

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DE RESERVATÓRIOS INTERIORES DESTINADOS AO TURISMO**

**GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO THE ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE INTERIOR RESERVOIR FOR TOURISM**

**GEOTECNOLOGÍAS APLICADAS A LA ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL DE RESERVORIOS INTERIORES DESTINADOS AL TURISMO**

**Marcos Paulo Almeida Fornazieiro**

Geógrafo, Mestrando em Geografia  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas,  
Rio Claro/SP  
e-mail: marcos.fornazieiro@gmail.com

**Andréia Medinilha Pancher**

Docente do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas,  
Rio Claro/SP  
e-mail: medinilh@rc.unesp.br

**Resumo**

A presente pesquisa pretendeu analisar a fragilidade ambiental no entorno da represa do Lobo, no município de Itirapina/SP, visando subsidiar o planejamento físico e turístico da área. Para o propósito, foram utilizadas as Geotecnologias, que auxiliaram na elaboração dos mapas de declividade, geologia, pedologia e uso e cobertura da terra. Estes mapas temáticos foram integrados através da análise multicritério disponível no SIG/ARCGIS, processo do qual se extraíram as classes de fragilidade potencial e emergente, variando de muito baixa a muito alta. No geral, a represa está inserida numa área frágil do ponto de vista físico, sobretudo em razão da cobertura pedológica bastante susceptível à erosão. No entanto, o relevo relativamente plano ameniza o desencadeamento de processos erosivos e assoreamentos dos corpos d'água, resultando em fragilidade potencial média, na maior parte da área analisada. Quanto à fragilidade emergente, os usos atuais identificados no entorno da represa são pouco impactantes, justificando a baixa fragilidade em vários setores da área, com exceção das estradas, solo exposto e orla.

**Palavras-chave:** Geotecnologias; Fragilidade Ambiental; Reservatórios; Turismo.

**Abstract**

This research meant to analyze the environmental fragility surrounding the Represa do Lobo (Lobo's dam), in the municipality of Itirapina/SP, aiming to subsidize the physical and touristic planning of the area. For the purpose, Geotchnologies were used that assisted in the drafting of the maps of the slope, geology, pedology and land use and cover. These thematic maps were integrated through multicriteria analysis available on GIS/ARCGIS, process that extracted the potential and emergent fragility classes, varying from very low

to very high. In general, the dam is inserted in a fragile area in the physical aspect, above due to the pedology very susceptible to erosion. Nevertheless, the relief relatively flat softens the erosives process triggering and silting of watercourses, resulting in average potential fragility, in the most part of the study field. As for the emergent fragility, the current uses identified surrounding the dam has a low environmental impact, justifying the low fragility in several sectors of the areas, except the roads, exposed soil and border.

**Keywords:** Geotechnologies; Environmental Fragility; Reservoirs; Tourism.

### **Resumen**

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la fragilidade ambiental alrededor de la represa del Lobo, en el municipio de Itirapina/SP, proponendo subsidiar el planeamiento físico y turístico de la área. Para el propósito, fueron utilizadas las Geotecnologías, que auxiliaron en la elaboración de los mapas de declividad, geología, pedología y uso y cobertura de la tierra. Estos mapas temáticos fueron integrados mediante de análisis multicriterios proceso en el cual extrajeronse las clases de fragilidad potencial y emergente, variando de muy baja a muy alta. En general, la represa está insertada en una área frágil desde el punto de vista físico. Sin embargo, el relieve relativamente plano ameniza el desencadenamiento de procesos erosivos y asoreamiento de los cursos del agua, resultando en fragilidad potencial media, en lamayor parte de la área analizada. Al respecto de la fragilidad emergente, los usos actuales identificados alrededor de la represa son poco impactantes, justificando la baja fragilidad en varios sectores de la área, excepto por las carreteras, suelo expuesto y orilla.

**Palabras clave:** Geotecnologías; Fragilidad Ambiental; Reservorios; Turismo.

## **Introdução**

As represas têm ganhado novas destinações que vão além da geração de energia elétrica, controle de cheias e abastecimento público. Trata-se do turismo pendular em lagos e reservatórios interiores que alcançou proporções significativas nas últimas décadas, atraindo um público que busca praias fluviais, pesca e pague, esportes náuticos, assim como parques e unidades de conservação nos arredores das represas que proporcionam diversas opções de lazer, tais como trilhas ecológicas e prática de esportes radicais.

