e o de compacidade de 0,5, no primeiro nível hierárquico. Tais fatores foram definidos de forma empírica, realizando-se sucessivas segmentações com valores de parâmetros distintos, sendo escolhidos os valores que geraram segmentos mais significativos para a delimitação das feições relacionadas à área de estudo.

A classificação aplicada foi a orientada a segmentos, utilizando o método do vizinho mais próximo. A classificação pelo vizinho mais próximo é semelhante à tradicional classificação supervisionada, onde é necessário que se escolham áreas de treinamento cujos valores dos descritores (tanto espectrais quanto de forma e textura) definirão as respectivas classes (XIAOXIA et al., 2004).

4.3 Trabalho de verificação terrestre

O trabalho de verificação terrestre foi realizado de 2005 a 2009, concomitantemente à coleta de outros dados em campo. Vale destacar que o propósito deste trabalho não foi de mapear as classes atuais de uso e cobertura da terra, uma vez que as imagens obtidas foram de arquivo e se referem a 2002 e 2004, e sim mapear e caracterizar o padrão de distribuição

das mesmas na microbacia em estudo, uma vez que se verificou que não ocorreram alterações significativas neste padrão da data de obtenção das imagens para 2009. Nesta fase do trabalho foram percorridas as estradas principais da microbacia do córrego Pito Aceso, georreferenciando áreas representativas das principais classes de uso e cobertura da terra e fazendo um registro fotográfico que auxiliou na fase de pós-classificação das imagens e na ilustração das classes.

4.4 Pós-classificação das imagens no Definiens Developer 7.0 e obtenção do mapa de uso e cobertura da terra da bacia do córrego Pito Aceso

Após fase de classificação das imagens e trabalho de campo, foi realizada a pós-classificação editando-se manualmente os padrões de uso e cobertura da terra que se confundiam nas imagens e que não foram possíveis de serem diferenciados pelo classificador. Em seguida, o resultado da pós-classificação foi exportado do Definiens Developer 7.0, fazendo uso do módulo *Smoothing filters* (filtro que permite uma suavização das bordas dos segmentos classificados, reduzindo o efeito fractal de bordas comum em imagens de alta resolução). A partir destes procedimentos realizados no LABGIS da PUC-Rio, foi obtido o mapa de uso e cobertura da terra para a microbacia hidrográfica do córrego Pito Aceso – RJ. As classes de uso predominantes na área de estudo foram selecionadas com base no conhecimento prévio da área de estudo, sendo elas dez no total, a saber: Mata Inicial (estágio inicial de regeneração), Mata Avançada (estágio avançado de regeneração), Culturas Anuais (milho, feijão, arroz, inhame, batata-doce, mandioca e outras), Culturas Perenes (principalmente café e banana), Solo Exposto, Pasto Sujo, Pasto Limpo, Área Construída, Afloramento Rochoso, Nuvem Sombra e Outros (para pequenos segmentos que não puderam ser identificados com a classificação aplicada). Alguns critérios foram aplicados para a diferenciação das classes e estes serão apresentados a seguir:

⇒ *Mata Inicial*: mata em estágio de sucessão inicial – esta classe foi diferenciada pelo tamanho dos fragmentos que geralmente se apresentam menores que os em estágio mais desenvolvido, nesta região. Encontram-se mais próximas às culturas e em áreas de menor declividade, englobando

áreas utilizadas na agricultura, mas que se encontram em pousio em estágio de sucessão inicial. Trata-se de um estágio sucessional intermediário da classe *Pasto sujo* e *Mata avançado*. Esta classe se confundiu algumas vezes com o *pasto sujo*, que não deixa de ser um estágio inicial de regeneração. Porém, optou-se por classificar como *mata inicial* os fragmentos que possuíam espécies arbustivas com distribuição mais homogênea e presença de espécies arbóreas com distribuição mais aleatória. As áreas em pousio em estágio de sucessão similar também foram consideradas nesta classe. Não foi possível diferenciar neste estudo uma classe para mata em estágio intermediário ou mediano de sucessão, pois tornaria muito subjetiva a classificação.

⇒ *Mata Avançado*: mata em estágio sucessional avançado, correspondendo a grandes fragmentos florestais geralmente contínuos, sendo localizados nas partes altas (próximas aos divisores de água) da microbacia. Apresentam predominantemente espécies arbóreas, cujas copas podem ser visualizadas de forma homogênea nas imagens. Um trabalho fitossociológico realizado na região de São Pedro da Serra, distrito de Nova Friburgo (COSTA et al., 2009), onde a agricultura migratória também é praticada, sendo semelhante à área de estudo, foram identificadas nos fragmentos florestais as famílias com maior riqueza de espécies, a saber: *Leguminosae* (4 espécies), *Rubiaceae* (3 espécies), *Lauraceae* e *Solanaceae* (2 espécies).

