

IMPLICAÇÕES DA MUDANÇA NA COBERTURA VEGETAL EM RELAÇÃO À EROSIÃO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO PEDRO - RJ

Implications of vegetation cover changes in relation to soil erosion in River São Pedro sub basin – Rio de Janeiro State, Brazil

Luiz Fernando Tavares Cardoso da Silva - UFRJ
uftavares01@yahoo.com.br

José Fernando Rodrigues Bezerra – UEMA
fernangeo@yahoo.com.br

Antônio José Teixeira Guerra – UFRJ
antoniotguerra@gmail.com

RESUMO

A erosão dos solos, forma comum de degradação ambiental no Brasil, exige o diagnóstico como primeiro passo para recuperação ambiental de uma área. A adoção da bacia hidrográfica como unidade geomorfológica para análise ambiental, possibilita integrar os processos naturais à dinâmica socioeconômica, considerando os *inputs* e *outputs* de energia. Localizada nos municípios de Macaé e Conceição de Macabu (RJ), a sub-bacia hidrográfica do rio São Pedro encontra-se com graves problemas de degradação. Visando ao diagnóstico da sub-bacia, foram analisadas três imagens de dois satélites: duas do satélite Landsat (1987 e 2011) e uma do satélite ALOS (2009). A partir destas imagens foram elaborados mapas de uso e cobertura do solo, comparando as alterações ocorridas no intervalo de 24 anos. O mapa oriundo da imagem Landsat de 2011 serviu de base para sobreposição de feições erosivas catalogadas através de trabalho de campo e/ou identificadas pelo *Google Earth*. Esta análise revela que voçorocas, ravinhas e erosões laminares aparecem inseridas em áreas desmatadas, demonstrando a importância do papel da vegetação na proteção do solo. Por fim as feições erosivas foram localizadas segundo as características do relevo como declividade e curvatura das encostas, indicando, assim a gravidade da intervenção em alguns locais da paisagem.

Palavras-chave: erosão, uso e cobertura do solo, SIG.

ABSTRACT

Soil erosion is one of the main types of land degradation in Brazil. Therefore, land degradation assessment is the first step to rehabilitate this area. The drainage basin approach, as a geomorphologic unit for the environmental analysis makes it possible to integrate natural processes to the socio-economic dynamics, as it analyses the environmental energy inputs and outputs. River São Pedro sub-basin – with serious environmental problems, is located between Macaé and Conceição de Macabu municipalities, northern Rio de Janeiro State and it is the main tributary of River

Macaé drainage basin. To reach this target, which is to assess the environmental degradation of this sub-basin, three satellite images from two satellites, including different historic epochs have been analyzed: two from Landsat satellite (1987 and 2011) and one from ALOS (2009). Considering these images land use and cover maps have been made, in order to compare the alterations occurred in 24 years. Land use and cover map from 2011, using Landsat was the basis to overlap soil erosion features detected during field work and/or identified from Google Earth. This analysis reveals that gullies, rills and sheet erosion scars are associated with bare soil, outlining the role of vegetation cover in protecting the soil against erosion. Finally, soil erosion features have been located according to relief characteristics, such as: slope angle and curvature, indicating therefore how serious it can be the human settlement on the environment.

Key-words: erosion, land use and cover, GIS.

INTRODUÇÃO

A intervenção humana nos ambientes naturais ao longo dos anos tem proporcionado alterações significativas no equilíbrio dos ecossistemas. Neste sentido o primeiro impacto resultante da retirada da cobertura vegetal original e sua substituição para usos agropecuários propiciam o aparecimento de processos de degradação ambiental caso não haja o manejo adequado dessas áreas (CASTRO, *et al.*, 2010). No presente estudo a forma de degradação ambiental a ser estudada será a erosão superficial (erosão laminar, ravinas e voçorocas) bem como seus efeitos, decorridos da mudança de uso e cobertura do solo. A erosão é um dos principais problemas ambientais decorrentes no Brasil, causando danos como a perda de terras agricultáveis, destruição de construções e induzindo até mesmo a desertificação; por isso seu controle torna-se fundamental frente à conservação dos recursos naturais e a prevenção de danos ao homem.

Geralmente a retirada da cobertura vegetal original deixa os solos vulneráveis à ocorrência de eventos erosivos, a perda de fertilidade, a diminuição da atividade da microfauna e a movimentos de massa (MORGAN, 1986; SELBY, 1993; GUERRA, 2007). Estudos na bacia do rio Macaé (LIMA, 2008; GUERRA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2009; CASTRO *et al.*, 2010; LIMA, 2010; NEVES, 2011) apontam que o problema da retirada da cobertura vegetal original e sua substituição por usos agropecuários, principalmente pastagens, estão diretamente relacionados ao surgimento de feições erosivas quando não há manejo adequado do solo.

Uma rápida incursão na sub-bacia do rio São Pedro nos permite apreender as diversas feições erosivas, dentre elas ravinas, voçorocas, erosões laminares e, inclusive deslizamentos de terra, numa área extremamente desmatada. Neste sentido, foi realizado também um trabalho de campo a fim de fazer um levantamento dos diferentes pontos de erosão e áreas degradadas. Estes pontos críticos foram analisados sobrepondo-os ao mapa atual (2011) de uso e cobertura do solo e também aos mapas de declividade e formato das encostas, correlacionando as características físicas da superfície do relevo às ocorrências de erosões.