A vastidão das águas nas represas têm ganhado turistas por seus valores estéticos e, principalmente, pelas condições de balneabilidade. A formação de ambientes lacustres após o represamento de um curso d' água torna-se atrativo do ponto de vista turístico, o que justifica a ascendência de um fluxo de visitantes que muito provavelmente não havia antes do represamento.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2005), a procura por lugares hídricos tais como praias, lagos, rios e estâncias hidrominerais cresceu

significativamente no Brasil nos últimos anos. O turismo aquático está se desenvolvendo, em especial, em locais de boa balneabilidade ou onde há boas possibilidades de atividades náuticas e aquáticas.

No entanto, a tendência de crescimento exacerbado de turistas em ambientes lacustres é responsável por uma série de danos ambientais e alterações paisagísticas, consequência, sobretudo, da poluição hídrica das represas, rios, lagos e cachoeiras e da ocupação intensiva das margens.

A continuidade desses impactos ambientais associada a um planejamento ineficiente por parte dos órgãos gestores, além da falta de preocupação ambiental dos usuários, acaba implicando na deterioração acentuada da paisagem e na perda de atratividade turística pelo comprometimento das condições de balneabilidade.

Segundo Ross (1994), como os ambientes mais frágeis acabam sendo mais impactados pela ação antrópica em função das características físico-naturais do terreno (pedologia, geologia e declividade), o uso e cobertura da terra deve ser condizente com a fragilidade desses ambientes, de forma a oferecer maior proteção ao solo, evitando processos de degradações ambientais mais intensos. Por isso, a preocupação com uma inserção antrópica mais compatível com a potencialidade dos recursos e, sobretudo, com a fragilidade dos ecossistemas ou ambientes naturais (ROSS, 1994).

Neste sentido, este estudo propôs-se a avaliar a fragilidade ambiental de reservatórios interiores destinados às atividades turísticas, adotando-se como área de estudo a represa do Lobo, localizada no interior do Estado de São Paulo, com o objetivo de contribuir para o ordenamento das ações humanas sobre o território, prezando pelas áreas mais frágeis e minimizando os impactos sobre o ambiente, de modo a garantir o desenvolvimento mais sustentável do turismo e, em especial, a continuidade da própria atividade.

Para o propósito, adotou-se a metodologia da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados desenvolvida por Ross (1994), a qual resulta em dois produtos cartográficos sínteses com base numa análise integrada das informações de pedologia, declividade, geologia, uso da terra e cobertura vegetal.

## **Embasamento teórico**

Apesar dele contribuir para o desenvolvimento socioeconômico local, o turismo também gera impactos negativos e irreversíveis ao meio ambiente quando mal planejado e gerenciado, o que pode acarretar na degradação das áreas de visitação.

A atividade turística desencadeia problemas ambientais em locais de visitação à medida que se constroem redes hoteleiras e vias de transporte. Em muitos casos estas infraestruturas estão mal localizadas, situadas próximas a cursos d'água e áreas protegidas e, em outros casos, sem qualquer estudo prévio, as construções dessecam áreas ecologicamente frágeis (DOUROJEANNI, 2006).

Observam-se, então, alterações significativas na paisagem, devido à supressão da mata ciliar, ocupação intensiva das margens para construção de empreendimentos turísticos, como hotéis, pistas de caminhada, trilhas, parques, quadras esportivas, casas de veraneio, restaurantes, bem como a supervalorização imobiliária desses locais (ANA 2005; MIGLIORINI et al., 2010).

Uma parte considerável desses impactos é resultado da carência de planejamento turístico adequado. Para Bordest (1998) é preciso investir em um planejamento flexível em locais que já sofrem com os efeitos negativos da atividade turística. Há carência de uma política sustentada em propostas que viabilizem o bem estar de todos os envolvidos no processo, ou seja, das comunidades, visitantes e gestores.

Dessa maneira, o estudo de fragilidade ambiental pode contribuir ao oferece um panorama das fragilidades físicas frente às intervenções antrópicas no ambiente, revelando graus de compatibilidade dos usos do solo, minimizando, assim, impactos negativos.

Para Ross (1994), a Fragilidade Ambiental é a susceptibilidade de determinado ambiente sofrer impactos. O autor ressalta que os ambientes naturais apresentam maior ou menor fragilidade ambiental frente aos usos da terra, em razão das características físicas do terreno.