⇒ *Pasto Sujo*: áreas de pasto que não estão sendo utilizadas ou encontram-se em situação de pousio inicial, quando próximas às áreas agriculturáveis. Apresentam principalmente espécies herbáceas e a rugosidade apresentada nas imagens se diferencia da rugosidade da classe *mata inicial*, uma vez que na classe *pasto sujo* esta não é homogênea.

⇒ *Pasto Limpo*: áreas apresentando extensão bastante significativa, somente sendo superadas em tamanho pelos fragmentos de mata em estágio avançado. São utilizadas para pastagem, principalmente para gado leiteiro. Estas áreas se diferenciam facilmente nas imagens, pois não apresentam rugosidade e nem presença de culturas, apresentando aspecto liso e homogêneo.

⇒ *Culturas anuais*: são representadas na região pelo inhame, batata-doce, milho, feijão, arroz, mandioca e em menor escala a horticultura. Esta classe foi às vezes confundida com pastagem suja, porém, possui talhões bem definidos e apresentou maior rugosidade nas imagens. Solos expostos cercados por culturas anuais, que se apresentavam na cor avermelhada nas imagens, foram englobados nesta classe, pois encontrava-se em fase de transição entre culturas anuais.

⇒ *Culturas Perenes*: predominantemente café e banana, sendo o café bem definido por ser plantado em curvas de nível e a banana também facilmente distinguida pelo formato de suas folhas. Ambos são comercializados pelos produtores da região. Mais recentemente, vem sendo introduzida na região a cultura do eucalipto, porém, em fragmentos muito pequenos e pouco frequentes, muito difíceis de serem diferenciados nas imagens, por estar plantado próximo às matas. Sendo assim, esta cultura não foi mapeada neste estudo.

⇒ *Solo Exposto*: solo que se encontra exposto e não vem sendo utilizado para a agricultura, apresentando cor alaranjada nas imagens. Geralmente relaciona-se a pastos abandonados que precisam ser recuperados para evitar aceleração de processos erosivos.

⇒ *Área construída*: esta classe relaciona-se às edificações (casas, currais, galpões de armazenagem, igreja e outros), assim como aos quintais das casas, jardins e terreiros de secagem de café.

⇒ *Afloramento Rochoso*: ocorre nas áreas com maior declividade da microbacia, principalmente, próximo às nascentes. Apresentam coloração acinzentada e estão, predominantemente, cercadas por vegetação natural.

⇒ *Nuvem e Sombra*: as imagens utilizadas possuíam pequeno percentual de cobertura por nuvens (0,02%) e pouco sombreamento, recobrimdo áreas de vegetação natural em estágio avançado. Esta classe não pode ser visualizada no mapa de uso e cobertura, a ser apresentado neste trabalho, devido à escala.

⇒ *Outros*: nesta classe foram agrupadas pequenas áreas onde houve elevado índice de confusão pelo classificador e que não puderam ser identificadas no trabalho de verificação terrestre seja pela dificuldade de acesso, ou pela dinâmica de uso da região. Esta classe não pode ser visualizada no mapa de uso e cobertura, a ser apresentado neste trabalho, devido à escala.

Após a obtenção do mapa de uso e cobertura da terra, para a microbacia em questão, foi calculada a área para cada classe fazendo uso do *software* ARCGIS 9.1 da ESRI.

5. Resultados e discussão

Para apresentar o mosaico das imagens obtido neste estudo, a escala do *layout* ficaria bastante generalizada. Sendo assim, as Figuras 3 e 4 mostram alguns usos predominantes do mosaico de imagens georreferenciadas obtido, em escala mais detalhada de 1:5.000, sendo áreas representativas de região de cabeceira e de baixada da microbacia, respectivamente. Observa-se a presença de maior número de fragmentos florestais em estágio avançado na região de cabeceiras do córrego Pito Aceso, obviamente devido à declividade que é maior, o que não permitiu o desmatamento e ocupação pela agricultura. Na porção de baixada da microbacia, tanto as classes de pasto (sujo ou limpo) como de cultivos (perenes e principalmente anuais) tendem a aumentar e os fragmentos florestais (principalmente em estágio avançado) tendem a diminuir, pois estas áreas apresentam menores declividades e são de mais fácil acesso e manejo agrícola.