A área de estudo é constituída pela sub-bacia hidrográfica do rio São Pedro, principal afluente do rio Macaé pela margem esquerda (**Figura 1**); este último por sua vez é a principal fonte de abastecimento de água de Macaé. A sub-bacia do rio São Pedro possui aproximadamente 490 km², com seu canal principal atingindo cerca de 50 km de extensão, estando inserida nos municípios de Macaé e Conceição de Macabú, no Norte Fluminense. A pluviosidade é bem distribuída durante o ano, entretanto nos meses de verão a precipitação ultrapassa os 400 mm (NASCIMENTO *et al.*, 2010), o que proporciona disponibilidade de energia para desencadear processos erosivos. Inserida na unidade litoestratigráfica do Complexo Paraíba do Sul, as rochas presentes são constituídas por gnaisses, migmatitos e granulitos (RADAMBRASIL, 1983), predominando os granitóides pós-tectônicos, sendo o mais representativo deles o Granito Sana (CPRM, 2001). Segundo Carvalho Filho *et al.* (2003) ocorrem na área de estudo os Latossolos, Argissolos, Gleissolos, Espodossolos, Neossolos Flúvicos, Organossolos e Neossolos Quartzarênicos, além dos Neossolos Litólicos nas encostas rochosas. As unidades morfoesculturais geomorfológicas são constituídas pelas Escarpas Serranas e pelas Superfícies Aplainadas que abrangem as subunidades Planícies Aluviais, Colinas Isoladas, Domínio Colinoso, Domínio de Colinas Dissecadas, Morrotes e Morros Baixos e Escarpas Serranas (DANTAS, 2000). O domínio colinoso é caracterizado pelo uso agropecuário, com extensas áreas de pasto e pelo desenvolvimento de pequenos núcleos urbanos (COTRIM, 2004). As áreas de planície fluvial caracterizam-se pela presença de atividades agrícolas e de pastagens.

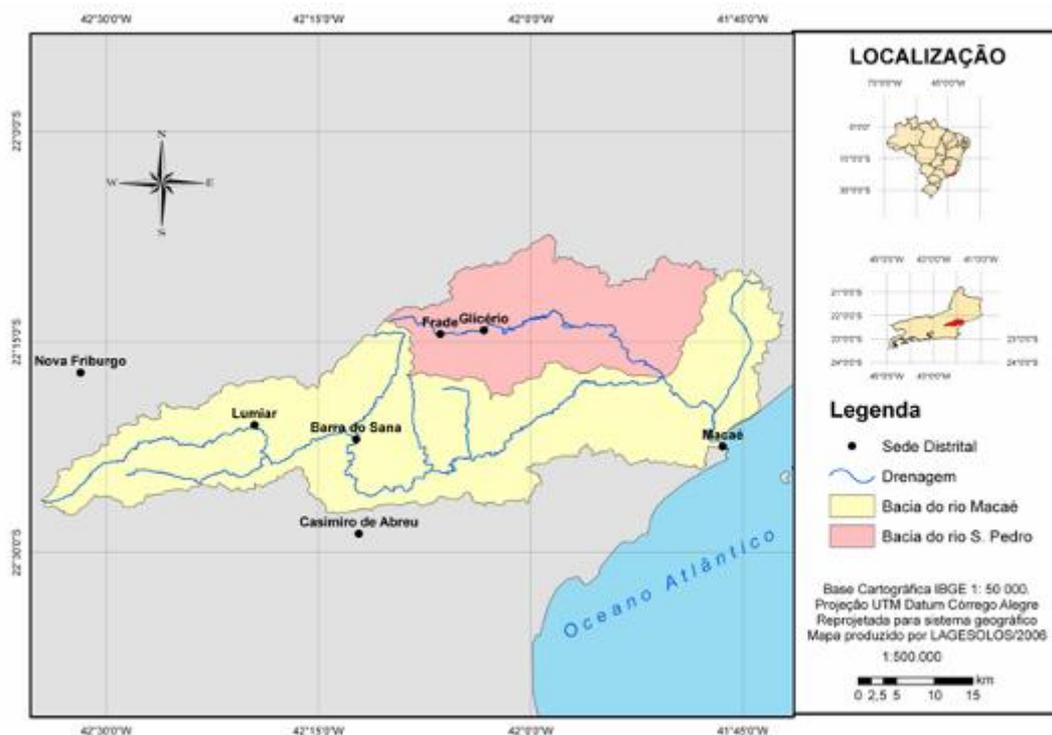


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio São Pedro – Macaé. Fonte: Lagesolos, 2006.

A área está relacionada com o contexto ambiental da região sudeste brasileiro, marcado pela evolução da Serra do Mar, apresentando forte dinâmica entre os processos de encosta-planície.

Ao longo dos anos a bacia vem sofrendo diversos estágios de ocupação e modificação da paisagem, como por exemplo, a retificação de parte do rio São Pedro em seu baixo curso. A bacia apresenta grandes amplitudes altimétricas, possuindo desde escarpas serranas de 1500 m a planícies próximas ao nível do mar. Em seu baixo curso apresenta na planície aluvionar, extensos campos com plantações de arroz feijão e pastagens, entretanto possui também trechos bem preservados de Mata Atlântica nas áreas serranas (MARÇAL & LUZ, 2003; MOTÉ, 2008). A cobertura vegetal primária é constituída pela floresta ombrófila densa, enquanto a vegetação secundária abrange formação arbustiva e arbórea de variados tamanhos, encontrando-se ambas muito fragmentadas.

O histórico de ocupação da área relaciona-se ao contexto do crescimento da cidade de Macaé desde o tempo colonial, com a exploração do café e da cana-de-açúcar. É possível verificar nas terras drenadas pela bacia hidrográfica, inúmeros sinais de degradação ambiental, resultantes destes séculos de atividades humanas

empreendidas na região, como a pecuária e o cultivo de cana-de-açúcar no século XVII (LIMA, 2008). A partir da década de 1970, com a chegada da Petrobras ao município de Macaé, tem-se uma intensificação dos fluxos migratórios para a região e, conseqüentemente um aumento da demanda pelos recursos naturais (MARÇAL & LUZ, 2003). Problemas como retificações e represamentos no canal, manejo inadequado da terra com retirada da cobertura vegetal original, avanço de pastagem natural, e aumento do processo imigratório na região contribuíram ao longo dos anos para o quadro de degradação atual (LIMA, 2007), especialmente por erosão dos solos.

