

Análise Multitemporal do Uso e Cobertura da Terra e Potencial de Degradação do Solo na Microbacia do Córrego Laranja Azeda - Município de Pereira Barreto, SP

Multitemporal Analysis of Land Use and Coverage and Potential of Soil Degradation in Microbacy of Stream Laranja Azeda – City of Pereira Barreto, SP

Análisis Multitemporal del Uso y Cobertura de La Tierra y Potencial de Degradación del Suelo en la Microbacia del Córrego Laranja Azeda – Condado de Pereira Barreto, SP

Elisa Ferreira Bertão

Engenheira Civil, UNESP, Brasil
e.fbertao@gmail.com

Amanda de Moraes Ricardi

Engenheira Civil, UNESP, Brasil.
amandademricardi@gmail.com

César Gustavo da Rocha Lima

Professor Doutor, UNESP, Brasil.
cesar.lima@unesp.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo mapear e analisar a evolução do potencial de suscetibilidade a degradação do solo sob influência do uso e cobertura da terra, entre 1995 a 2015, na microbacia do Córrego Laranja Azeda, município de Pereira Barreto - SP. Para tanto, utilizou-se de técnicas de sensoriamento remoto e álgebra de mapas processadas em ambiente SIG. A área da microbacia apresenta dois tipos de solos, Latossolo vermelho-amarelo e Argissolo vermelho-amarelo, e quatro unidades litoestratigráficas, sendo as seguintes formações: Vale do Rio Peixe, Serra Geral, Santo Anastácio e Rio Paraná. Considerou-se cinco classes de declividade e quatro classes temáticas de uso e cobertura da terra: área urbana, solo (exposto), mata e agricultura, além da inserção das áreas de reservatório da U.H.E. de Três Irmãos. A ponderação entre essas informações gerou os mapas temáticos de potencial à degradação da área estudada. Os resultados mostraram que houve um crescimento das áreas de alta suscetibilidade ao longo dos anos estudados, atingindo 16,28% em 2015, concentradas a nordeste do mapa. Se for considerada apenas os aspectos físicos do meio, as áreas mais suscetíveis representaram 35,64%, tendo como fator fundamental o tipo de solo. Tal fato mostrou que a ocupação da microbacia é fator de grande peso tanto para o aumento quanto para diminuição do potencial a suscetibilidade. As áreas de maior suscetibilidade, a norte da microbacia, devem ser alvos de planejamento específico quanto ao uso e ocupação e de acordo com as características físicas do meio.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Informação Geográfica (SIG), potencial de suscetibilidade ambiental, microbacia hidrográfica, álgebra de mapas

The present work aimed to map and analyze the evolution of susceptibility potential to soil degradation under the influence of land use and cover, between 1995 and 2015, in the watershed of Laranja Azeda stream, in the county of Pereira Barreto, SP, Brazil. For that, we used remote sensing and map algebra techniques processed in a GIS environment. The watershed area presents two types of soils, Red-yellow Latosol and Red-yellow Argisol, and four lithostratigraphic units, being the following formations: Vale do Rio Peixe, Serra Geral, Santo Anastácio and Rio Paraná. It was considered five classes of slope and four thematic land use and coverage classes: urban area, soil (exposed), forest and agriculture, besides the insertion of the Três Irmãos Hydroelectric Power Plant. The weighting between this information generated the thematic potential to the degradation maps of the studied area. The results showed that there was a growth of areas of high susceptibility over the years studied, reaching 16.28% in 2015, concentrated to the northeast of the map. If only the physical aspects of the environment were considered, the most susceptible areas represented 35.64%, having as fundamental factor the type of soil. This fact showed that the occupation of the watershed is a great factor both for the increase and for the decrease of the potential susceptibility. The most susceptible areas to the north of the watershed should be specific planning targets for use and occupation and according to the physical characteristics of the environment.

KEYWORDS: Geographic Information System (GIS), environmental susceptibility potential, watershed, algebra maps

El presente trabajo objetivó mapear y analizar la evolución del potencial de susceptibilidad a la degradación del suelo bajo la influencia del uso y cobertura de la tierra, entre 1995 a 2015, en la microcuenca del Córrego Naranja Azeda, municipio de Pereira Barreto - SP. Para ello, se utilizó técnicas de sensorización remota y álgebra de mapas procesados en ambiente SIG. El área de la microbacia presenta dos tipos de suelos, Latosol rojo-amarillo y Argisol rojo-amarillo, y cuatro unidades litoestratigráficas, siendo las siguientes formaciones: Valle del Río Peixe, Serra Geral, Santo Anastácio y Río Paraná. Se consideró cinco clases de declividad y cuatro clases temáticas de uso y cobertura de la tierra: área urbana, suelo (expuesto), mata y agricultura, además de la inserción de las áreas de reservorio de la U.H.E. de Tres Hermanos. La ponderación entre estas informaciones generó los mapas temáticos de potencial a la degradación del área estudiada. Los resultados mostraron que hubo un crecimiento de las áreas de alta susceptibilidad a lo largo de los años estudiados, alcanzando el 16,28% en 2015, concentradas al noreste del mapa. Si se considera sólo los aspectos físicos del medio, las áreas más susceptibles representaron el 35,64%, teniendo como factor fundamental el tipo de suelo. Este hecho mostró que la ocupación de la microcuenca es un factor de gran peso tanto para el aumento como para la disminución del potencial a la susceptibilidad. Las áreas de mayor susceptibilidad, al norte de la microcuenca deben ser blancos de planificación específica en cuanto al uso y ocupación y de acuerdo con las características físicas del medio.

PALABRAS CLAVE: Sistema de Información Geográfica (SIG), potencial de susceptibilidad ambiental, microcuenca, álgebra de mapas

INTRODUÇÃO

À medida que o homem conquista novos espaços para criar raízes e construir sua identidade em determinado lugar, ele promove mudanças na paisagem (PASSOS *et al.*, 2015). A significativa modificação da paisagem nas últimas décadas, acompanhada de crescente urbanização, assim como das atividades industriais, agrícolas e de mineração causa no meio acadêmico uma constante preocupação com o aumento da deterioração ambiental.