Pode-se observar que o segmentador gerou segmentos com limites em fractais ou bastante rugosos, avançando para a classe vizinha, o que dificultou a classificação. Este fato foi bastante visível para o café (Culturas Perenes), por este uso possuir entrelinhas com solo exposto, intercaladas às linhas do café propriamente dito, que confundem o segmentador. O dispositivo *Smoothing filters*, de suavização de bordas, foi aplicado mas não reduziu muito o efeito fractal das bordas das classes, uma vez que se trata de área rural, onde os objetos não possuem limites bem definidos como ocorre em áreas urbanas. Desta forma, identificou-se a necessidade de utilização de

outros métodos de suavização de bordas para melhorar a classificação deste tipo de imagem de alta resolução, porém estes não foram testados no presente estudo.

O mapa de uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Pito Aceso – RJ obtido pode ser observado na Figura 6 e as áreas calculadas para as diferentes classes encontram-se na Tabela 1. Na sequência, serão ilustradas e discutidas as classes de uso e cobertura da terra obtidas neste estudo.

Observa-se que trata-se de uma microbacia com predomínio de áreas de cobertura vegetal em estágio avançado, principalmente nas áreas mais elevadas (45,16%). As áreas que estão em pousio ou foram abandonadas e não serão mais utilizadas para a agropecuária, foram denominadas de mata em estágio inicial de regeneração, correspondendo a 18,06% da microbacia. Estas são áreas com potencial para o desenvolvimento de sistemas agroflorestais, com manejo sustentável e geração de renda ao produtor, desde que não se encontrem em áreas de APP. A Figura 7 apresenta a mata em estágio mais avançado e a Figura 8 em estágio inicial de regeneração.

As áreas com pasto foram separadas em pasto limpo (em utilização atual para a pecuária leiteira, sendo que os produtos são geralmente para abastecimento da localidade; são de modo geral, áreas bem manejadas nesta microbacia, não sendo observados processos erosivos apesar da declividade elevada) e pasto sujo (que não estão sendo utilizados atualmente, onde a regeneração da vegetação começa a se iniciar, podendo ser também denominado por capoeira). O pasto de modo geral corresponde a 17,09% da microbacia. A Figura 9 ilustra as classes pasto limpo e pasto sujo.

As classes de solo exposto e área construída são pouco expressivas e encontram-se próximas (1,3%), não sendo usos preocupantes em relação aos processos erosivos e degradação ambiental. A Figura 10 ilustra estas classes.



Figura 3. Porção do mosaico de imagens Ikonos II obtido, apresentando usos predominantes na área de cabeceira da microbacia do córrego Pito Aceso – RJ. Escala 1:5.000.

