

## **Mapa de Fragilidade Ambiental como auxílio para o Planejamento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos**

*Map of Environmental Fragility and aid for Urban Planning and Water Resources Management*

*Mapa de Fragilidad Ambiental y la ayuda de Gestión de Recursos de planificación urbana y de agua*

**Nádia Horiye Ferreira**

Mestranda, UNESP/FCT, Brasil.  
eng.agro.meioambiente@gmail.com

**Cláudio Augusto Bonora Vidrih Ferreira**

Mestrando, UNESP/FCT, Brasil.  
cabvidrih@uol.com.br

**Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia**

Professora Dra. UNESP/FCT, Brasil.  
icmoroz@gmail.com

**RESUMO**

O direcionamento das ações humanas no caminho da sustentabilidade requer o reconhecimento das potencialidades e fragilidades inerentes aos espaços geográficos. As consequências do modelo predatório de apropriação do espaço geográfico, poderão levar à degradação dos recursos hídricos. Assim, é cada vez mais urgente o planejamento físico-territorial não só em uma perspectiva econômico-social, mas também ambiental. A abordagem sistêmica é imprescindível para o Planejamento Ambiental e, neste sentido, é fundamental o conhecimento dos componentes físicos, bióticos e socioeconômicos, avaliados de forma integrada. Neste sentido, a utilização do geoprocessamento aplicado às análises ambientais representa uma importante ferramenta de planejamento que poderá auxiliar gestores e governantes no correto ordenamento territorial e na tomada de decisão consciente. O recorte espacial utilizado neste estudo foi a Bacia Hidrográfica do Córrego do Veado, no município de Presidente Prudente, estado de São Paulo, a qual se caracteriza pela forte ocupação urbana e alto grau de degradação ambiental. Por meio da manipulação de dados em software SIG aplicou-se o método booleano de combinação de mapas, também denominado de sobreposição ponderada. O mapa de fragilidade do terreno foi gerado a partir dos mapas de curvatura e declividade e, posteriormente, associando-se o mapa de uso e cobertura da terra, mapa de fragilidade do terreno e o mapa de solos foi possível elaborar o Mapa Síntese de Fragilidade Ambiental para a aludida bacia hidrográfica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Expansão urbana. Fragilidade Ambiental. Geoprocessamento.

**SUMMARY**

The direction of human actions towards sustainability requires recognition of the strengths and weaknesses inherent in geographical spaces. The consequences of the predatory model of appropriation of geographical space, may lead to the degradation of water resources. Thus, it is increasingly urgent physical-territorial planning not only in an economic and social perspective, but also environmental. The systemic approach is essential to the Environmental Planning and in this sense, it is fundamental knowledge of the physical components, biotic and socioeconomic evaluated in an integrated manner. In this sense, the use of GIS applied to environmental analysis is an important planning tool that can help managers and leaders in the correct spatial planning and making conscious decision. The spatial area used in this study was the watershed's stream of Veado in the city of Presidente Prudente, São Paulo, which is characterized by strong urban and high degree of environmental degradation occupation. Through software data handling SIG applied to the Boolean combination method maps, also referred to as weighted overlap. The terrain fragility map was generated from the curvature and slope maps, and later, associating the use map and land cover, land fragility map and the soil map was possible to draw up the map Fragility Synthesis environmental for the referred river basin.

**KEYWORDS:** Urban Sprawl. Environmental fragility. Geoprocessing.

**RESUMEN**

La dirección de las acciones humanas hacia la sostenibilidad requiere el reconocimiento de las fortalezas y debilidades inherentes a los espacios geográficos. Las consecuencias del modelo predatorio de apropiación del espacio geográfico, pueden conducir a la degradación de los recursos hídricos. Por lo tanto, es la planificación física territorial cada vez más urgente, no sólo desde una perspectiva económica y social, sino también el medio ambiente. El enfoque sistémico es esencial para la planificación ambiental y, en este sentido, es fundamental el conocimiento de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos evaluados de una manera integrada. En este sentido, el uso de SIG aplicado al análisis del medio ambiente es un importante instrumento de planificación que puede ayudar a los gerentes y líderes en la planificación espacial correcta y toma de decisiones consciente. La zona espacial utilizada en este estudio fue la cuenca, del Arroyo Veado en la ciudad de Presidente Prudente, Sao Paulo, que se caracteriza por un fuerte grado urbana y alta ocupación de la degradación del medio ambiente. A través de la manipulación de datos SIG de software aplicados a los mapas booleanas método de combinación, también se hace referencia a la superposición como ponderado. El mapa de la fragilidad del terreno se genera a partir de los mapas de curvatura y de pendiente, y más tarde, asociando el mapa de uso y cobertura del suelo, mapa fragilidad de la tierra y el mapa del suelo fue posible elaborar el mapa Fragilidad Síntesis ambiental para la cuenca establecido.

**PALABRAS CLAVE:** Expansión urbana. fragilidad ambiental. Geoprociamiento.

## INTRODUÇÃO

De acordo com IBGE (2003), entre os anos de 1901 e 2000, a população brasileira saltou de 17,4 para 169,6 milhões de pessoas. Neste mesmo século o país passou por um intenso processo de urbanização. A população urbana que em 1940 representava 31,2%, em 1980 atingiu o percentual de 67,6%. Este processo ganhou velocidade no período de 1960-1970, mesmo período em que o contingente populacional passou a ser maior nas áreas urbanas que em áreas rurais.

De acordo com Santos (2014), em meados da década de 1980, o fenômeno da urbanização nos países em desenvolvimento foi avassalador. O meio urbano torna-se cada vez mais artificial e a paisagem natural vai sendo substituída pela paisagem cultural. Os efeitos experimentados nas últimas décadas, decorrentes do processo histórico de produção do espaço geográfico, evidenciam que atingimos uma situação limite, que, quiçá, poderá se tornar irreversível.