Segundo Rodríguez (2000) a influência do homem no meio ambiente tem se tornado problemática para a preservação e conservação dos recursos naturais. Portanto, o estudo das alterações ocorridas ao longo dos anos tem sido de grande importância para a compreensão dos processos que degradam o meio ambiente.

Para estudar a dinâmica da paisagem de determinada área, é necessário fazer o mapeamento das características físicas naturais do meio, bem como dos padrões de uso e cobertura da terra, separando-os em funções de características médias, a fim de avaliar como cada elemento da paisagem se relaciona com o outro espacial e temporalmente (ALTMANN *et al.*, 2009).

A análise e quantificação do uso e ocupação da terra ainda tem importância, pois além de permitir a avaliação de alterações causadas pelo homem, fornece também informações essenciais para o manejo eficiente de recursos naturais, o que favorece o surgimento de instrumentos para a previsão de safras, avaliação de cobertura florestal, determinação de novas áreas de expansão agrícola e outras (GIOTTO, 1981; SANTOS e PETRONZIO, 2011).

Embora os processos de degradação do solo sejam estudados em vários locais, seus mecanismos ativadores e as condições predisponentes, são variáveis específicas para cada região, dependentes de fatores naturais, tais como o clima, relevo, substrato rochoso, solos e cobertura vegetal. As atividades humanas também podem desempenhar papel fundamental e são avaliadas por meio de estudos de ocupação e uso da terra (SILVEIRA; PEJON, 2005).

A elaboração de cartas de suscetibilidade é um mecanismo comum para avaliar o potencial de ocorrência do processo de degradação em uma microbacia e geralmente leva em conta os seguintes atributos: solo, rocha, formas de relevo, e uso e ocupação do solo (PONS *et al.*, 2007).

Os solos podem ser mais ou menos suscetíveis, dependendo de fatores como a pedofoma, textura, teor de matéria orgânica e as técnicas de preparo e de cultivo (ALVARENGA; SOUZA, 1997). Assim, diferentes tipos de solo podem apresentar susceptibilidades diferentes à degradação, mesmo em condições de declividade e uso semelhantes (BERTONI; NETO, 1985). No Quadro 1 pode-se observar uma exemplificação da fragilidade para solos conforme Ross (1994).

Quadro 1: Classes de fragilidade dos tipos de solos

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
Muito baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
Forte	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/arenosa e Cambiossolos
Muito forte	Podzolizados com cascalhos, Litólicos e Areias Quartzosas

Fonte: ROSS, 1994.

A principal característica do relevo que influencia o processo de degradação é a declividade, que se refere à inclinação da superfície do terreno em relação ao seu plano horizontal. Lepsch *et al.* (1991) apresentam uma classificação do relevo a partir da declividade, conforme os intervalos de inclinação expressos na Tabela 1.

Tabela 1: Classes do Relevo conforme Intervalos de Inclinação

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos
Suave ondulado	0-2
Moderadamente ondulado	2-5
Ondulado	5-10
Forte ondulado	10-15
Montanhoso	15-45
Escarpado	45-70
Suave ondulado	70-100

Fonte: Adaptado de LEPSCH *et al.*, 1991.

A Tabela 2 traz indicações adequadas, segundo Cunha e Guerra (1998), de uso da terra na agricultura de acordo com a classe de declive presente no local.

Tabela 2: Tipos de uso indicado para diversos intervalos de classe de declive

Intervalos de Classe de Declive	Tipos de Uso da Terra Indicado
< 1	Agricultura sem restrições
1 a 6	Medidas de conservação ligeiras Agricultura intensiva
6 a 12	Agriculturas com práticas moderadas conservacionistas
12 a 20	Agricultura com rotação limite do trator Conservação intensa
20 a 45	Culturas permanentes com restrições
> 45	Área de preservação obrigatória por lei

Fonte: Adaptado de CUNHA e GUERRA, 1998.

As características do relevo são um fator importante a ser considerado na análise de degradação dos solos e sua ocupação indevida, além de causar impactos ambientais, pode causar acidentes, como escorregamentos e deslizamentos (LIMA, 2004).

Para Macagnan e Troppmair (1997), a intensidade da degradação do local também dependerá do grau de cobertura vegetal e seu tipo. Nishiyama (1995) afirma que a substituição da

vegetação nativa por outro tipo não tem a mesma eficiência e pode até favorecer o processo de degradação. Assim, no Quadro 2 apresenta uma visão segundo Ross (1994) dos graus de proteção para cada tipo de cobertura vegetal.

Quadro 2: Graus de proteção por tipos de cobertura vegetal

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
Muito alta	Florestas/matias naturais; Florestas cultivadas com biodiversidade.
Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso; Formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa); Mata homogênea de Pinus densa; Pastagens cultivadas sem pisoteio de gado; Cultivo de ciclo longo como o cacau.
Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café; Laranja com forrageiras entre as ruas; Pastagens com baixo pisoteio; Silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta-do-reino, laranja) com solo exposto entre ruas; Culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível/terraceamento.
Muito baixa a nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

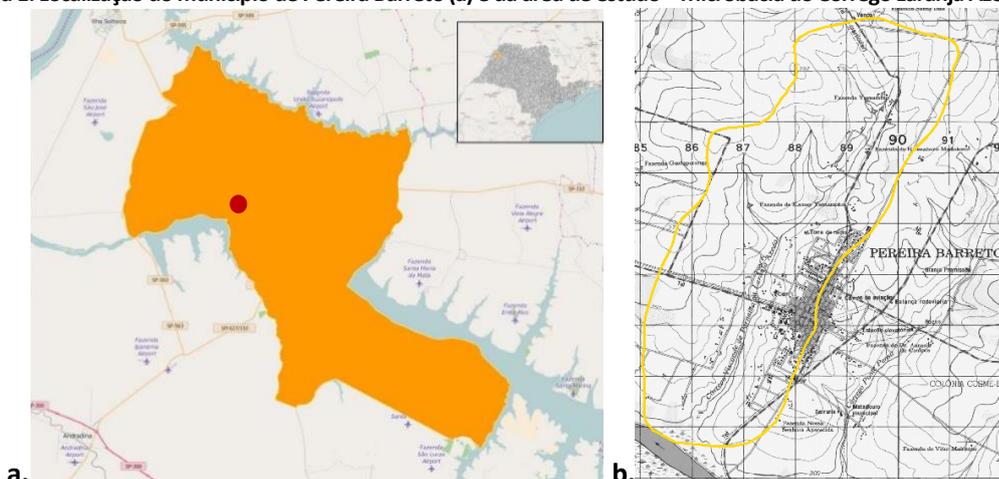
Fonte: ROSS, 1994.