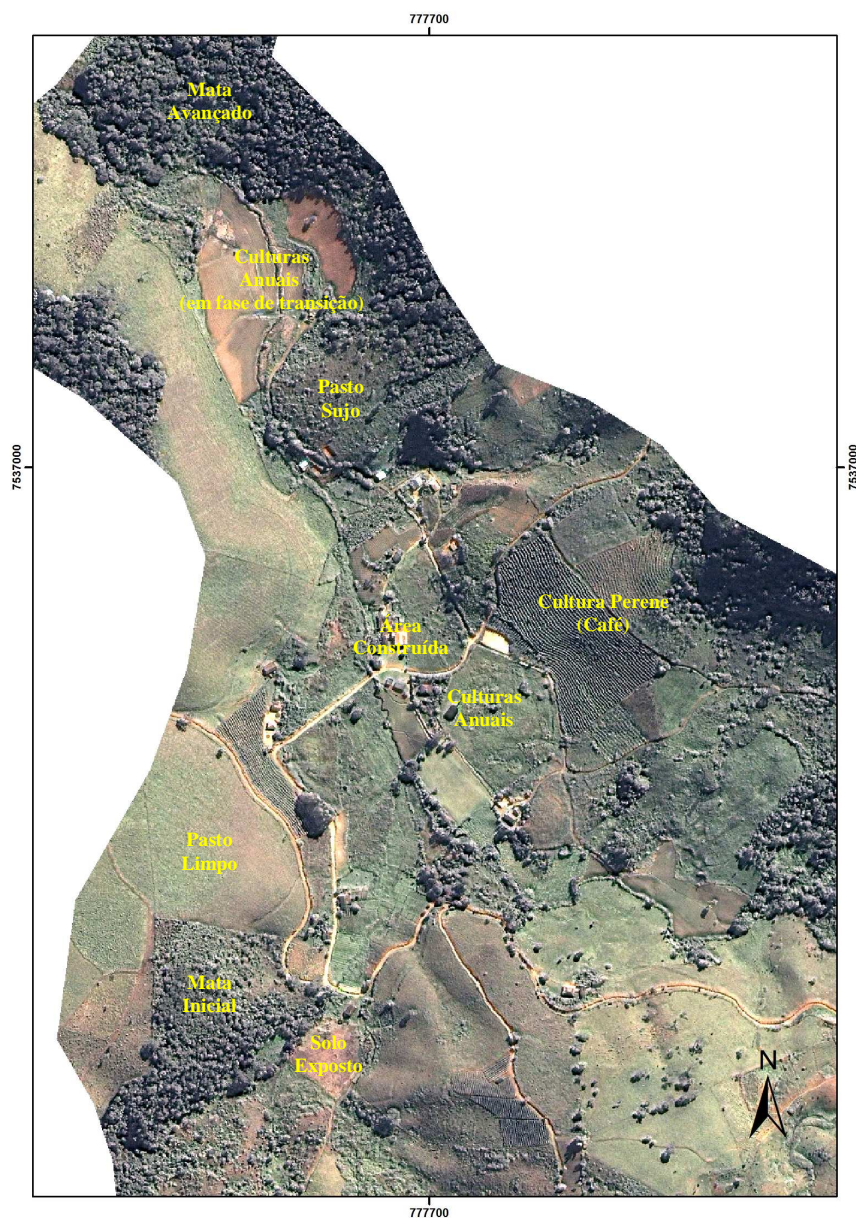


Figura 4. Porção do mosaico de imagens Ikonos II obtido, apresentando usos predominantes na área de baixada da microbacia do córrego Pito Aceso – RJ. Escala 1:5.000.

A Figura 5 apresenta o resultado da segmentação, classificação e edição aplicadas no mosaico de imagens Ikonos II.

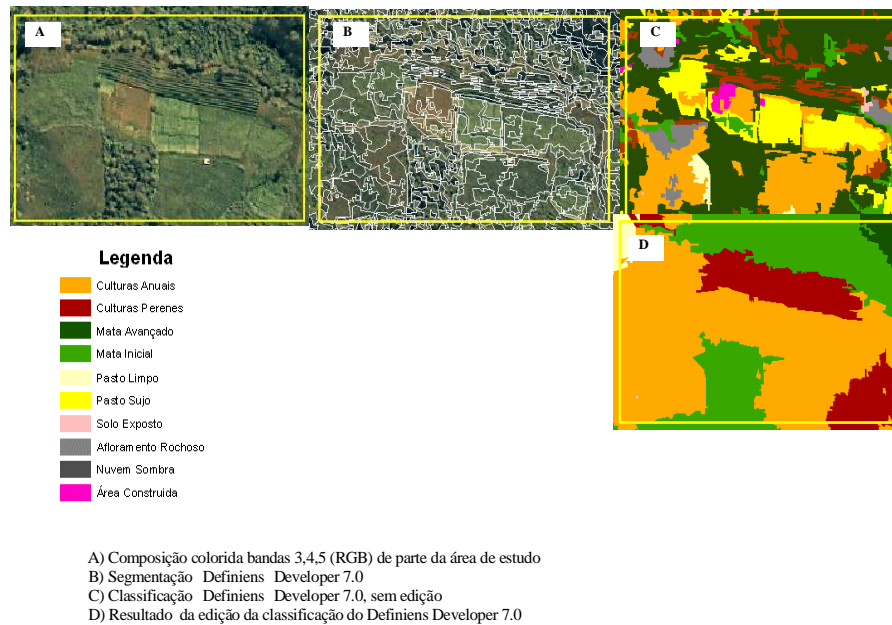


Figura 5. Resultado parcial das diferentes fases do processamento das imagens do Ikonos II.

Tabela 1. Resultado do cálculo de áreas para as classes de uso e cobertura da terra obtidas.