Infelizmente, o processo de crescimento urbano e ocupação do território aplicado no Brasil ocorreu, predominantemente, de forma desordenada. De acordo com Mota (2003, p.19), a urbanização brasileira contemporânea destaca-se por seu caráter anárquico e espontâneo. Tal característica pode ser constatada em grandes cidades espalhadas pelo Brasil, como por exemplo, Brasília, Goiânia e Belo Horizonte, que, mesmo sendo previamente planejadas escaparam do controle do plano e de seus planejadores.

Esta forma caótica que impera no crescimento das cidades brasileiras proporciona impactos diversos, resultando em uma atuação da administração pública muito mais focada às ações corretivas do que às ações diretas. Destarte, “em nome do progresso econômico, o conhecimento adquirido tem sido empregado mais na recuperação e redução de danos já produzidos do que preventivamente praticados no quadro do progresso do gênero humano” (TRICART, 1977. p.10).

No modelo predatório de apropriação do espaço geográfico, a remoção da cobertura vegetal original e posterior implantação de atividades agropecuárias, sem a utilização de medidas de conservação do solo, poderá levar à degradação dos recursos hídricos. Da mesma forma, durante o processo de ocupação e urbanização das cidades, a movimentação de terra para abertura de vias, arruamentos e instalação de infraestruturas, se desenvolvida sem o controle ambiental das obras, poderá resultar em grandes perdas de solo e aceleração dos processos erosivos.

As consequências destas alterações humanas no uso e cobertura da terra proporcionam em diversos níveis danos à integridade dos recursos hídricos. A chegada abrupta de material alóctone nos canais fluviais ocasiona o assoreamento dos corpos d'água. Este processo de degradação dos recursos hídricos influi diretamente na disponibilidade deste recurso em termos de quantidade e qualidade. Além disso, tal situação proporciona alterações nas características naturais do perfil longitudinal do canal fluvial, resultando em danos de grande monta aos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos.

Vale ressaltar que a vegetação favorece o processo de infiltração e armazenamento da água no solo e minimiza o escoamento superficial, responsável pela aceleração dos processos erosivos. No contexto de uma bacia hidrográfica, pode-se dizer que o processo de infiltração e

armazenamento de água no solo são determinantes na perenização dos cursos d'água de superfície em períodos de estiagem. Destarte, a água que permanece no subsolo, também denominada água subterrânea, flui lentamente até descarregar em corpos d'água de superfície, ser interceptada por raízes vegetais, ou ainda, ser extraída pelo homem em poços subterrâneos (MANZIONE, 2015).

Importante salientar que, ao tratar de questões relacionadas ao meio ambiente, assim como ao Planejamento Ambiental é imprescindível levar em consideração a abordagem sistêmica. A trajetória histórica desta abordagem, nas áreas relacionadas aos estudos ambientais, é marcada por ilustres pesquisadores a partir da década de 1930 sob a Teoria Geral dos Sistemas. Neste contexto, o estabelecimento do pensamento sistêmico, sob a Teoria Geral dos Sistemas, veio a se consagrar por Ludwig Bertalanffy, biólogo. Este afirmava que os fenômenos biológicos exigiam novas maneiras de pensar, transcendendo os métodos tradicionais das ciências físicas, dedicando-se a substituir os fundamentos mecanicistas da ciência pela visão holística (CAPRA, 2006).

Um sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema. (TRICART, 1977, p. 19).

A adoção do conceito de sistema pela ecologia ocorreu com a elaboração do conceito de ecossistema, o qual permitiu a integração de conhecimentos anteriormente isolados. O conceito de ecossistema é proposto em 1935 por Arthur George Tansley. Sob o ponto de vista metodológico, o conceito de ecossistema se apoia em um raciocínio elaborado pelos físicos há quase 200 anos, aplicado à termodinâmica (TRICART, 1977). No entanto, de acordo com Ross (2009, p. 24) “a concepção de ecossistema associa-se à Ecologia, cujo centro de preocupação é a vida animal e vegetal”. Assim, nesta trajetória histórica, a partir da década de 1960, sob interesses político e econômicos soviéticos, a Geografia Física aplicada passou a se destacar. A geografia física baseada nos princípios sistêmicos emerge sob o conceito de geossistema e, nesta perspectiva, a Geografia deve estudar não os componentes da natureza, mas as conexões entre elas, não se restringindo à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas, preferencialmente, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, etc. (SOTCHAVA, 1978 apud ROSS, 2009).

Monteiro (2000) afirma que o conceito de geossistema é elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do meio ambiente. O mesmo autor argumenta que, o aprimoramento dessa integração holística é um pré-requisito necessário à compreensão da qualidade ambiental, ponto de partida às avaliações quantitativas e diagnósticos precisos que possibilitam prognoses ambientais.

Desta forma, perante a intensa intervenção do homem/sociedade, alicerçada sob um sistema econômico predatório sobre os recursos naturais, interferindo e acelerando os processos naturais e transformando as paisagens, que haja preocupação e interesse dos planejadores, políticos e sociedade de considerar as potencialidades dos recursos naturais e, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais. Portanto, sob uma perspectiva de planejamento



econômico e ambiental do território, é absolutamente necessário que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como base a potencialidade dos recursos naturais e humanos, e as fragilidades dos ambientes naturais (ROSS, 2009).

Sob a perspectiva sistêmica, o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais de um determinado sistema natural passa pelos levantamentos de solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim, de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e ao homem. Para a análise da fragilidade, exige-se que esses conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que, na natureza a funcionalidade é intrínseca entre as componentes físicas, bióticas e socioeconômicas (GUERRA & CUNHA, 1966).