Para estudar os impactos ambientais, tecnologias como às técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento têm alcançado considerável progresso na integração de dados geográficos, incluindo a proposição e implementação de modelos matemáticos aplicados a processos ambientais. Os sistemas dessas tecnologias, denominados Sistemas de Informação Geográfica (SIG), são capazes de capturar, modelar, manipular, recuperar, analisar e apresentar dados referenciados geograficamente (WORBOYS, 2004). Esses SIGs são capazes de reunir grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os adequadamente (FILHO; IOCHPE, 1996).

1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho teve como local de estudo a área da microbacia do córrego Laranja Azeda, localizada no município de Pereira Barreto, SP (Figura 1). Os limites da microbacia em questão são dados pelo quadrante que se localiza entre as seguintes coordenadas geográficas: 20°34'13" e 20°39'55" de latitude S, e 51°04'47" e 51°08'15" de longitude O. A microbacia abrange grande parte da área urbana do município e tem aproximadamente 2100 ha.

Figura 1: Localização do município de Pereira Barreto (a) e da área de estudo – Microbacia do Córrego Laranja Azeda (b)



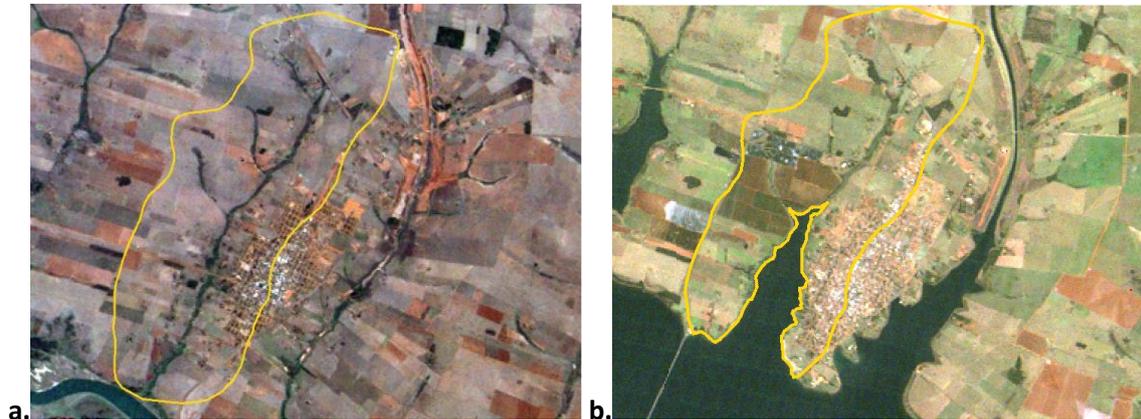
a) Limite do município e localização da área de estudo; b) Microbacia do córrego Laranja Azeda
Fonte: Adaptado de IBGE/Cidades, 2017.

O município de Pereira Barreto está localizado na região noroeste do estado de São Paulo e tem sede urbana entre as coordenadas geográficas $20^{\circ}38'28''$ de latitude S e $51^{\circ}06'26''$ de longitude O (IBGE, 2017). Possui uma área física de aproximadamente $974,24 \text{ km}^2$, e tem como municípios limítrofes: Andradina, Araçatuba, Guaraçai, Ilha Solteira, Itapura, Mirandópolis, Santo Antônio do Aracanguá, Sud Mennucci e Suzanápolis. Sua população foi estimada em 25.779 habitantes em 2016 e sua altitude média é de 347 metros (IBGE, 2017).

O município é banhado predominantemente pelo rio Tietê e seus tributários cortando a área do município praticamente ao meio, e a norte o município também é banhado parcialmente pelo rio São José dos Dourados. Segundo dados do IBGE (2017), a base da economia do município de Pereira Barreto é predominantemente agro-comercial com poucas propriedades de grande porte e, mais recentemente, agroindustrial canavieira, uma vez que em meados de 2004 a instalação da Usina de açúcar e Álcool “Santa Adélia” impulsionou esta atividade nas áreas rurais do município.

Foi estudada a evolução do uso e ocupação da terra e o potencial de suscetibilidade de degradação do solo na microbacia nos anos de 1995, 2005 e 2015. Quanto ao período estudado, uma ressalva que se deve fazer quanto à área é que nos anos 90, a construção Usina Hidroelétrica de Três Irmãos no rio Tietê foi concluída, o que causou a inundação de grande quantidade de área e modificou os limites originais da microbacia do córrego Laranja Azeda (Figura 2). Foge aos objetivos do estudo caracterizar a evolução dos limites da microbacia. Portanto, para efeitos de comparação, foi adotado apenas o período posterior a esse período (mudanças nos últimos 20 anos), considerando a área de inundação do reservatório como um recorte a parte, analisando apenas as variações de ocupação da terra.

Figura 2: Córrego Laranja Azeda antes da construção da U.H.E. Três Irmãos (a) e mapa de 2005 com o limite utilizado para o estudo (b).