Classe de uso e cobertura do solo	Percentual (%)
Mata Inicial	18,06
Mata Avançado	45,16
Culturas Anuais	8,36
Culturas Perenes	6,29
Solo Exposto	0,75
Pasto Sujo	8,26
Pasto Limpo	8,83
Área Construída	0,55
Afloramento Rochoso	3,66
Nuvem/Sombra	0,02
Outros	0,06

Em relação à agricultura na microbacia, apesar de não ser predominante em termos de área, é a principal fonte de renda dos produtores rurais, sendo praticadas tanto culturas perenes (6,29%) quanto as anuais (8,36%). As culturas perenes são praticadas geralmente em áreas de maior declividade que as anuais, sendo as últimas praticadas inclusive às margens do córrego Pito Aceso (área de APP), uma vez que não há vegetação ciliar. A Figura 11 apresenta as classes Culturas Perenes e Culturas Anuais.

A utilização de fertilizantes e pesticidas é comum para ambos os tipos de cultura, podendo contaminar os corpos d'água superficiais e subterrâneos, bem como os solos. O solo é preparado manualmente para o plantio, não havendo problemas de compactação e a rotação e consórcio de culturas também são praticados – sistema de pousio já descrito, além do espaçamento das plantas ser pequeno, o que evita a erosão. No entanto, algumas práticas conservacionistas como, por exemplo, o plantio direto, em nível e a adubação verde não comuns na região poderiam ser introduzidas. Muitas das culturas anuais são irrigadas a partir de água superficial. A comercialização dos produtos ocorre em pequena escala e alguns apenas para subsistência. Não existe uma cooperativa dos produtores rurais nesta microbacia. Desta forma, os mesmos dependem dos atravessadores para comercialização do seu produto.

A classe afloramento rochoso, predominante em áreas mais declivosas, encontra-se ilustrada pela Figura 12, representando 3,66% da área total da microbacia.

Informações cartográficas: Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Fuso: 23 S, Datum: SAD 69, Escala original: 1:5.000, Escala aproximada do mapa: 1:20.000.