Ross (2009) utiliza de conceitos formulados por Tricart (1977) e insere novos critérios para definir as Unidades Ecodinâmicas Estáveis e as Unidades Ecodinâmicas Instáveis. Essas últimas foram definidas como sendo aquelas cujas intervenções humanas modificaram intensamente os ambientes naturais, por meio dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas, enquanto as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são as que estão em equilíbrio dinâmico, ou seja, em seu estado natural poupados de ações humanas. Estes conceitos foram incorporados como subsídio ao Planejamento Ambiental por Ross (1990) que, os ampliou, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, desde Instabilidade Muito Fraca a Muito Forte. O mesmo foi aplicado às Unidades Ecodinâmicas Estáveis que, apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, apresentam Instabilidade Potencial qualitativamente previsível, face as suas características naturais e as inserções antrópicas. Desse modo, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis apresentam-se como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, em diferentes graus, tais como as de Instabilidade Emergente, ou seja, de Muito Fraca a Muito Forte.

A partir de meados das décadas de 1970 e 1980, as Tecnologias de Informação têm sido cada vez mais utilizadas pela sociedade civil inclusive nos estudos ambientais. A informática, com o advento do tratamento de dados via computador, a produção de mapas digitais e o desenvolvimento de SIGs (Sistema de Informação Geográfica) e GPS (Global Position System) ampliou e dinamizou ainda mais a manipulação de dados, tanto no que se refere aos temas da sociedade como da natureza (ROSS, 2009).

Moreira (2011) relata que, para as atividades das sociedades organizadas sempre foi importante a coleta de informações sobre a distribuição geográfica dos recursos tais como, minerais, animais, plantas. No entanto, isso era feito apenas em documentos e mapas em papel, o que impedia uma análise que combinasse diversos dados e mapas. O advento da tecnologia de informação a partir da segunda metade do século passado tornou possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento (CÂMARA; DAVIS, 2004).

O Geoprocessamento pode ser considerado um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas com o uso de componentes tais como a Informática (equipamentos como computadores e periféricos), SIGs, Sensoriamento Remoto, GPS (Global System Position), cartografia digital, topografia, dados de campo, técnicas de processamento

digital de imagens e profissionais capacitados (PIROLI, 2010). Portanto o SIG é um dos componentes do Geoprocessamento. É por meio dos SIGs que as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas.

Vettorazzi (2006) coloca que, Sistemas de Informações Geográficas são ferramentas adequadas à análise ambiental, por possuírem características que comportam a especialização da análise. Além disso, nas últimas décadas, em consequência do desenvolvimento dos SIGs, as análises ambientais têm sofrido um impulso nas últimas décadas e vêm sendo aperfeiçoadas.

Desta forma, o Mapa de Fragilidade Ambiental foi elaborado em ambiente SIG. A bacia hidrográfica é a unidade ideal para estudos ambientais, adotou-se para este estudo a bacia hidrográfica do Córrego do Córrego do Veado, localizado no município de Presidente Prudente, estado de São Paulo.

Apesar das ressalvas, a unidade ideal para o trabalho com recursos naturais é a bacia hidrográfica, uma vez que esta é definida pela própria natureza a partir dos processos físicos e químicos que moldam o relevo e condicionam as relações entre os componentes bióticos e abióticos existentes na área. O elo entre estes componentes é a água que ao precipitar sobre este espaço é direcionada para regiões determinadas pelo seu ciclo, formando os córregos e rios que escorrem superficialmente ou infiltra nos depósitos subterrâneos, alimentando os aquíferos ou as nascentes que manterão os cursos de água nos períodos entre as precipitações (PIROLI, 2013, p. 21).

Importante destacar que a bacia hidrográfica do Córrego do Veado, objeto deste estudo, caracteriza-se pela forte ocupação urbana e alto grau de degradação ambiental.

Neste diapasão, o Mapa Síntese de Fragilidade Ambiental representa uma importante ferramenta de planejamento que permite reconhecer as potencialidades e fragilidades inerentes aos espaços geográficos. Além disso, este mapa poderá auxiliar gestores e governantes no correto ordenamento territorial e na tomada de decisão consciente e duradoura que redirecione as ações humanas ao caminho da sustentabilidade.

A bacia hidrográfica do córrego do Veado, objeto deste estudo, possui aproximadamente 2978 ha de área e localiza-se na porção Oeste do Estado de São Paulo, no município de Presidente Prudente. O córrego do Veado está localizado na porção superior da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, afluente do rio Paraná, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22).

## **OBJETIVOS**

O objetivo do presente trabalho consiste na elaboração do Mapa de Fragilidade Ambiental para a bacia hidrográfica do Córrego do Veado, como ferramenta de auxílio ao planejamento ambiental e subsídio para o ordenamento territorial.

## **MÉTODO DE ANÁLISE**

No presente estudo utilizou-se o conceito de bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento, conforme estabelece a Lei Estadual nº 7.663, de 30 de

dezembro de 1991. Sendo assim, o recorte espacial deste estudo envolveu a bacia hidrográfica do Córrego do Veado.

Para elaboração do Mapa Síntese de Fragilidade Ambiental foi utilizado o software SIG ArcGis 10.2 e as seguintes informações: dados de uso e cobertura da terra <sup>1</sup>; dados de tipos de solos <sup>2</sup>; dados extraídos do Projeto Topodata do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), de resolução espacial de 30 metros, elaborados a partir dos dados SRTM - Shuttle Radar Topography Mission e disponibilizados pelo USGS- United States Geological Survey.

A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada de maneira automática por meio de ferramentas de geoprocessamento. Utilizou-se a extensão *ArchHydro* do software ArcGis 10.2.