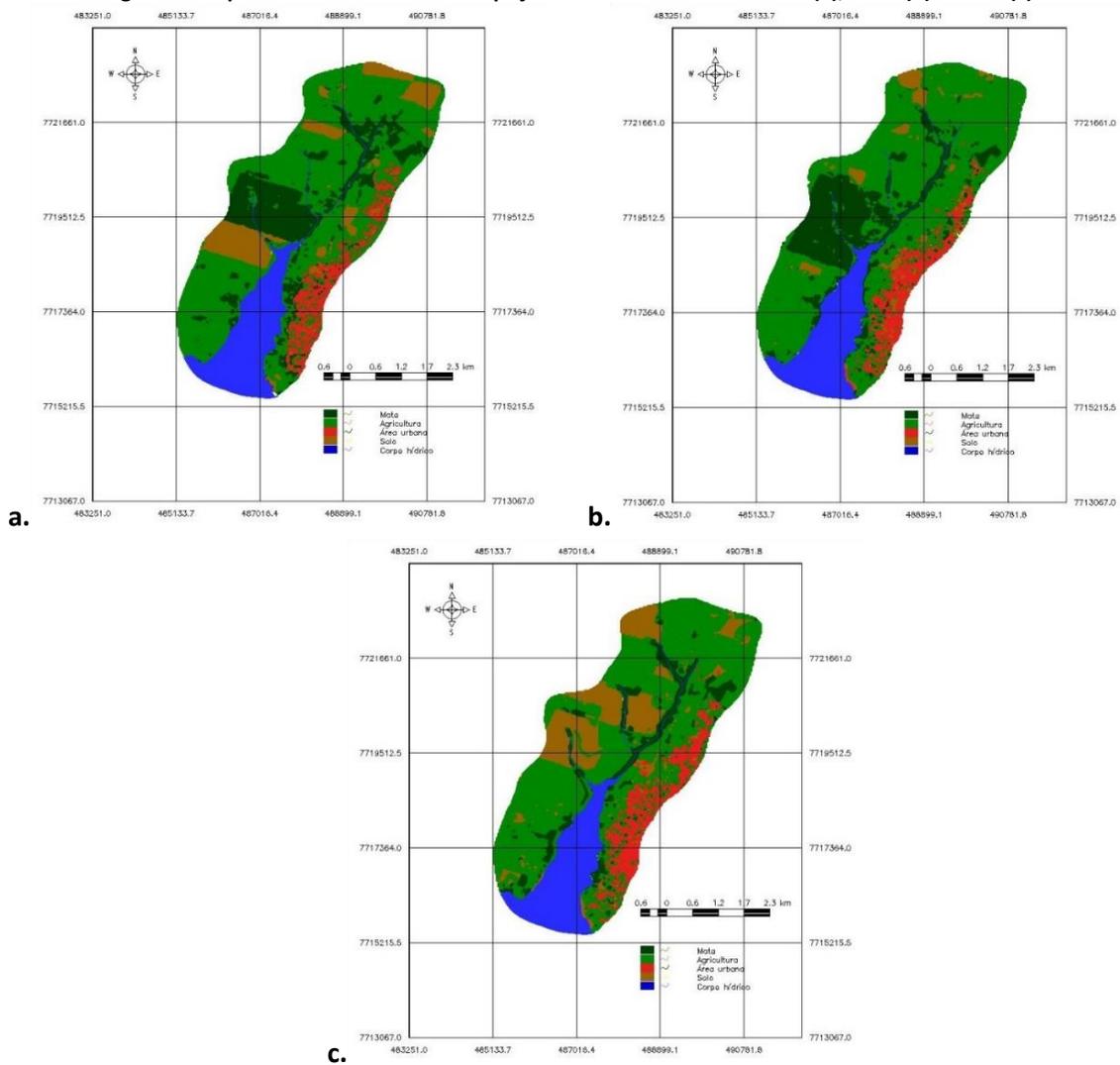
Fonte: Adaptado de INPE, 2019.

1.2 USO E COBERTURA DA TERRA

A evolução do uso e cobertura da terra foi feita apenas na área de interesse de estudo, de acordo com a Figura 2b. Os mapas finais são apresentados na Figura 3a, b, c. O processo de classificação é descrito com maiores detalhes no capítulo metodologia.

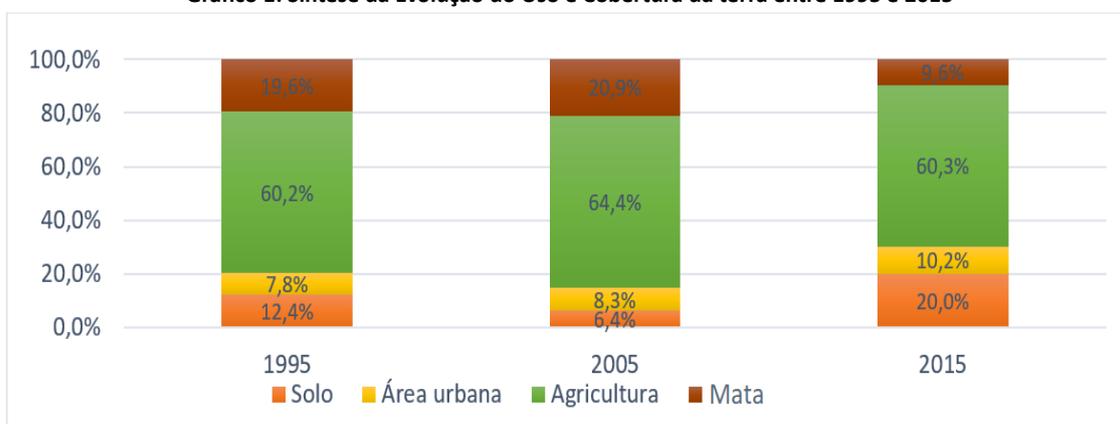
Com base nesses mapas (Figura 3a, b, c) foi realizado a quantificação de classes de uso e cobertura da terra conforme dados apresentados no Gráfico 1.

Figura 3: Mapas temáticos de uso e ocupação do solo dos anos de 1995 (a), 2005 (b) e 2015 (c).



Fonte: Organizado pelo autor.

Gráfico 1: Síntese da Evolução do Uso e Cobertura da terra entre 1995 e 2015



Fonte: Organizado pelo autor.