O presente estudo encontra-se inserido dentro do projeto “Diagnóstico Ambiental, Monitoramento e Recuperação de Áreas Degradadas por Atividades Agropecuárias na Bacia do Rio São Pedro – RJ”, desenvolvido pelo Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos (LAGESOLOS/ UFRJ), com financiamento do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), buscando contribuir assim para o diagnóstico, planejamento e recuperação ambiental da bacia do rio Macaé, tornando possível a conciliação entre a exploração dos recursos e a conservação da área em questão. Seu principal objetivo foi relacionar a mudança de uso e cobertura do solo com o aparecimento de feições erosivas, bem como analisar onde estas se localizam atualmente.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo foram utilizadas imagens do satélite Landsat TM 5 e do satélite ALOS, afim da elaboração de mapas de uso e cobertura da terra, buscando analisar-se como a alteração ao longo do tempo pode ter influência sobre o aparecimento de feições erosivas na paisagem. Estas por sua vez foram catalogadas em trabalho de campo e levantamento feito através do *Google Earth*.

Para o mapeamento com as imagens Landsat 1987 e 2011 foram utilizadas as bandas vermelha, azul, verde e infravermelha média. Este mapeamento foi realizado no *software* SPRING 5.1.8, onde a imagem foi georreferenciada para o sistema de coordenadas geográficas e segmentada com valores de similaridade 10 e área também 10. Optou-se pela classificação semi-automática, onde foi feita a

segmentação, o treinamento e a classificação. A classificação foi feita pelo método Battacharya, que mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (SPRING, 2009). Ao final do processo no SPRING, o mapa foi exportado para o ArcGIS 9.3, onde foi convertido para o formato *shapefile* e por fim feita as correções.

Também foi utilizada imagem do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) do ano de 2009 para o mapeamento de uso e cobertura, tendo em vista que o mesmo oferece melhores possibilidades de detalhamento espacial. Sua vantagem em relação ao Landsat consiste em sua maior resolução espacial, cuja dimensão de cada pixel é de 10 m, enquanto a Landsat é de 30 m. O processo de mapeamento com a imagem ALOS foi rigorosamente o mesmo seguido com as imagens Landsat.

Nos mapas de uso e cobertura foram adotadas seis classes: florestas; área antrópica agropecuária, composta basicamente por pastagens e cultivos; área antrópica urbana, constituída por pequenos núcleos urbanos; afloramentos rochosos; solo exposto e; outros, que incluem corpos líquidos e sombra.

Os mapas de curvatura e declividade das encostas foram feitos a partir das curvas de nível cotadas das cartas topográficas de Macaé e Conceição de Macabu na escala de 1:50.000. Para o mapa de curvatura das encostas foi utilizada a ferramenta *Spatial Analyst Tools / Surface / Curvature* do ArcGIS 9.3 enquanto o mapa de declividade a ferramenta *Spatial Analyst / Surface / Slope* também do ArcGIS 9.3.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas de uso e cobertura referentes ao Landsat apresentaram resultados que confirmaram as expectativas durante este intervalo de ano de 24 anos (**Figura 2 e 3**), principalmente em relação à diminuição da área de floresta e ao aumento da área de pastagem (**Tabelas 1 e 2**). As áreas florestais perderam aproximadamente 10 Km², enquanto a área antrópica agropecuária avançou cerca de 20 Km². A área de solo exposto teve grande variação, perdendo 9,4 Km², entretanto deve-se ressaltar que estas áreas estão predominantes nas planícies fluviais do baixo curso, constituindo geralmente a fase de preparação do solo para o plantio. A área antrópica urbana teve um crescimento dentro do esperado, variando em 0,6 Km²,

enquanto os afloramentos rochosos tiveram ligeiro aumento, podendo indicar ação do intemperismo em eventos erosivos ou movimentos de massa deixando a rocha exposta. A classe outros obteve pequena queda (1,3 Km²).

Tabela 1

Classes de Uso e Cobertura do Solo 1987		
CLASSE	ÁREA (Km ²)	ÁREA (%)
Floresta	176,2	42,0
Área antrópica agropecuária	196,6	46,9
Área antrópica urbana	2,3	0,5
Afloramento rochoso	3,4	0,8
Solo exposto	14,4	3,4
Outros	26,3	6,3
Total	419,2	100,0

Vale ressaltar ainda que o valor total da área da bacia encontra-se menor do que em realidade é, pois o cálculo feito no sistema de informação geográfico foi realizado em 2D. A diferença, portanto foi cerca de 70 Km².