Os dados inseridos e utilizados foram os extraídos do MDE- Modelo Digital de Elevação do SRTM. A partir do MDE no formato de arquivo *raster*, foram geradas as seguintes informações: a) direção de fluxo, b) fluxo acumulado, c) definição da rede de drenagem, d) segmentação da drenagem, e) hierarquização dos cursos d'água conforme Strahler (1952), e a delimitação da bacia.

Neste sentido, por meio das ferramentas *surface curvature* e *surface slope* de geoprocessamento, em SIG, foi possível extrair respectivamente os *rasters* de curvatura e declividade do terreno com base no MDE/SRTM. Isto foi possível devido as informações topográficas (altimetria, longitude e latitude) contidas neste, cuja resolução espacial é de 30 metros. A classificação das vertentes em relação ao perfil é analisada de acordo com seu valor de curvatura. Vertentes retilíneas possuem valor de curvatura nulo, vertentes côncavas possuem valores positivos, já as convexas têm curvatura negativa. Sabe-se que vertentes com valores nulos são extremamente raros na natureza, assim como pouco do que se julga retilíneo apresenta curvatura realmente nula, mas sim valores pertencentes a um intervalo de tolerância na vizinhança desse valor (VALERIANO, 2003). Neste estudo, na elaboração do mapa de curvatura, foram adotadas as seguintes classificações: vertentes convexas, para os intervalos de curvatura de -1,70 a -0,13; vertentes côncavas, para os intervalos de 0,09 a 1,8 e vertentes retilíneas para os intervalos de -0,13 a 0,09. A tabela 01 expressa as classes e categorizações adotadas e a Figura 01 o Mapa de Curvatura.

Tabela 01: Classes e Categorização do Mapa de Curvatura.

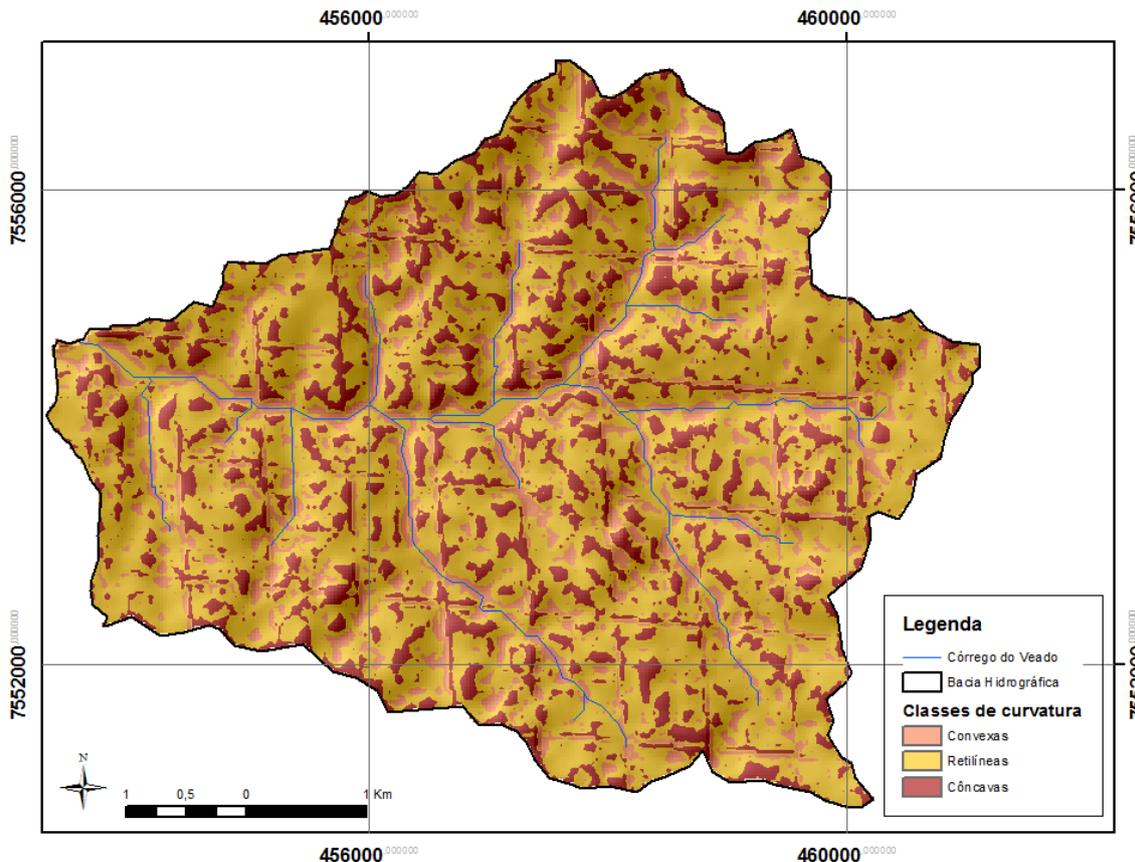
Classes de Curvatura	Graus de Fragilidade	Categorias
Retilínea	Média	3
Convexa	Forte	4
Côncava	Muito Forte	5

<sup>1</sup> Mapa de Cobertura da Terra do Estado de São Paulo, 2013, com base em imagens do satélite Landsat TM 5 do ano de 2010, na escala 1:100.000 da Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) da Secretaria de Meio Ambiente do estado de São Paulo, com vetorização das áreas de cultivo de cana de açúcar a partir de imagens do Google Earth, de 2013.