A análise do Gráfico 1 evidencia que, entre os anos de 1995 e 2015, a área urbana teve um aumento considerável, acompanhando o crescimento da população ao longo do período analisado, conforme dados de censo do IBGE apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Evolução Populacional do Município de Pereira Barreto, SP.

Ano	Habitantes
1996	25.250
2000	25.028
2007	24.220
2010	24.962
2017 (estimado)	25.790

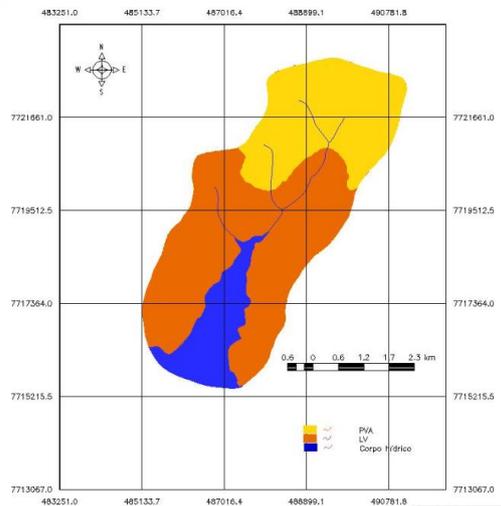
Fonte: Adaptado de IBGE, 2017.

As variações de área de mata, solo exposto e agricultura estão diretamente ligadas; nota-se que a diminuição de área de solo exposto é acompanhada pelo aumento da área agrícola entre os anos de 1995 e 2005 e, entre os anos de 2005 e 2015, o aumento da área de solo acompanha a redução das áreas de vegetação nativa e agrícola.

1.3 SOLOS

A área de estudo é caracterizada pela presença de dois tipos de solo: Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), conforme a distribuição apresentada na Figura 4 e Tabela 4.

Figura 4: Mapa dos Solos na Microbacia



Fonte: Adaptado de OHATA, 2015 – DATAGEO;

Tabela 4: Distribuição dos Solos na Microbacia

Solo	Área (km ²)	%
LV	13,41	63,78
PVA	7,62	36,22
Total	21,03	100

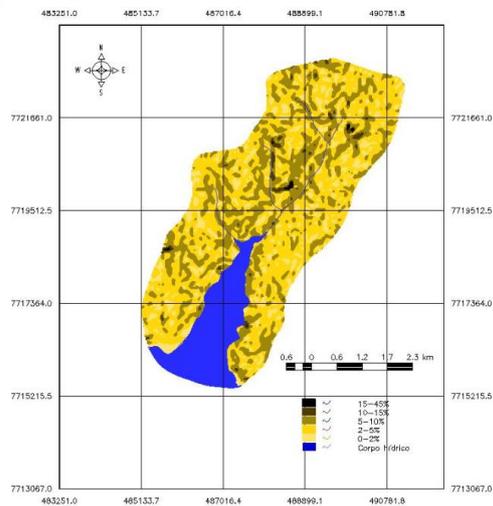
Fonte: Organizado pelo autor

Os Latossolos Vermelho-Amarelos (LV) podem ser encontrados, segundo a Embrapa (2017), em extensas áreas em todo o território nacional, associados aos vários tipos de relevos, desde plano até ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados e são muito profundos e uniformes em cor, textura e estrutura em profundidade. São muito utilizados para a agropecuária. A classe dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) está presente em todo o território nacional, constituindo uma das classes de solos mais extensas do Brasil, ao lado dos Latossolos. Ocorrem em áreas de relevos mais acidentados em relação aos Latossolos. Suas principais restrições estão ligadas à fertilidade e suscetibilidade à erosão (EMBRAPA, 2017).

1.4 DECLIVIDADE

A declividade da microbacia foi classificada de acordo com os intervalos apresentados no Tabela 1, no capítulo de Revisão Bibliográfica. A metodologia utilizada para gerar o mapa de declividade, apresentada na Figura 5 e Tabela 5, será apresentada no capítulo Metodologia.

Figura 5: Mapa Temático da Declividade



Fonte: Adaptado de VALERIANO, 2004.

Tabela 5: Distribuição dos Solos na Microbasia

Classe	Declividade	Área (km ²)	%
Plano	0-2%	3,05	14,50
Suave Ondulado	2-5%	11,55	54,92
Moderadamente Ondulado	5-10%	6,10	29,01
Ondulado	10-15%	0,30	1,43
Fonte Ondulado	15-45%	0,03	0,14
Total		21,03	100

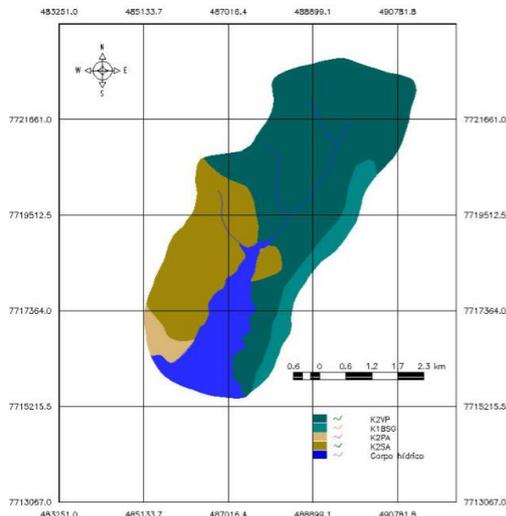
Fonte: Organizado pelo autor

Nota-se que a área apresenta a maioria do relevo de plano a moderadamente ondulado e uma pequena parcela com declividade mais acentuada. De acordo com os dados do Tabela 2, para maiores declividades são indicadas coberturas vegetais mais densas a fim de evitar processos erosivos.

1.5 GEOLOGIA

Segundo a CPRM (2006), a geologia da microbasia do Córrego Laranja Azeda é composta por quatro unidades: formação Vale do Rio Peixe (K2VP); formação Serra Geral (K1BSG); formação Santo Anastácio (K2SA); e formação Rio Paraná (K2PA), distribuídas conforme apresentado na Figura 6 e Tabela 6.