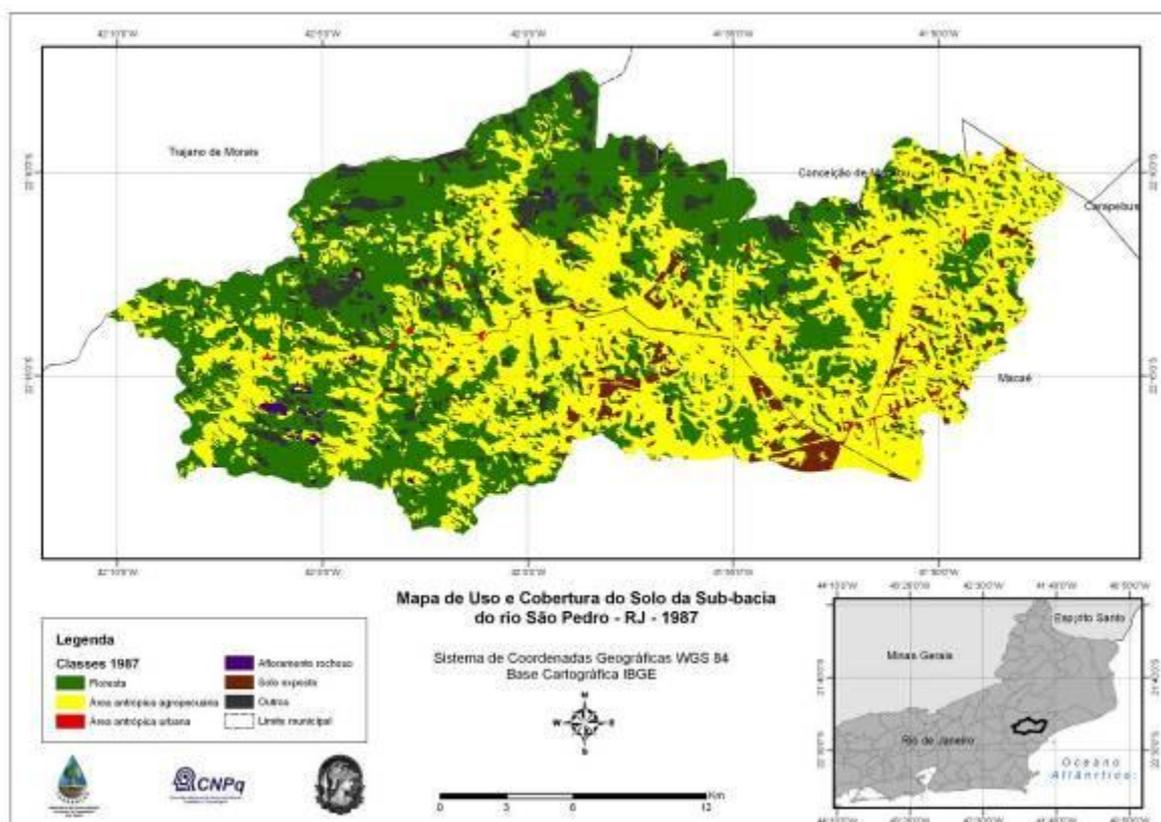


Figura 2 - Mapa de uso e cobertura do solo na sub-bacia do rio São Pedro - RJ – 1987.

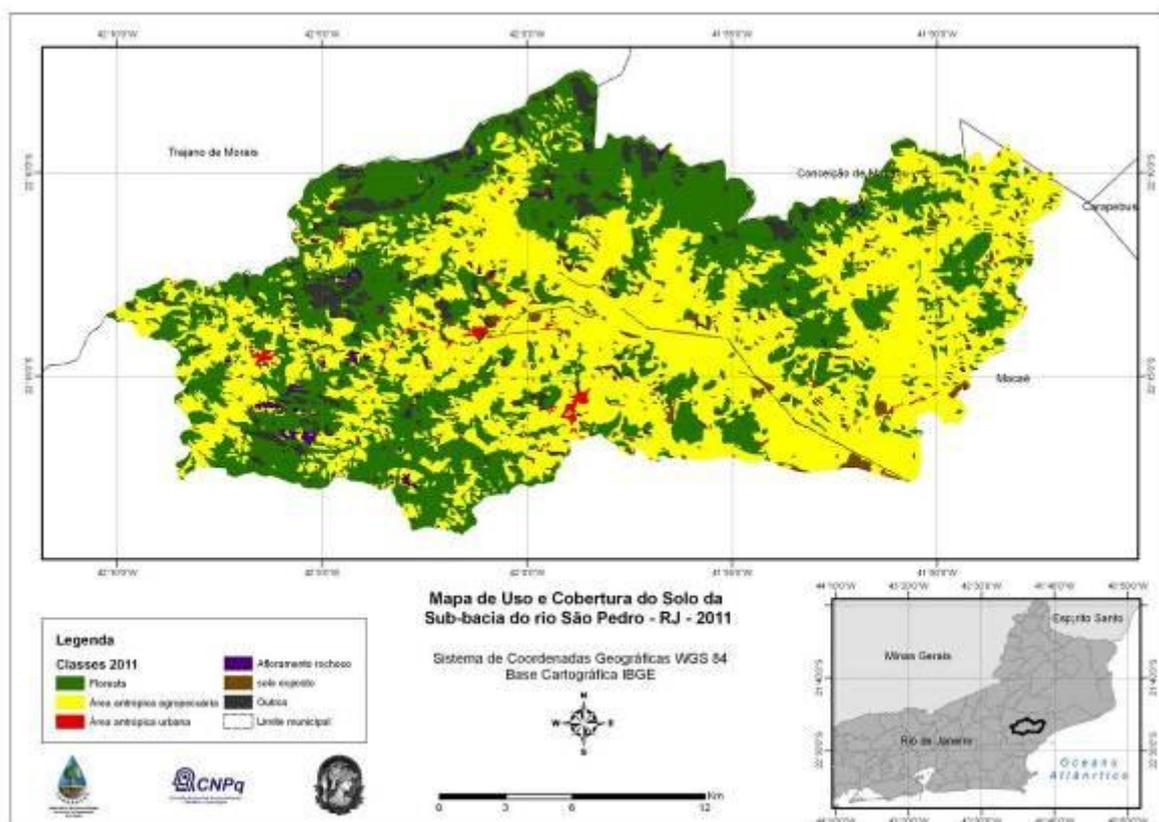


Figura 3 - Mapa de uso e cobertura do solo na sub-bacia do rio São Pedro - RJ – 2011.

Tabela 2

Classes de Uso e Cobertura do Solo 2011		
CLASSE	ÁREA (Km ²)	ÁREA (%)
Floresta	167,1	39,9
Área antrópica agropecuária	215,4	51,4
Área antrópica urbana	2,9	0,7
Afloramento rochoso	3,7	0,9
Solo exposto	5,0	1,2
Outros	25,0	6,0
Total	419,2	100,0

A tabela com o uso e cobertura do solo (**Tabela 3**) originada do mapeamento do satélite ALOS (**Figura 4**) apresenta significativas diferenças em relação ao mapeamento feito a partir da Landsat de 2011. Áreas menores e/ou mais complexas tiveram maior destaque como a antrópica urbana e os afloramentos rochosos (+1,7 Km² e +2,3 Km² respectivamente). A área antrópica agropecuária também teve grande diferença com cerca de 15 Km² a mais. A classe outros teve a maior redução

com menos 15,3 Km². Também teve sua área reduzida, a classe solo exposto (-3,6 Km²). A classe floresta se manteve praticamente igual.