À medida que se conhecem os níveis de fragilidade ambiental dos ambientes lacustres, é possível avaliar a ocupação desses espaços e subsidiar o planejamento físico e turístico. De acordo com Boullón (2002, p. 72), o planejamento físico tem como finalidade “o ordenamento das ações do homem sobre o território, e ocupa-se em resolver harmonicamente a construção de todo tipo de coisas, bem como antecipar o efeito da exploração dos recursos naturais”. Com isso, pretende-se dar respostas aos problemas resultantes do uso inadequado do solo.

A fragilidade ambiental permite ainda analisar e mapear as áreas mais adequadas às instalações e aos equipamentos turísticos, proteger as áreas mais frágeis e corrigir usos mais degradantes sobre porções mais frágeis do terreno, mitigando, assim, os impactos negativos sobre o ambiente.

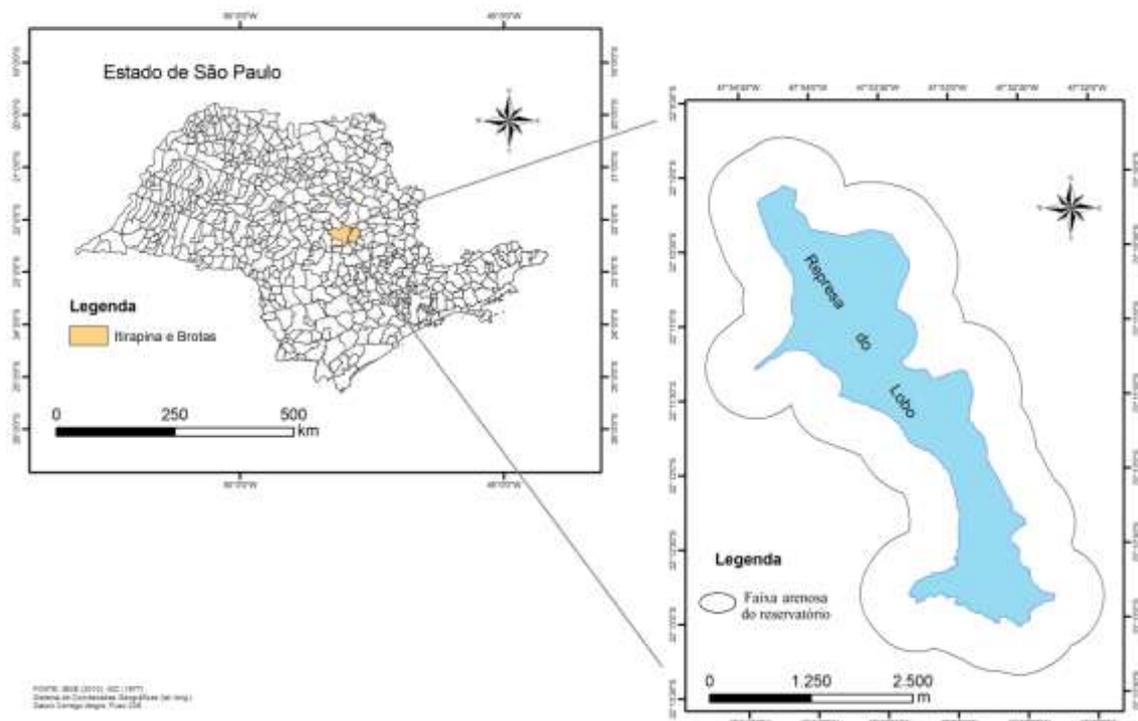
No que se refere às ferramentas para análise da fragilidade ambiental, há que se destacar o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o qual se tornou um facilitador para tomada de decisões para a gestão do território. A elaboração de mapeamentos que requer o cruzamento de dados foi facilitada com o advento das tecnologias de SIG e seus recursos de análise espacial e sobreposição de informação geográfica (*overlay*).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar, por meio de recursos geotecnológicos, a fragilidade ambiental de um reservatório interior de finalidade predominantemente balneária, a fim de expor as potencialidades desse estudo para subsidiar a gestão territorial desses ambientes e por meio dele contribuir para a manutenção das atividades turísticas de forma mais sustentável e compatível com a finalidade do corpo d’água.

## **Procedimentos metodológicos**

Objetivando avaliar a fragilidade ambiental de reservatórios interiores cuja finalidade seja predominantemente turística, adotou-se como área de estudo o reservatório Carlos Botelho e seu entorno. Mais conhecida como Lobo ou Broa, a represa está situada entre as coordenadas geográficas 22° 15’S e 47° 49’W, na divisa entre os municípios de Itirapina e Brotas, porção central do estado de São Paulo (Figura 1).