Figura 6: Mapa Temático da Geologia na Microbacia



Fonte: Adaptado de OHATA (2015) – DATAGEO.

Tabela 6: Distribuição dos Solos na Microbacia

Unidades Litoestratigráficas	Área (km ²)	%
K2VP	12,76	60,69
K1BSG	1,95	9,27
K2PA	0,60	2,85
K2SA	5,72	27,18
Total	21,03	100

Fonte: Organizado pelo autor.

2 OBJETIVO

Mapear o uso e cobertura da terra e do potencial de suscetibilidade a degradação do solo na Microbacia do Córrego Laranja Azeda, no município de Pereira Barreto-SP, entre os de 1995 a 2015, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

3 METODOLOGIA

3.1 AQUISIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

Para a elaboração dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra, foi montado no software SPRING/INPE um Bando de Dados Geográficos da área de estudo, onde foram inseridas cenas dos satélites LandSat 5 para os anos de 1995 e 2005 (bandas 1, 2, 3 e 4) e LandSat 8 para o ano de 2015 (bandas 2, 3, 4 e 5), ambas cenas com resolução espacial de 30m e dos respectivos meses de julho de cada ano (INPE, 2019).

Para cada ano, foi gerada uma imagem com a composição colorida dessas cenas (1995 e 2005: 2(B), 3(R), 4(G); e 2015: 3(B), 4(R), 5(G)) sendo posteriormente realizado a aplicação de contraste. A classificação das imagens foi feita pelo método “pixel a pixel”, classificador Maxver. Para o treinamento da classificação das imagens foram estabelecidas quatro classes temáticas de uso e cobertura a saber: 1) área urbana, 2) mata, 3) agricultura e 4) solo (exposto). Tendo em vista que as áreas de corpos hídricos nessa bacia em questão referiam-se apenas à área do reservatório, optou-se por isolar essa área (que nos mapas ficou definido como “reservatório”). Todas as classificações geradas denotaram, a partir da coleta de dados

do treinamento, um desempenho médio acima de 90%.

3.2 DECLIVIDADE

O material utilizado foi proveniente dos dados SRTM tratados/reamostrados a partir do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2004), os quais são apresentados na resolução espacial de 30m. Esses dados (em formato Geotiff) após inseridos no Banco de Dados foram convertidos em grades numéricas (regulares), sendo posteriormente processadas por meio da ferramenta “declividade” e por fim “fatiadas” (“divididas em classes” conforme Lepsch *et al.* (1991).

3.3 PONDERAÇÃO DAS CLASSES

Ao analisar as classes de cada mapa temático, percebe-se que eles serão mais ou menos propícios a sofrer com possível degradação, de acordo com as suas características. Por isso, com base nas informações já apresentadas na introdução deste estudo, a cada classe dos fatores estudados, foi atribuído um valor de acordo com seu grau de influência no potencial de suscetibilidade à degradação, sendo eles: alto (3), médio (2) ou baixo (1). Esses valores são apresentados nas Tabelas 7a, b, c, d.

Tabela 7: Distribuição dos Solos na Microbacia

Uso e Ocupação	Valor	Solo	Valor	Declividade (%)	Valor	Geologia	Valor
Corpo Hídrico	1			0-2	1	K1BSG	1
Mata	1	LV	1	2-5	1	K2SA	3
Agricultura	2	PVA	3	5-10	2	K2PA	3
Solo	3			10-15	3	K2VP	3
Área Urbana	3			15-45	3		
(a)		(b)		(c)		(d)	

Fonte: Organizado pelo autor.

3.4 OPERAÇÕES DE ÁLGEBRA DE MAPAS (LEGAL)

Para a carta final de suscetibilidade à degradação, utilizou-se da ferramenta de Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico do Software Spring (LEGAL). Por meio dessa ferramenta elaborou-se um algoritmo simples base para cruzamento dos pesos atribuídos as diferentes classes de cada um dos mapas temáticos os quais foram posteriormente ponderados. Tendo em vista que foram estabelecidas três classes de suscetibilidade: baixa, média e alta, com valores definidos pela soma das ponderações dos quatro fatores analisado, as combinações possíveis irão variar de um somatório mínimo de 4 e máximo de 12. Portanto, foram estabelecidos intervalos para cada classe de suscetibilidade para o mapa final o qual é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8: Intervalos de valores para as respectivas classes de susceptibilidade

Susceptibilidade	Mínimo	Máximo
Baixa	4	6
Média	7	9
Alta	10	12

Fonte: Organizado pelo autor.

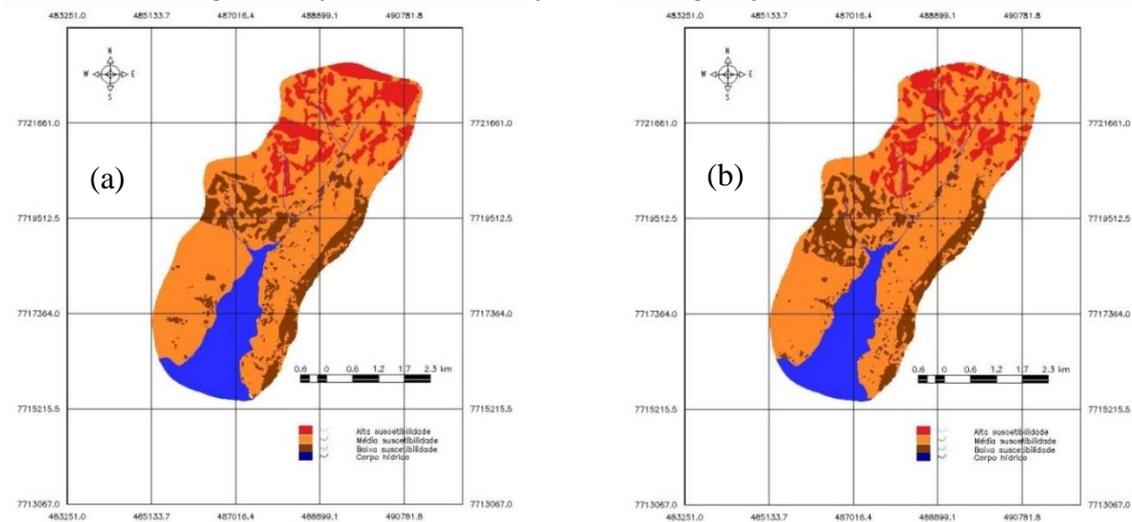
Ainda como critério de auxílio às discussões sobre os resultados da ação antrópica no meio ambiente, foi gerado um mapa de potencial de suscetibilidade da microbacia do córrego Laranja Azeda utilizando apenas os fatores físicos inalterados do meio (Geologia, Solos e Declividade). Por fim, os mapas foram comparados e discutidos a fim de diagnosticar a área de estudo e indicar áreas prioritárias para planejamento ambiental.