Foram catalogadas 125 feições erosivas em toda a bacia do rio São Pedro, sendo 37 erosões laminares, 26 ravinas e 62 voçorocas, o que dá aproximadamente, uma forma de degradação a cada quatro quilômetros quadrados. Estas feições quando sobrepostas ao mapa de uso e cobertura referente ao ano de 2011 (**Figura 5**), encontram-se em sua totalidade sobre as áreas destinadas ao uso agropecuário. Foi possível analisar também que algumas destas feições encontram-se onde antes eram áreas florestadas, fornecendo indício de que o desmatamento pode ter determinado o surgimento de formas erosivas. Castro *et al.* (2010) encontraram para a bacia do rio Sana em Macaé resultados parecidos: 40 formas erosivas, sendo cinco em áreas de floresta e 35 em áreas de pastagem.

As feições erosivas foram encontradas de forma generalizada em toda a bacia (**Figura 6**), menos em parte do baixo curso no domínio da planície fluvial. Também não houve concentração de determinado tipo de forma erosiva, sendo a erosão laminar, ravinas e voçorocas bem distribuídas em toda a área.

Tabela 3

Classes de Uso e Cobertura do Solo 2009 – ALOS		
CLASSE	ÁREA (Km ²)	ÁREA (%)
Floresta	166,6	39,7
Área Antrópica Agropecuária	230,9	55,1
Outros	9,7	2,3
Solo Exposto	1,4	0,3
Área Antrópica Urbana	4,6	1,1
Afloramentos Rochosos	6,0	1,4
Total	419,2	100,0

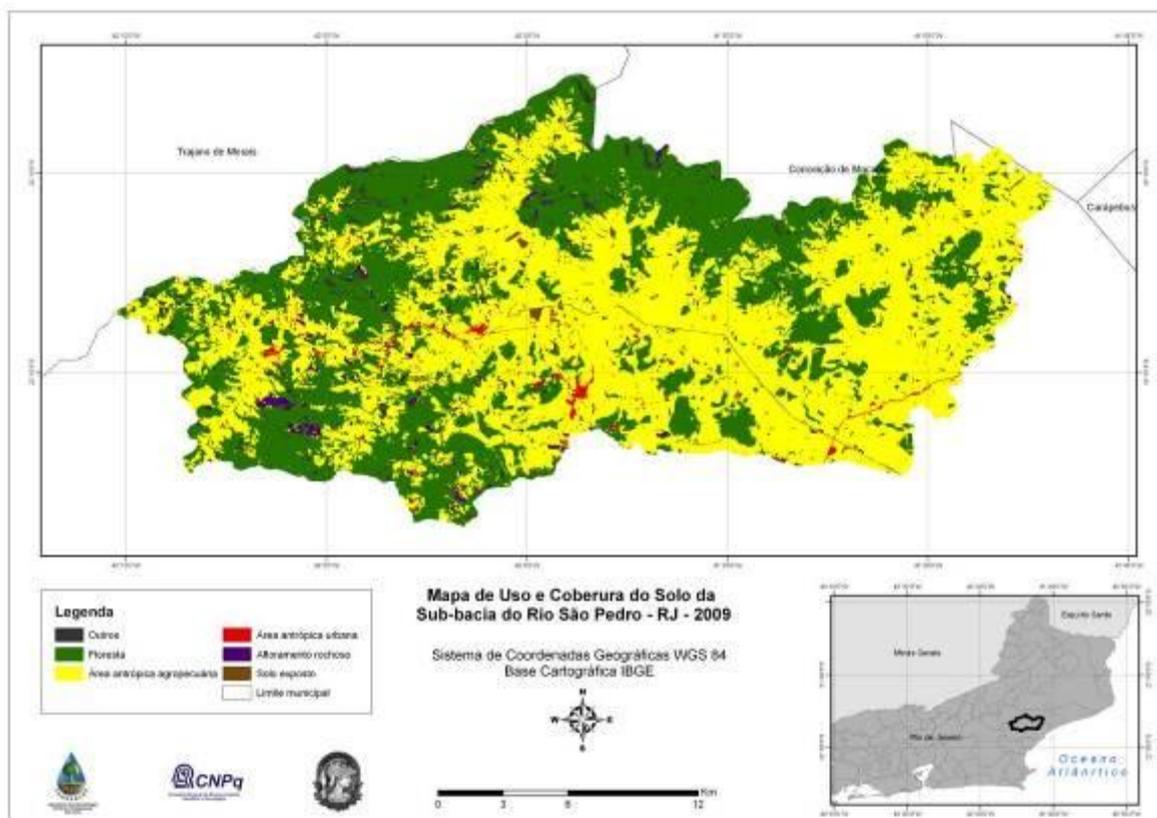


Figura 4 - Mapa de uso e cobertura do solo na sub-bacia do rio São Pedro - RJ - 2009