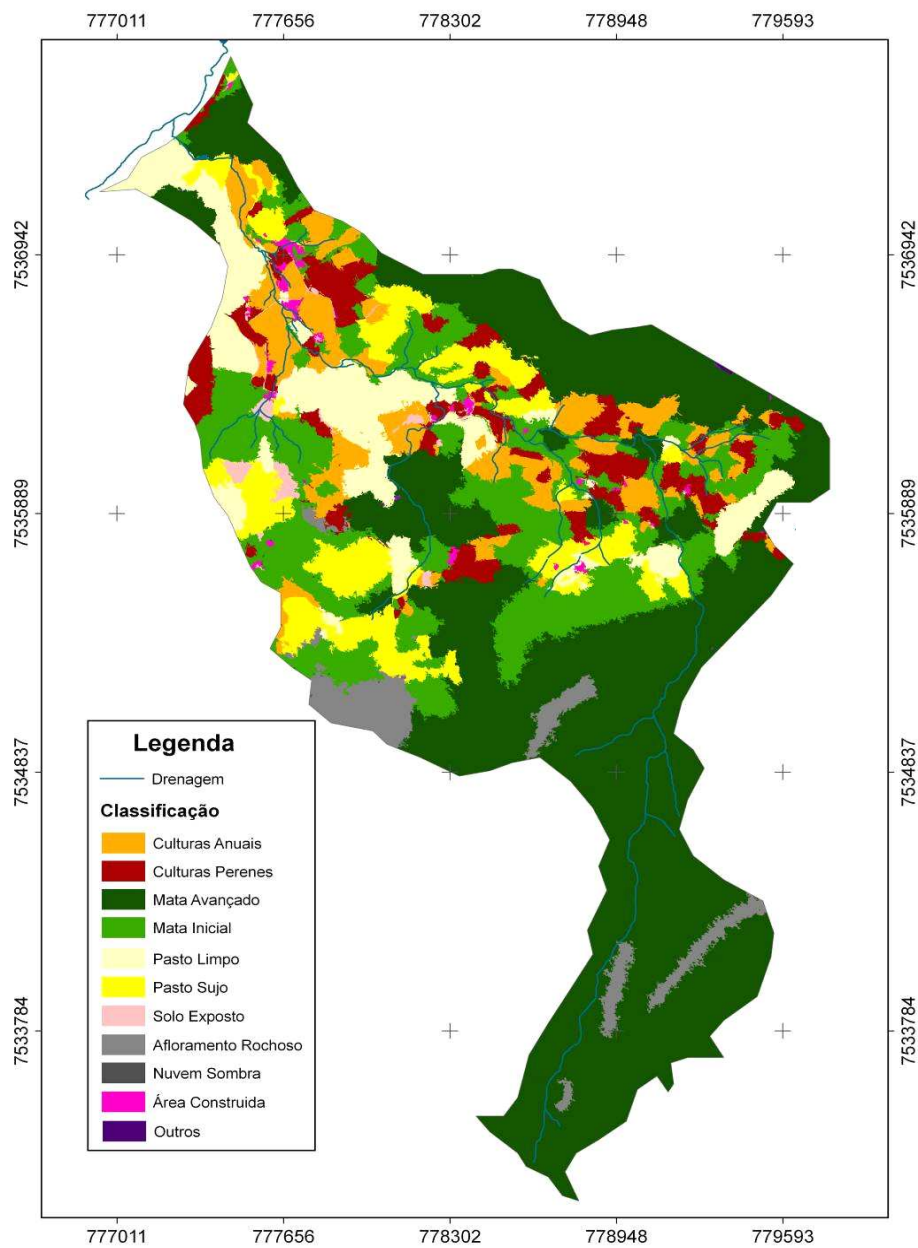


Figura 6. Mapa de uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Pito Aceso – RJ.
 Autoria: Rachel Bardy Prado e Thays Barbosa Campos Barcellos.



Foto: Guilherme Kangussu Donagemma (2006).

Figura 7. Ilustração de fragmento florestal em estágio avançado de sucessão, bastante presente na microbacia do córrego Pito Aceso.



Foto: Rachel Bardy Prado (2006).

Figura 8. Ilustração de fragmento florestal em estágio inicial de sucessão, bastante presente na microbacia do córrego Pito Aceso.



Foto: Rachel Bardy Prado (2006).

Figura 9. Ilustração das classes pasto limpo e pasto sujo na microbacia do córrego Pito Aceso.



Foto: Rachel Bardy Prado (2006).

Figura 10. Ilustração das classes Área Construída e Solo Exposto na microbacia do córrego Pito Aceso.



Foto: Rachel Bardy Prado (2006).

Figura 11. Ilustração das classes Cultura Perene e Cultura Anual na microbacia do córrego Pito Aceso.



Foto: Fabiano de Oliveira Araújo (2005).

Figura 12. Ilustração da classe Afloramento Rochoso na microbacia do córrego Pito Aceso.

Em relação à degradação ambiental nesta microbacia, pode-se dizer que ainda não se encontra em situação avançada com relação à degradação das terras, uma vez que o manejo artesanal da terra, sem mecanização, pois o relevo não permite, evita processos erosivos intensos.

Em relação à disponibilidade de água também não se verificou problemas de escassez drástica, uma vez que as nascentes são as principais fontes de abastecimento e estas se encontram em regiões de elevada altitude, onde praticamente não há ocupação. No entanto, a drenagem e ocupação de várzeas para praticar a olericultura poderá comprometer a recarga do lençol freático, alterando o ciclo hidrológico da microbacia. A ausência de mata ciliar faz com que o efeito de filtro, que a mesma exerceria deixe de existir, favorecendo a entrada de poluentes nos corpos hídricos.

Neste sentido, um estudo realizado nesta microbacia por Godoy et al. (2009) mostrou que a qualidade da água ainda não está comprometida, em relação aos parâmetros físicos e químicos, pois a maioria deles se encontram abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357 para a classe 2. A Tabela 2 apresenta os resultados da aplicação do Índice de Qualidade da Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo CETESB e da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) para a microbacia. Observa-se que, para ambos os métodos, há predominância de situação ótima e excelente para os pontos mais próximos às nascentes, tendendo a piorar a qualidade da água nos pontos a jusante, ao longo da microbacia, mas sem apresentar situação alarmante como ruim ou péssima. Este fato ocorre devido à intensificação das atividades agrícolas nas partes com menor elevação da microbacia e foi observado também nos anos subsequentes do monitoramento 2007 a 2009.

Tabela 2. Resultados da aplicação de Índices de Qualidade da Água (CETESB e FEAM) na microbacia do córrego Pito Aceso – 2006.