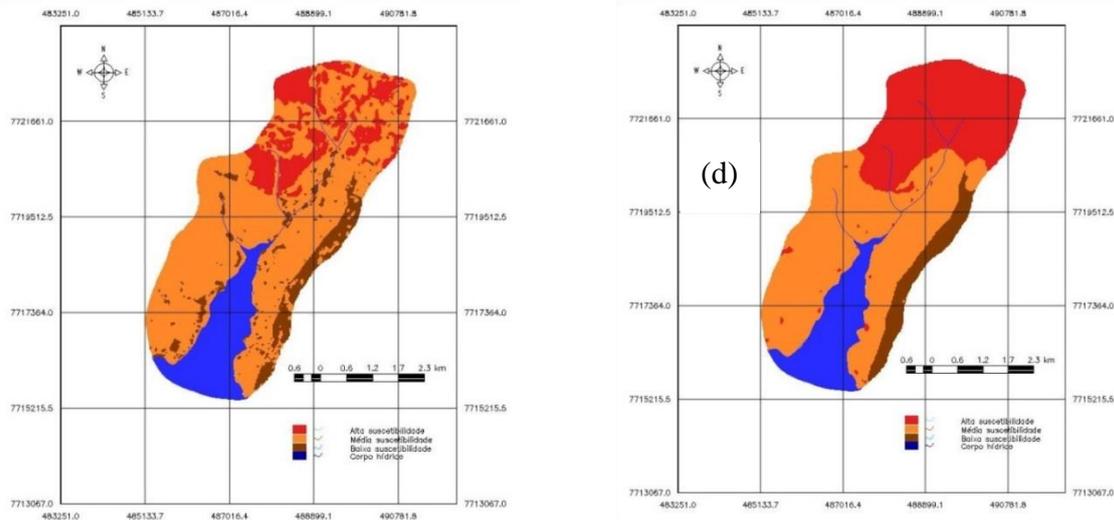
4 RESULTADOS

4.1 POTENCIAL DE SUSCETIBILIDADE À DEGRADAÇÃO ENTRE 1995-2015

Na Figura 7a,b,c,d são apresentados os mapas de potencial de suscetibilidade a degradação para área da Microbacia do Córrego Laranja Azeda para o período de 1995-2015.

Figura 7: Mapa Temático de Suscetibilidade à Degradação entre 1995-2005





Fonte: Organizado pelo autor.

Assim, na Figura 7a referente ao ano de 1995, nota-se que a maior parte da área possui média suscetibilidade e que o alto potencial está concentrado na parte superior do mapa (Norte/Nordeste). As áreas de baixa suscetibilidade se concentram em zonas de uso e ocupação urbana e de vegetação arbórea (mata). Na área urbana, isso se deve ao tipo de solo e declividade presentes, que deram peso de menor suscetibilidade; no caso da área de vegetação (mata), ela contribui para a proteção do solo.

No mapa de 2005 (Figura 7b), quando comparada com o ano de 1995, é possível perceber um aumento na área de baixa suscetibilidade, acompanhada pelo aumento na área de vegetação arbórea. Já no Mapa do ano de 2015 (Figura 7c) em comparação com o ano de 2005, nota-se que houve uma queda da área de baixa suscetibilidade, que deu lugar à média, ao mesmo tempo em que a área de vegetação arbórea passou a dar lugar a áreas de solo exposto.

Para fins de comparação, foi elaborado o mapa de suscetibilidade considerando apenas as características físicas (imutáveis a curto prazo) sem a influência do uso e cobertura da terra (Figura 7d). Assim, a partir da análise desse mapeamento em comparação com os mapas anteriormente apresentados, é possível notar o quão importante torna-se a influência da ação antrópica sobre os processos de degradação da área. Esse processo pode-se ser observado tanto como forma de ampliar ou reduzir as áreas quanto à suscetibilidade. E nesse sentido que se deve propor ou não ações que visem tornar menores os potenciais de impacto ambiental a partir do uso adequado e sustentável das áreas disponíveis na microbacia.

A Tabela 9 apresenta a evolução do potencial de processos de degradação nos anos de estudo, de 1995 a 2015, e a comparação com o cenário sem a influência das classes de uso e ocupação na suscetibilidade à degradação na microbacia do Córrego Laranja Azeda.

Tabela 9: Síntese da evolução do potencial de processos de degradação 1995 a 2015 e comparação com a suscetibilidade sem a influência do uso e cobertura da terra

Suscetibilidade	Ano/Área (km ²)			
	1995	2005	2015	Sem Uso e Ocupação
Baixa	3,34 (15,90%)	3,85 (18,32%)	2,20 (10,48%)	1,70 (8,10%)
Média	14,77 (70,25%)	14,50 (68,96)	15,40 (73,24)	11,83 (56,25%)
Alta	2,91 (13,85%)	2,67 (12,71%)	3,42 (16,28)	7,50 (35,64%)
Total	21,03	21,03	21,03	21,03

Fonte: Organizado pelo autor.