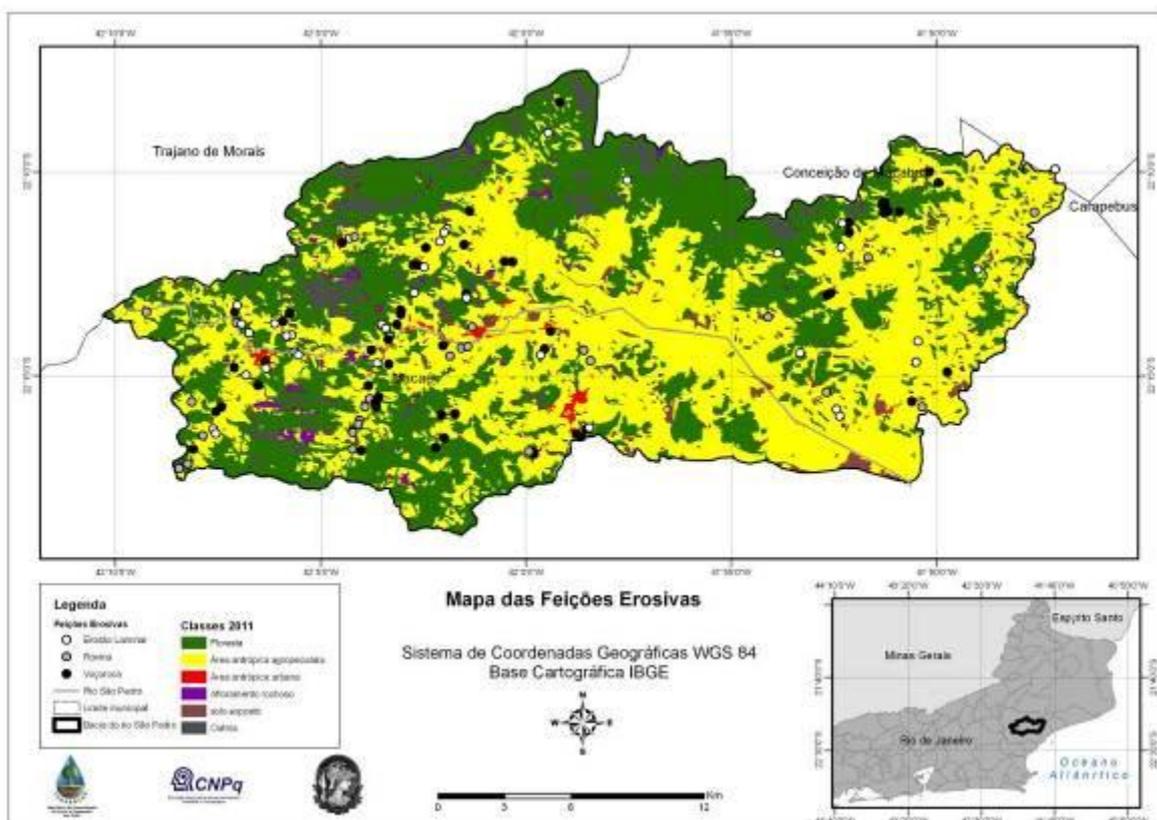


Figura 5 - Mapa de Uso e Cobertura do Solo 2011 e Feições Erosivas.

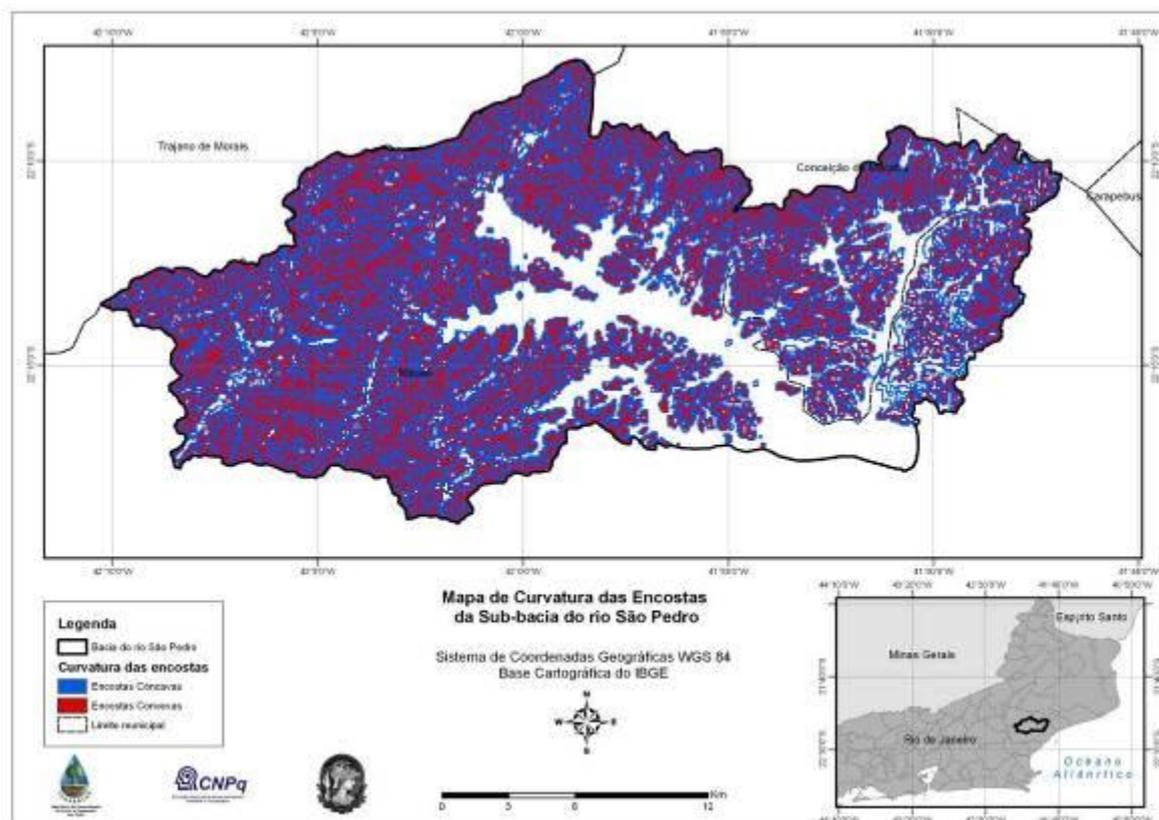


Figura 6 - Mapa de Curvaturas das Encostas da Sub-bacia do rio São Pedro.