<i>Ponto</i>	<i>IQA</i>	<i>Classificação CETESB</i>		<i>Classificação FEAM</i>	
1	92,02	Ótima		Excelente	
2	81,66	Ótima		Bom	
3	69,53	Boa		Médio	
4	90,74	Ótima		Excelente	
5	84,17	Ótima		Bom	
6	67,17	Boa		Médio	
7	74,48	Boa		Bom	
8	74,50	Boa		Bom	
9	65,82	Boa		Médio	

Porém, foi observado nos trabalhos de campo, que os agricultores utilizam de forma indiscriminada pesticidas, principalmente herbicidas, com destaque para o Paraquat, tanto nas culturas anuais como perenes. Não houve ainda avaliação destas substâncias no solo e água da microbacia como um todo. Mas avaliações do Paraquat no solo e na água em parcelas de perda de solos foram realizadas (DONAGEMMA et al., 2009; SOUZA, 2009), havendo detecção do mesmo, o que desperta uma preocupação em relação a este tipo de manejo agrícola na região.

6. Conclusões

A segmentação mostrou-se uma interessante ferramenta para facilitar a classificação de imagens de alta resolução, no intuito de mapear o uso e cobertura da terra em áreas rurais. Porém, as bordas dos segmentos apresentam-se mal definidas, devido a alta resolução espacial e espectral das imagens. A utilização do *software* Definiens Developer 7.0 foi importante, apesar de seu custo ser elevado, pois tem recursos disponíveis que permitem melhorar a classificação e também facilita o processo de pós-classificação.

A microbacia em questão possui uma cobertura vegetal bastante significativa (63,22% ao somar as classes Mata Inicial e Mata Avançado). Contudo foi observado, em trabalho de verificação terrestre, que parte das APPs encon-

tram-se com uso inadequado. Mas para tal, é preciso que haja um planejamento participativo territorial da microbacia, levando em consideração não somente os aspectos ambientais, como também os sociais, visto que grande parte desta microbacia equivale às APPs. Pelo fato desta microbacia apresentar este padrão de cobertura da terra, a prática de atividades econômicas como os sistemas agroflorestais seria interessante, respeitando-se a aptidão das terras.

Em relação às atividades agrícolas predominantes na microbacia, a rotatividade de culturas em conjunto com a prática do pousio têm se mostrado responsáveis por não haver processos erosivos e de degradação do solo em estágio avançado. Mas outras práticas conservacionistas poderão ser adotadas para melhor preservação dos recursos naturais como por exemplo, o plantio direto, a adubação verde, a prática da agricultura orgânica e, principalmente, a redução do uso de pesticidas, assegurando melhor qualidade ambiental e de vida para a população e agregação de valor aos produtos agrícolas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o auxílio do projeto PRONEX-PUC-Rio para a aquisição das imagens Ikonos II e realização de trabalho de verificação terrestre.

7. Referências

ANDRADE, A. G.; MENDES, C. A. R.; MAHLER, C. F.; LUMBRERAS, J. F.; SANTOS, F. A.; POTOCARRERO, H.; CARVALHO, G. F. Aspectos da perda de solos: a agricultura migratória e a convencional. In: RESENDE, A. S. de.; CAMPELLO, E. F. C. (Org.). **Seminário sobre agricultura migratória na Região Serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004.

ATLAS dos remanescentes da Mata Atlântica. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; São José dos Campos: INPE, 1993.

BENZ, U. C.; HOFMANN, P.; WILLHAUCK, G.; LINGERFELDER, I.; HEYNEN, M. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 58, p. 239-258, 2004.

COSTA, K. K. S.; SILVA, G.; SALGADO, J.; CONSTANÇA, R. S. S.; BERTOLINO, A. V. F. A.; BARROS, A. A. M. Fitossociologia, produção mensal e retenção hídrica da serrapilheira em fragmento de mata atlântica: São Pedro da Serra/RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009. 18 p. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo5/012.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2010.

COUTINHO, H. L. C. et al. Dinâmica da diversidade microbiana e da qualidade do solo em um sistema de agricultura migratória na Região Serrana Fluminense. In: RESENDE, A. S. de.; CAMPELLO, E. F. C. (Org.). **Seminário sobre agricultura migratória na Região Serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. p. 86.

DONAGEMMA; R. A. CAMPOS, T. M. P.; DONAGEMMA, G. K.; PRADO, R. B. Validação de um método SPE-espectrofotometria para determinação de paraquat em solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBCS, 2009. 4. p.

FREITAS, M. M.; VILELA, C. L.; COUTINHO, B. H.; MALANGUTTI, A.; COELHO NETO, A. L. Solos agrícolas sob pousio e resultantes hídricas da regeneração espontânea: bacia do Rio Boa Vista, Nova Friburgo, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997.

GODOY, J. M.; PRADO, R. B.; SOLURI, D. S. Aplicação de índice de qualidade de água na microbacia do córrego Pito Aceso–RJ: vivência experimental em campo para alunos de graduação da PUC-Rio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 28., Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. 18 p.