<sup>2</sup> Mapa "Esboço Pedológico" (FUSHIMI & NUNES, 2015);



Figura 01: Mapa de Curvatura



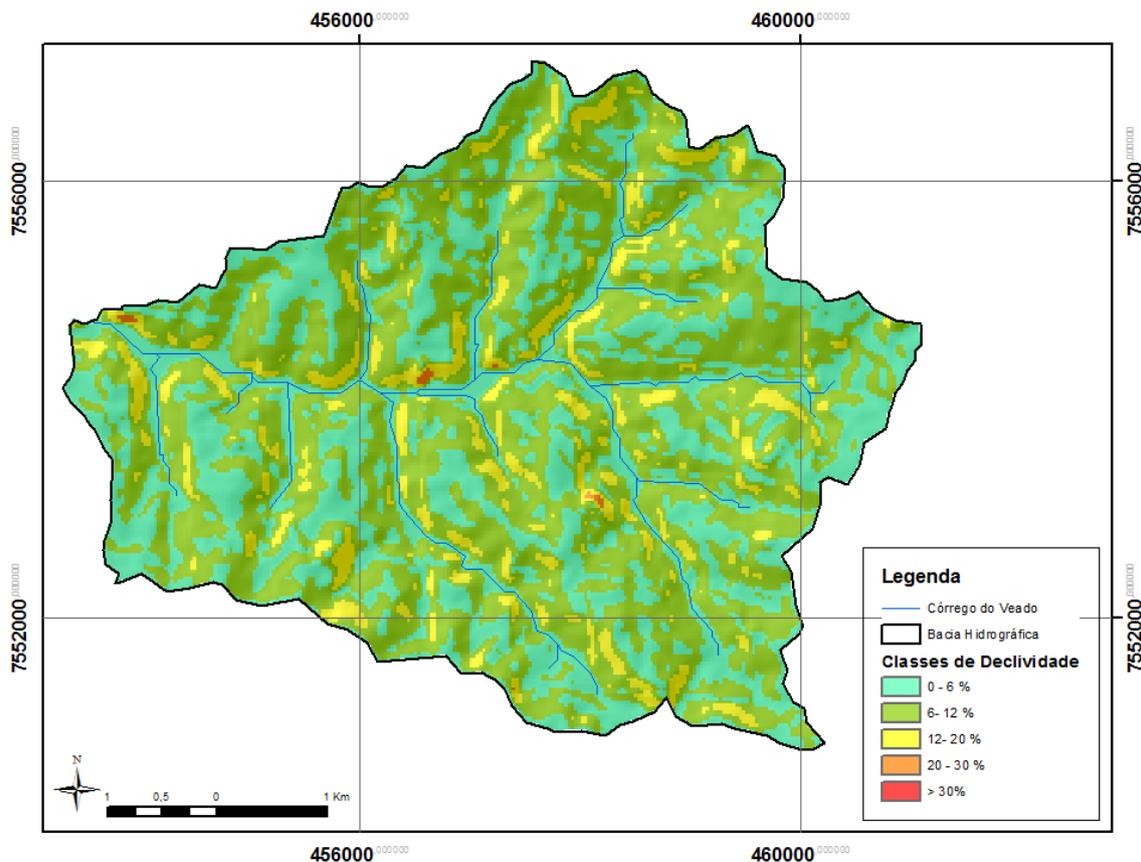
Informações Cartográficas  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Fuso 22S  
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba/SC  
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000

Da mesma forma o mapa de declividade, foi classificado de acordo com as categorias hierárquicas das classes de declividade proposta por ROSS (1994). Esta hierarquização utiliza intervalos de classes consagradas nos estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola, associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações frequentes (GUERRA & CUNHA, 1966). As categorias hierárquicas adotadas são: 0 a 6%, 6 a 12%, 12 a 30% e acima de 30%. A tabela 02 expressa as classes e categorizações adotadas e a Figura 02 o Mapa de Declividade.

Tabela 02: Classes e Categorizações do Mapa de Declividade.

Classes de Declive (%)	Gráus de Fragilidade	Categorias
0 a 6%	Muito Fraca	1
6 a 12%	Fraca	2
12 a 30%	Média	3
20 a 30%	Forte	4
Acima de 30%	Muito Forte	5