Sobrepondo as feições erosivas ao mapa de curvatura das encostas (**Figura 6**), observou-se que a ocorrência de características erosivas encontra-se predominantemente sobre as encostas de formas côncavas, com aproximadamente 70% de concentração. Quando analisada sobre o mapa de declividade das encostas (**Figura 7**), as feições erosivas destacaram-se nos intervalos de 0-3°, 8-20° e 20-45°. Este padrão foi encontrado em todos os tipos de feições erosivas, sendo destaque a classe de 8-20° com 25 voçorocas e a classe 0-3° com 17 erosões laminares. A tabela 4 demonstra detalhadamente o número de feições erosivas por tipo e intervalo de declividade.

Tabela 4

Tipo de Feição Erosiva por Intervalo de Declividade			
Declividade/Tipo	Erosão Laminar	Ravina	Voçoroca
0-3°	17	7	16
3-8°	0	1	1
8-20°	7	9	25
20-45°	13	7	20
>45°	0	1	0

Salomão (1994) encontrou resultados semelhantes ao realizar estudos nas colinas médias do Platô de Bauru (SP), onde as voçorocas ocorrem nas declividades de 5° a 11° das encostas com menos de 500 m de comprimento no terço inferior das vertentes a partir da ruptura dos declives e em cabeceiras de drenagem e as ravinas nas porções intermediárias onde as declividades concentram águas superficiais. Castro (2005) encontrou na alta bacia do rio Araguaia voçorocas de pequeno e médio porte em cabeceiras de drenagem concavizadas de 700 a 3000 m em declives de até 7°. Meis, *et al.* (1985) encontraram resultados de 65% de voçorocas ativas em áreas côncavas no Médio Vale do Paraíba do Sul. Stabile e Vieira (2009) acharam picos de concentração de erosão em encostas de 8° a 15° em Piratininga (SP).

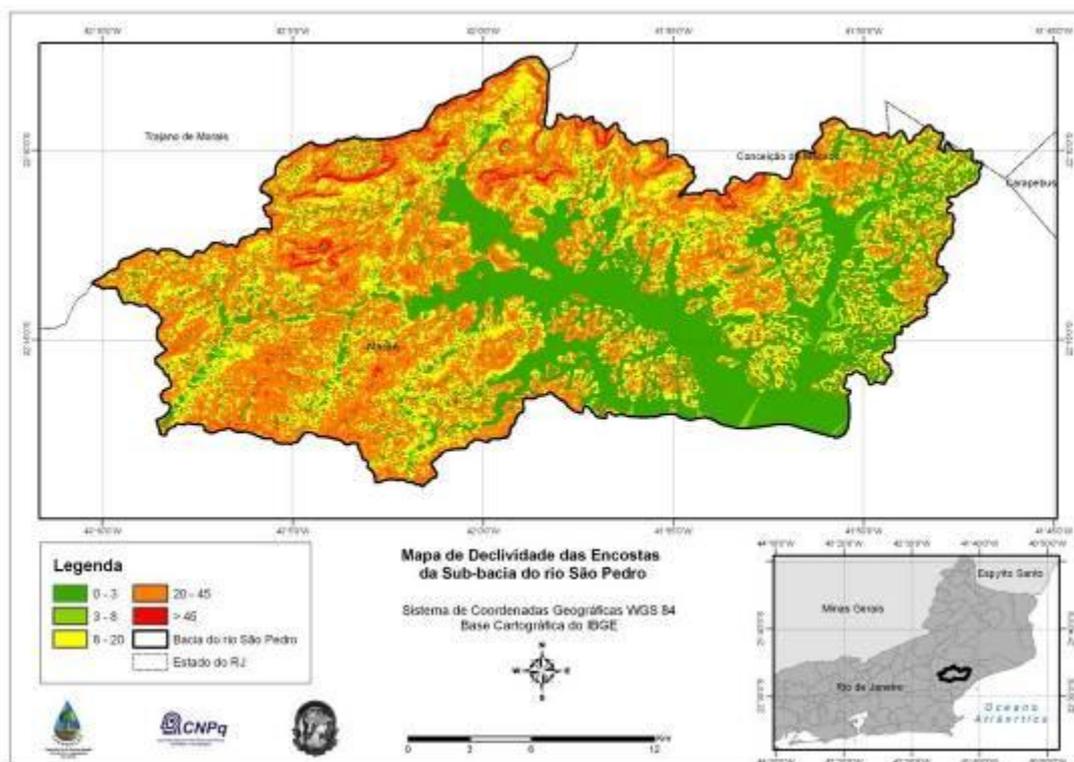


Figura 7 - Mapa de Declividade das Encostas da Sub-bacia do rio São Pedro.

CONCLUSÕES

Os mapas de uso e cobertura demonstram que realmente houve aumento no desmatamento e avanço nas áreas destinadas à pastagem e à agricultura. Entretanto a análise da localização das feições erosivas só pode ser feito por uma perspectiva atual, devido à impossibilidade de obtenção de uma imagem mais antiga com maior poder de detalhamento da área, onde pudessem ser identificadas formas erosivas.

A análise do estágio atual de degradação permitiu inferir que a bacia do rio São Pedro encontra-se bem degradada, com mais de 100 pontos críticos em relação aos processos erosivos. A imagem fundida dos sensores AVNIR-2 e PRISM do satélite ALOS permitiu a identificação somente das feições maiores, na sua grande maioria voçorocas de grandes extensões. Neste sentido foi indispensável à ida a campo bem como o auxílio do *Google Earth* como ferramenta de apoio na visualização das feições mais isoladas da bacia.

O acompanhamento e a identificação de feições erosivas por sensoriamento remoto exigem imagens de resolução espacial em torno de um metro, bem como maior periodicidade de imageamento. Como os sensores mais detalhados estão em operação há mais ou menos uma década, a pesquisa com essa finalidade demandará ainda alguns anos para que se possam alcançar resultados mais satisfatórios.