Apesar do aumento da classe de baixa suscetibilidade e diminuição das áreas de média e alta suscetibilidade entre os anos de 1995 e 2005, ao analisar a evolução como um todo, nota-se um aumento considerável dessas duas últimas classificações em detrimento da primeira, o que é uma tendência esperada devido à ocupação humana.

Da comparação dos anos de evolução com o cenário de suscetibilidade considerando apenas características físicas inalteradas do meio, percebeu-se que a área de alta suscetibilidade foi reduzida devido ao uso e ocupação, já que as áreas que tinham propensão a maior degradação foram destinadas a usos de menor agressividade, como vegetação arbórea e agrícola (culturas) o que por sua vez exerce, por menor que seja, uma melhor proteção em relação ao solo exposto ou ações causem a impermeabilização do solo. Já a faixa que apresenta baixa suscetibilidade à degradação sem a interferência do uso e ocupação, nos mapas anteriormente apresentados sofre modificações e algumas partes passam a ser de média suscetibilidade, já que essa área é de ocupação urbana, que pode acelerar os processos de degradação.

5 CONCLUSÕES

- I. A área urbana na microbacia do Córrego Laranja Azeda passou de 7,8% no ano de 1995 para 10,2% em 2015, seguindo uma tendência gradual natural de crescimento. As áreas de solo exposto, agricultura e mata tiveram variações inter-relacionadas: a diminuição das áreas de solo entre os anos de 1995 e 2005 acompanharam o crescimento das áreas de vegetação e, entre os anos de 2005 e 2015, houve um aumento considerável de solo exposto em detrimento das duas outras classes.
- II. As áreas de alta suscetibilidade representam (2015) 16,3% da área da bacia. Tais áreas estão localizadas predominantemente a nordeste do mapa. Houve, entre os anos de 1995 e 2015, um aumento dessas áreas, bem como das de média suscetibilidade, em detrimento das áreas classificadas como sendo de baixa suscetibilidade à degradação.
- III. Considerando apenas os aspectos inalteráveis (geologia, solos e declividade) pode-se dizer que a bacia apresenta menores áreas altamente suscetíveis à degradação. Observa-se que o uso e cobertura da terra é fator de grande peso no aumento das áreas menos suscetíveis

à degradação, no caso da microbacia. Isso porque as áreas mais suscetíveis foram ocupadas majoritariamente por vegetação, agrícola ou arbórea (mata). Já na região da bacia onde predomina a construção urbana, notou-se um aumento das áreas mais suscetíveis.

- IV. As áreas de maior suscetibilidade na microbacia (Região Norte-Nordeste da Bacia) devem ser alvos de planejamento e gerenciamento das atividades regionais quanto ao uso e ocupações futuros, observando as características naturais dessas, a fim de diminuir um possível impacto ambiental negativo na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTMANN, A. L.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da terra: Estudo de caso no município de Teutônia - RS - Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 03, p.273-283, 2009.

ALVARENGA, M. I. N., SOUZA, J. A. Atributos do solo e o impacto ambiental. Lavras: UFLA: FAPEA, 1997. 205 p. **Bases para a elaboração do estudo de impacto ambiental (EIA) e do relatório de impacto ao meio ambiente (RIMA)**. In: Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 12-19. Jan/fev – 2000.

BERTONI, J.; NETO, F. L. Conservação do solo. Piracicaba: **Livroceres**, 1985.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2006.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

EMBRAPA. AGEITEC - Agência Embrapa Informação Tecnológica. **Árvore do Conhecimento - Solos Tropicais**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/Abertura.html. Acesso em: Set-2017.

FILHO, J. L.; IOCHPE, C. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com ênfase em banco de dados**. Viçosa, Mg: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 48 p.

GIOTTO, E. **Aplicabilidade de Imagens RBV do LANDSAT 3 em levantamento do uso da terra no município de Tapera - RS**. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 1981.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/6N7>. Acesso em: Jan-2017.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de Imagens. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: Jan-2019.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991, 175p.

LIMA, C. G. R. **Degradação ambiental: O caso de açudes no município de Pereira Barreto - SP**. 2004. 113 f. Monografia (Curso de Geografia), UFMS, Três Lagoas, 2004.

MACAGNAN, V.L.; TROPPEMAIR, H. – **Variação da cobertura vegetal e seus reflexos na erosão superficial**. In: Simpósio Brasileiro de Geografia, 7, 1997, Curitiba. Anais... Curitiba:AGB, p. 491-1997

NISHIYAMA, L. **Erosão do Solo: uma visão integrada dos fatores e processos que condicionam o seu desenvolvimento**. São Carlos 95 p. Seminários Gerais em Geotecnia – SGS – 833, EESC/USP – 1995

OHATA, A. T. **Projeto DataGEO: avanços e desdobramentos.** São Paulo: Implantação de um Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo (IDEA-SP); Departamento de Informações Ambientais (DIA); Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA); Secretaria do Meio Ambiente (SMA), 2015.

PASSOS, F. S.; SILVA, W. C.; BRITO, V. C. **Análise temporal da cobertura vegetal:** Estudo de caso na zona urbana de Teresina. Teresina: Instituto Federal do Piauí, 2015. 12 p.

PONS N. A. D., PEJON, O. J., & ZUQUETTE, L. V. Use of Geoprocessing in the study of land degradation in urban environments: the case of the city of São Carlos, state of São Paulo, Brazil. **Environmental Geology**, 53: p.727-739 – 2007.

RODRÍGUEZ, A. C. M. **Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião - SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM - LandSat e HRV - Spot.** 2000. 85 f. Monografia (Especialização) - Curso de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

ROSS, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento. Geografia**, n.8, São Paulo, p.63-74, 1994.

SANTOS, A. B.; PETRONZIO, J. A. C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, p.6185-6192, 2011.

SILVEIRA L.L.L.; PEJON, O.J. Index properties to predict erodibility of tropical soil. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, (66): 225–236. 2007.

VALERIANO, M. M.. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis para a América do Sul.** [Dissertação]. São José do Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p. 72, 2004.

WORBOYS, M. F.; DUCKHAM, M. **GIS: A computing perspective.** Londres: CRC Press, 2004. 448 p.