Figura 02: Mapa de Declividade

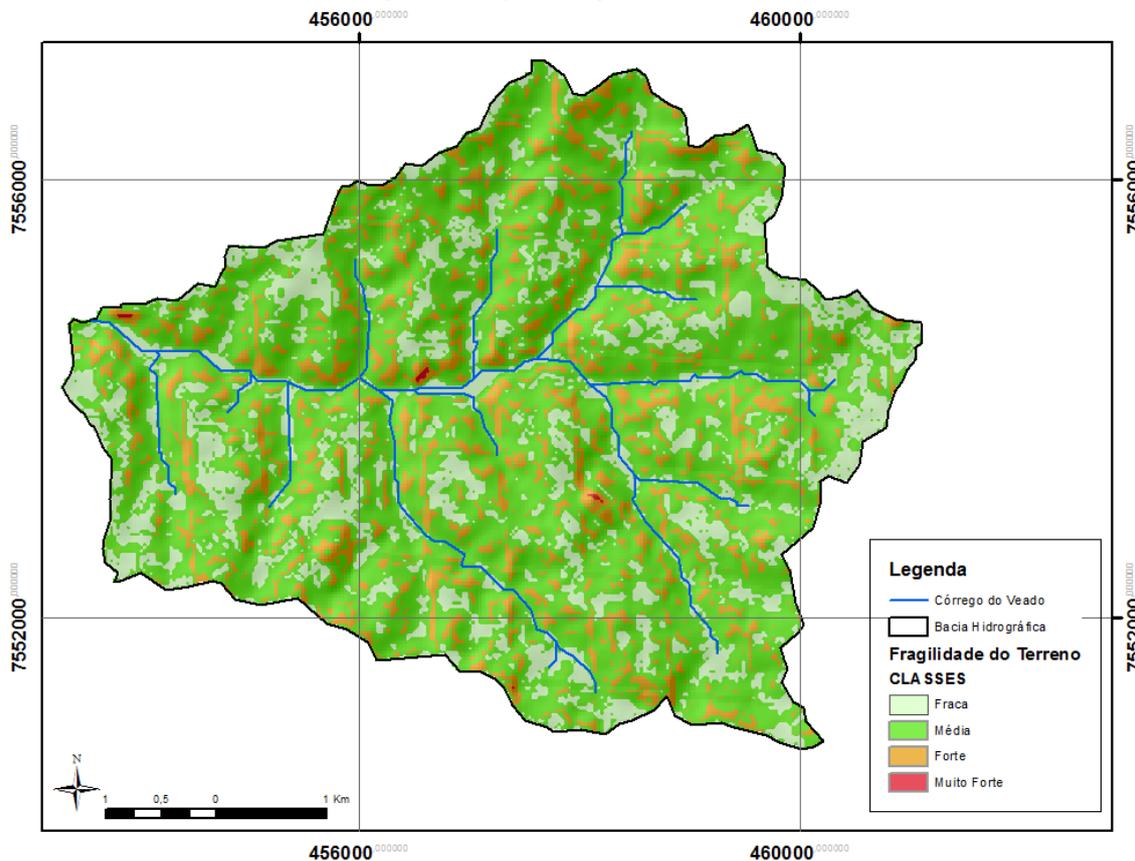


Informações Cartográficas  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Fuso 22S  
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba/SC  
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000

Desta forma, com a finalidade de elaborar um Mapa de Fragilidade do Terreno, aplicou-se o método booleano de combinação de mapas (álgebra de campo), também denominado de sobreposição ponderada. No caso, foi utilizada a ferramenta *Weighted Overlay*. Os mapas combinados, nesta primeira etapa foram o de curvatura e o de declividade. Foram atribuídas porcentagens iguais de influência para cada um dos mapas combinados. A Figura 03 demonstra o Mapa de Fragilidade do Terreno.



Figura 03: Mapa de Fragilidade do Terreno



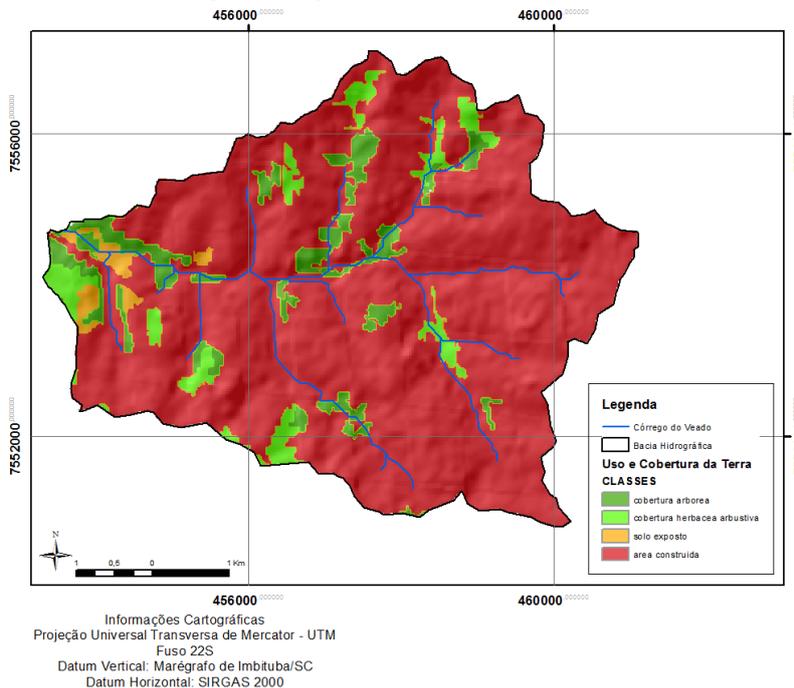
Informações Cartográficas  
 Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Fuso 22S  
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba/SC  
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000

Posteriormente, para a elaboração do Mapa Síntese de Fragilidade Ambiental ou emergente, foi utilizada a mesma metodologia e procedimento descritos. No entanto, os mapas combinados foram: Mapa de Fragilidade do Terreno, Mapa de Uso e Cobertura da Terra (Figura 04) e Mapa de Solos (Figura 05). Foram atribuídas porcentagens igualitárias de influência, de aproximadamente 33,3% para cada mapa. As tabelas 03 e 04 expressam as classificações e categorizações adotadas.

Tabela 03: Classes e Categorizações do Mapa de Uso e Cobertura da Superfície da Terra.

Classes de Uso e Cobertura	Graus de Fragilidade	Categorias
Cobertura Arbórea	Muito Fraca	1
Cobertura Herbácea e Arbustiva	Fraca	2
Cana-de-açúcar	Média	3
Área urbana/ Solo exposto	Forte	4
Áreas úmidas/ corpos d'água	Muito Forte	5

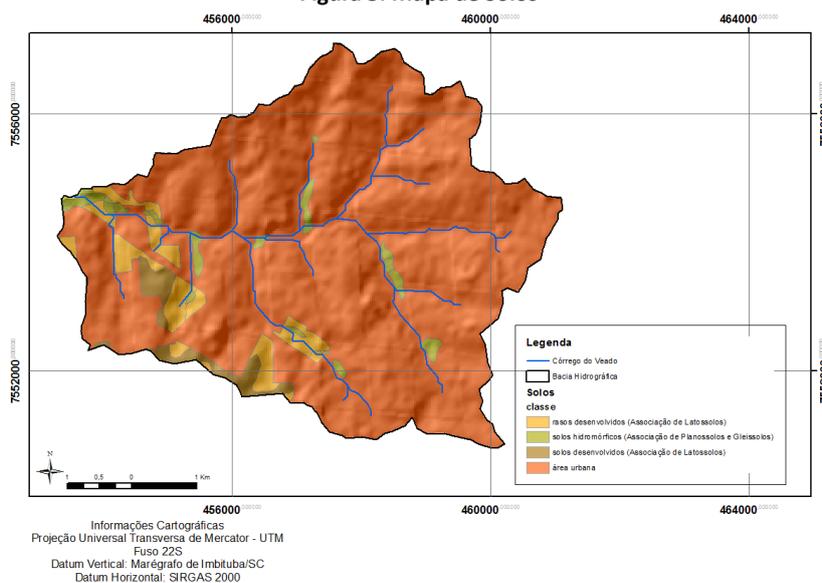
**Figura 4: Mapa de Uso e Cobertura da Terra**