HUSSAIN, Z. **Digital image processing: practical applications of parallel processing techniques**. [Chichester]: Ellis Horwood, 1991. 406 p.

KANASHIRO, M.; DENICH, M. **Possibilidade de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia Brasileira**. Brasília: MCT-CNPq, 1998. 157 p. (Estudos dos impactos humanos nas florestas e áreas inundadas nos trópicos).

LANDI, M. P. M.; DUBOIS, J. C. Aspectos sócio-econômicos da agricultura migratória na comunidade rural de Barra Alegre-Bom Jardim/RJ. In: RESENDE, A. S. de.; CAMPELLO, E. F. C. (Org.). **Seminário sobre agricultura migratória na Região Serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. p. 19-27.

MAFRA, N. M. C. **Esquema metodológico para la planificación de usos del suelo en zonas tropicales húmedas**: aplicación a la región norte del estado do Rio de Janeiro, Brasil. 1997. Tese (Doutorado) - Faculdade de Farmácia, Universidade de Valência. Valência.

MAGALHÃES, L. M. S.; FREITAS, W. K. de. Fragmentos florestais em pequenas propriedades rurais: base para o seu manejo e conservação. In: RESENDE, A. S. de.; CAMPELLO, E. F. C. (Org.). **Seminário sobre agricultura migratória na Região Serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. p. 28-35.

MENDES, C. A. R. **Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no Município de Bom Jardim – RJ**. 2006. 237 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MENDONÇA, L. E. R.; SOARES, V. P.; GLERIANI, J. M.; RIBEIRO, G. A.; RIBEIRO, C. A. A. S. Mapeamento do uso da terra baseado em imagem Ikonos II com a utilização de algoritmos classificadores por pixels e por regiões. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis, SC. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 603-610. CD-ROM.

NEUBERT, M. E.; MEINEL, G. Análise de dados do satélite Ikonos baseada em segmentação: utilização do software de análise de dados e-Cognition para diferentes áreas-testes. In: BLASCHKE, T.; KUX, H. (Org.). **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sensores-métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. Cap. 11, p.115-124.

OLIVEIRA, R. R. **O rastro do homem na floresta: sustentabilidade e funcionamento da Mata Atlântica sob manejo caiçara**. 1999. Dissertação – IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 2. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2002. 355 p.

ROSSINI-PENTEADO, D.; MARQUES, M. L.; GUEDES, A. C. M.; GIBERTI, P. P. C. Classificação orientada por regiões em imagem Ikonos para a identificação e análise da cobertura do solo urbano de Ubatuba (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis, SC. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 661-669. CD-ROM.

SARAÇA, C. E. S.; RAHY, I. S.; SANTOS, M. A.; COSTA, M.B.; ALENCAR, R. S.; PERES, W. R. A propósito de uma nova regionalização para o Estado do Rio de Janeiro. In: BERGALLO, H. G.; FIDALGO, E. C. C.; ROCHA, C. F. D.; UZÊDA, M. C.; COSTA M. B.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M.; SANTOS, M. A.; COSTA, T. C. C.; COZZOLINO, A. C. R. **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. p. 33-40.

SILVA, L. C. da; CUNHA, H. C. da S. (Org.). **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro**. 2. ed. Brasília: CPRM, 2001. CD-ROM.

SOUZA, R. A. B. **Avaliação da presença do herbicida paraquat no escoamento superficial em bacia hidrográfica de Bom Jardim-RJ, através de modelagem e simulação com SIG (Sistema de Informação Geográfica)**. 2009. 150 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TANIZAKI-FONSECA, K.; LORENZON, C. A.; GONÇALVES, P. R.; BARROS FILHO, J. D.; CRUZ, E. S. A.; RAHY, I. S. Região serrana de economia diversificada. In: BERGALLO, H. G.; FIDALGO, E. C. C.; ROCHA, C. F. D.; UZÊDA, M. C.; COSTA M. B.; ALVES, M. A. S.; VAN SLUYS, M.; SANTOS, M. A.; COSTA, T. C. C.; COZZOLINO, A. C. R. **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. p. 279-283.

XIAOXIA, S.; JIXIAN, Z.; ZHENGJUN, L. An object-oriented classification method on high resolution satellite data. In: ASIAN CONFERENCE ON REMOTE SENSING, 25., **Proceedings...**Chiang Mai, Thailand. [Bangkok: GISTDA], 2004. p. 347-350.