A sub-bacia do rio São Pedro precisa de atenção especial quanto ao manejo de seus recursos naturais, principalmente no que concerne ao uso incorreto de áreas de encostas para pastagens e pela crescente pressão urbana estimulada pelo turismo. Práticas conservacionistas de manejo do solo devem ser adotadas, sendo feita uma redistribuição dos rebanhos, correção da fertilidade do solo e principalmente o replantio de mudas pioneiras e nativas a fim de recuperar as áreas já degradadas ou inadequadas ao uso agropecuário.

REFERÊNCIAS

- ALOS. Disponível em <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/alos.htm>. Acessado em 22/12/2011.
- CARVALHO FILHO, A. *et al.* (2000). **Os Solos do Estado do Rio de Janeiro**. In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. 2001. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.
- CASTRO, S. S. (2005). Erosão Hídrica na Alta Bacia do Rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. In: **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo (SP), n. 17, p.38-60.
- CASTRO, U. N.; NEVES, S. R. A.; SILVA, L. F. T. C.; MENDES, S. P.; GUERRA, A. J. T. (2010). Mapeamento de feições erosivas e cicatrizes de escorregamento por unidades de relevo na sub-bacia do rio Sana (Macaé-RJ). In: **Revista de Geografia da UFPE, V. 27, 2010**. Recife: UFPE. p 18-30.
- CENSO (2010). IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em 04/01/2012.
- COTRIM, L. R. de A. (2004). **Caracterização Geomorfológica e Problemas Ambientais na Sub-bacia do rio São Pedro (RJ)**. Monografia de Graduação, UFRJ: Rio de Janeiro. 38p.
- SILVA, I.C.; CUNHA, H.C.S. (Orgs.). (2001). **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro**. 2ª edição. Brasília: CPRM. 1 CD-ROM.
- CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (2006). Degradação Ambiental. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente. Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (orgs.)**. 7ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p.337-379.
- DANTAS, M.E. (2000). **Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro**. Projeto Rio de Janeiro. Brasília: CPRM. 1 CD-ROM.
- GUERRA, A.J.T. (1991a). **Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content**. Tese de Doutorado. Londres: Universidade de Londres. 441 p.

GUERRA, A.J.T. (1991b). Avaliação da influência das propriedades do solo na erosão com base em experimentos utilizando um simulador de chuvas. **In: Anais do IV Simpósio de Geografia Física Aplicada**. Porto Alegre: UFRGS, p.260-266.

GUERRA, A. J. T. (2007). Processos erosivos nas encostas. **In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. A. J. T. Guerra; S. B. Cunha (Orgs.). 7ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.149-209.

GUERRA, A. J. T.; NEVES, S. R. A.; SANTOS, L. B.; LIMA, L. D. M. (2009). Análise integrada da erosão em áreas de pastagem na bacia hidrográfica do rio Macaé/RJ. **In: 8º Simpósio Nacional de Controle de Erosão (ANAIS)**. São Paulo - SP. CD-ROM.

LANDSAT. Disponível em <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>. Acessado em 22/12/2011.

LANDSAT. Download das imagens, disponível em: http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/index_pt.php. Acessado em 22/12/2011.

LIMA, L. D. M. (2008). **Suscetibilidade à erosão dos solos nas sub-bacias do médio e alto cursos da bacia do rio Macaé/RJ**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 172p.

LIMA, F. S. (2010). **Análise da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Boa Esperança – Nova Friburgo (RJ)**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Programa de Pós Graduação em Geografia - PPGG-UFRJ. 128p

MORGAN, R. P. C. (1986). **Soil Erosion and Conservation**. Longman Group, Inglaterra, 298p.

MARÇAL, M. S.; LUZ, L. M. (2003). Planejamento e Gestão da Bacia do Rio Macaé - Litoral Norte Fluminense com base em estudos integrados de Geomorfologia e Uso do Solo. **In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (Anais)**. Recife.

MEIS, M. R. M.; COELHO NETTO, A. L.; MOURA, J. R. S. (1985). As Descontinuidades das Formações Coluviais como Condicionantes dos Processos Hidrológicos e da Erosão Linear Acelerada. **In: SIMPÓSIO NACIONAL DE**

CONTROLE DE EROSÃO (Anais). Maringá: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE, p.179-189.

MOTÉ, F.O. (2008). **Definição de Unidades de Paisagem na Bacia do Rio Macaé (RJ) como Proposta Metodológica ao Planejamento Ambiental.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFRJ. 110p.

NASCIMENTO, F. J. B.; HINGEL, R. de L.; SOUSA, P. A. de; MARÇAL, M. S. (2010). Caracterização espaço-temporal das chuvas associada às vazões na bacia do rio Macaé - RJ. **In: IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (Anais).** Fortaleza: UFC. CD-ROM.

NEVES, S. R. A. (2011). **Diagnóstico de degradação dos solos por erosão no médio curso da sub-bacia do rio São Pedro – Macaé (RJ).** Monografia. Rio de Janeiro: UFRJ. 71 p.

PROJETO RADAMBRASIL. (1983). Programa de Desenvolvimento Nacional. Levantamento de Recursos Naturais. **Folha SF-23.** Rio de Janeiro. IBGE.

SALOMÃO, F. X. T. (1994). **Processos Erosivos em Bauru (SP): Regionalização Cartográfica Aplicada ao Controle Preventivo Urbano e Rural.** Tese de Doutorado. São Paulo: USP. 200p.

SELBY, M. J. (1993). **Hillslope Materials and Processes.** 2ª edição. Oxford: University Press, Inglaterra. 451 pp.

SILVA, F .F.; LOUREIRO, H. A. S.; LIMA, L. D. M.; CASTRO, U. N.; BEZERRA, J. F. R.; LIMA, F. S. (2009). O processo erosivo em topossequência de uma encosta situada no alto curso da bacia do rio Sana, Macaé/RJ. **In: 8º Simpósio Nacional de Controle de Erosão (Anais).** São Paulo. CD-ROM.

STABILE, R. A.; VIEIRA, B. C. (2009). O papel do ângulo da encosta e da forma das vertentes na distribuição das feições erosivas da bacia Água da Faca. Piratininga, SP. **In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.