**Tabela 04: Classes e Categorizações do Mapa de Solos.**

Classes de Uso e Cobertura	Graus de Fragilidade	Categorias
Área urbana	Muito Fraca	1
Solos desenvolvidos	Fraca	2
Solos rasos a desenvolvidos	Média	3
Solos rasos	Forte	4
Solos hidromórficos	Muito Forte	5

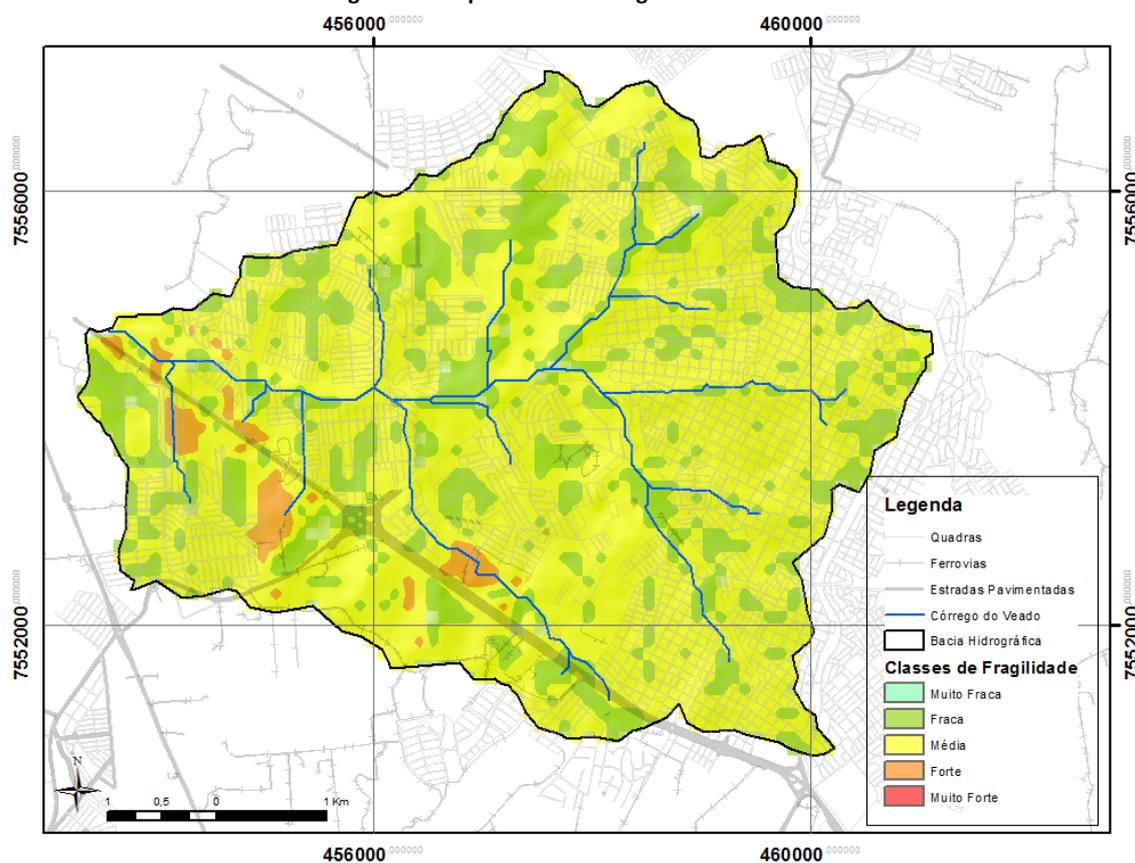
**Figura 5: Mapa de Solos**



## RESULTADO

A bacia hidrográfica do Córrego do Veado possui aproximadamente 61% de curvaturas retilíneas (Fragilidade Média) e, 91% de declividades entre 0 e 12%, classificadas como Fragilidades Muito Fraca e Fraca. Portanto, a classe de fragilidade do terreno predominante é a Média, representando 63% da bacia hidrográfica. Da área total, o uso urbano é predominante. O Mapa Síntese de Fragilidade Ambiental, (Figura 06), demonstra a predominância da classe Média representando 73% da bacia hidrográfica, enquanto as classes Fraca e Forte representam 24% e 3% da área, respectivamente. Não há nesta bacia hidrográfica a classe de Fragilidade Muito Forte.

Figura 06: Mapa Síntese de Fragilidade Ambiental



A forma da superfície terrestre é essencial ao conhecimento dos processos que ocorrem em um determinado terreno, pois estes influenciam no fluxo d'água, no transporte de sedimentos e poluentes, assim como influenciam nos processos da natureza, na distribuição de habitats de plantas e animais. Além disso, a forma do relevo é uma expressão dos processos geológicos e do intemperismo (BLASZCZYNSKI, 1997). Alguns tipos de feições geomorfológicas são



considerados unidades básicas do relevo e essenciais para explicar o desenvolvimento da paisagem. De modo geral, os caracteres convexos e côncavo do terreno são decisivos nos processos de aceleração e desaceleração do fluxo d'água sobre os mesmos. Na bacia hidrográfica em estudo pôde-se observar a predominância de curvaturas retilíneas, declividades pouco acentuadas, sob o uso urbano preponderante, o que lhe confere uma característica de Média Fragilidade Ambiental.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste ensaio demonstram que a bacia hidrográfica do Córrego do Veado apresenta o predomínio da Classe Média de Fragilidade Ambiental. Pelos mapas elaborados, observa-se que as áreas indicadas como Classe Forte relacionam-se com a presença de solo exposto, curvaturas côncavas, médias a altas declividades, locais que são mais suscetíveis aos processos erosivos e perda de solo. Ademais, a ocupação predominante de áreas construídas reflete uma fragilidade Classe Média no contexto da bacia.

Constata-se a importância da utilização de ferramentas SIG associadas às metodologias sistêmicas de avaliação ambiental que possibilitam setorizar áreas de maior fragilidade no contexto de uma bacia hidrográfica.

Conforme Ridente Junior (2000), as alterações e interferências ao meio promovidas por empreendimentos urbanísticos, como conjuntos habitacionais e loteamentos, poderiam ser minimizadas, se fossem exigidos em seus projetos urbanísticos no momento da aprovação, maior preocupação com o meio físico de cada local, além de preservação e conservação dos recursos naturais.

Conforme o Art. 30 da Constituição Federal, compete aos municípios, promover o adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano.

A preservação dos recursos naturais, assim entendidos todos os elementos da Natureza que mantém o equilíbrio ecológico e a vida em nosso planeta, é dever do Estado e apóia-se no domínio eminente que ele exerce sobre todas as coisas que se encontram em seu território. Mas, como domínio eminente não é domínio patrimonial, o Estado não tem o direito de propriedade sobre todos os bens do seu território, podendo apenas condicionar o uso da propriedade particular para cumprimento de sua função social ou retirá-la compulsoriamente de seu dono, por utilidade pública ou interesse social, através de desapropriação, com justa e prévia indenização.

Assim a preservação dos recursos naturais se faz por dois modos: pelas limitações administrativas de uso, gerais e gratuitas, sem impedir a normal utilização econômica do bem, nem retirar a propriedade do particular, ou, pela desapropriação, individual e remunerada de determinado bem, transferindo-o para o domínio público e impedindo a sua destruição ou degradação (MEIRELLES, 1977 apud MOTA, 2003 p.266).

Conforme define os autores Salomão & Iwasa (1995), a otimização do uso de recursos naturais, respeitando a capacidade do meio físico e utilizando-se do planejamento e gestão da ocupação da terra e da construção de obras adequadas a este meio, leva à melhor aplicação dos recursos financeiros.

Sabe-se que, para um adequado Planejamento Ambiental, sob uma perspectiva sistêmica, quanto mais abrangente for o banco de dados inseridos, de informações relacionadas ao meio ambiente em estudo, como por exemplo, a inserção de dados referentes aos fatores climáticos, melhores serão os resultados.

Importante destacar que, é necessário reavaliar pesos diferenciados de influências da expansão urbana nas cabeceiras (nascentes dos cursos d'água). Essas áreas são corriqueiramente atingidas pela expansão urbana sem um adequado Planejamento Ambiental e ordenamento territorial.

### AGRADECIMENTO

Agradecemos a UNESP/FCT, ao programa de mestrado profissional em geografia e à professora Dra. Isabel Cristina M. Caccia Gouveia pela bagagem de conhecimento transmitida.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLASCZCZYNSKI, J.S. 1997. **Landform characterization with Geographic Information Systems**. In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, V. 63, n.o 2, p. 183-191.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V.; MEDEIROS, J.S. de. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos, SP:INPE, 2004.

CAPRA, F. **A Teia da Vida uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. (The web of life) Tradução: Newton Roberval Eichenberg. São Paulo/SP, Cultrix, 2006.

FUSHIMI, M. & NUNES, J. O.R. Principais classes de solos no município de Presidente Prudente – SP: Identificação e caracterização. **Boletim Goiano de Geografia**, Volume 32, 2015, p. 45-58.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**/ Antonio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha (organizadores). Rio de Janeiro/RJ: Bertrand Brasil, 1966, 372 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/29092003estatisticasecxxhtml.shtm>> Acesso em: 19 jan. 2016.

MANZIONE, R. L. **Águas Subterrâneas: Conceitos e Aplicações sob uma Visão Multidisciplinar**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

MEIRELLES, H. L. **Direito Municipal Brasileiro**. 3. Ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 1977.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: história de uma procura**. São Paulo/SP: Contexto, 2000.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação** Editora UFV. 4aed. Atual e ampl. Viçosa/MG: Ed.UFV, 2011. 422 p.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

PIROLI, E. L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Ourinhos-São Paulo/SP, 2010.

PIROLI, E.L. **Geoprocessamento Aplicado ao Estudo do Uso da Terra das Áreas de Preservação Permanente dos Corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**. Tese de doutorado para obtenção de Livre docência. UNESP- Universidade Estadual Paulista, campus de Ourinhos/SP, 2013.

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

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil, Subsídios para Planejamento Ambiental.** São Paulo/SP, Oficina de textos, 2009.

SALOMÃO, F. X. T. & IWASA, O. Y., 1995. **Erosão e a ocupação rural e urbana.** In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente - BITAR, O. Y. (Coordenador) - IPT/ABGE. São Paulo 1995. ABGE p.31-57.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado: Fundamentos Teóricos e Metodológicos da Geografia.** 6. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2014. 136 p.

SÃO PAULO. **Lei Federal no 7.663, de 30 de dezembro de 1991.** Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo/SP. Governo do Estado de São Paulo, 1991.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VALERIANO, M. M.; JÚNIOR, O. A. C. **Geoprocessamento de Modelos Digitais de Elevação para Mapeamento da Curvatura Horizontal em Microbacias.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 4, No 1 (2003) 17-29.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação multicritério, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos.** Tese de Livre Docência. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- ESALQ-USP. Piracicaba, 2006.