Figura 1 – Localização geográfica da Represa do Lobo.



Fonte: Autores, 2012.

Para a delimitação da área de estudo buscou-se abranger o entorno da represa, onde estão concentradas as atividades turísticas. O propósito foi analisar os impactos ambientais sofridos pelo reservatório em função do crescimento turístico do local, sem perder o foco da pesquisa numa área mais restrita e que fosse também possível de ser integralmente estudada no período estipulado e com os materiais cartográficos disponíveis. Dessa maneira, foi delimitada uma extensão de 600 metros para a área no entorno do lago (Figura 1), definida através da análise de distância (*buffer*). Esta extensão é relativa à largura da faixa arenosa do reservatório, a qual se constitui em um dos principais atrativos do local ao condicionar praias fluviais.

Para a elaboração dos mapas de fragilidade ambiental desta pesquisa, foram utilizados os estudos de Ross (1994), cujo trabalho *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados* ofereceu suporte teórico-metodológico para a seleção das variáveis analisadas e elaboração dos mapas temáticos de fragilidade potencial e emergente.

De acordo com esta metodologia, os componentes físico-naturais, com destaque para a declividade, geologia e pedologia, quando integrados, determinam graus de fragilidade potencial, variando de muito baixa a muito alta. Isto significa que os ambientes de maior fragilidade potencial tendem ao desequilíbrio dinâmico pela ação da morfogênese. Estas variáveis físicas, por sua vez, estão sujeitas a diferentes usos e coberturas da terra, apresentando variados níveis de fragilidade emergente.

O mapeamento dos temas declividade, pedologia, geologia e uso e cobertura da terra constituiu a etapa preliminar da pesquisa.

As curvas de nível com equidistância de 5 metros e pontos cotados presentes nas cartas topográficas do IGC de 1979, na escala de 1:10.000 formaram a base cartográfica digital para a geração de um Modelo Numérico de Terreno (MNT), o qual deu origem a carta clinográfica. A partir deste produto, constatou-se que o entorno do reservatório, de modo geral, apresenta baixas e moderadas inclinações, com exceção da porção mais ao nordeste, próxima ao rio do Lobo, onde ocorre declives mais acentuados, sendo em alguns pontos superior aos 47%.

Em razão do relevo pouco acidentado, optou-se por um detalhamento maior das classes de declividade. O intervalo de até 1% de declive foi essencial para a caracterização da fragilidade ambiental, já que representa porções do relevo bastante planas, o que dificulta o escoamento natural e facilita a concentração da água, tornando-se mais suscetível à saturação hídrica do solo. Desse modo, nesta pesquisa estipularam-se os intervalos de declividade presentes na tabela 1.

Tabela 1 – Níveis de fragilidade para a variável declividade.

<b>Intervalos (%)</b>	<b>Características do relevo</b>	<b>Fragilidade</b>
<1	Muito plano (concentração da água)	Muita alta (5)
1 – 2	Plano (próprio para uso urbano)	Muito baixa (1)
2 – 5	Ligeiramente plano (mais ideal a ocupação urbana)	Muito baixa (1)

<b>5 – 12</b>	Levemente ondulado (limite para uso do maquinário na agricultura)	Baixa (2)
<b>12 – 30</b>	Ligeiramente ondulado (limite máximo para urbanização sem restrições)	Média (3)
<b>30 – 47</b>	Ondulado (limite máximo de corte raso para exploração)	Alta (4)
<b>&gt;47</b>	Muito ondulado (considerado APP pelo Novo Código Florestal - Lei nº12651/2012)	Muito alta (5)

Fonte: elaborado pelos autores, 2015.

Os mapas pedológico e geológico, devido à carência de material atualizado e de maior detalhe, foram elaborados com base em fontes secundárias, obtidas, respectivamente, do IGG (Instituto Geográfico e Geológico), em escala 1: 100.000, de 1966, e do Levantamento Pedológico Semi-detalhado do Estado de São Paulo: quadrícula São Carlos (PRADO; OLIVEIRA; ALMEIDA, 1981), em escala 1: 100.000, de 1981. Por consequência, os dados supracitados precisaram ser adaptados para a escala de trabalho, no caso 1: 10.000.

Com base nos dados levantados, foi possível perceber pedologia bastante frágil do ponto de vista físico, sendo constituída principalmente por neossolos quartzarênicos, de textura arenosa, sobre a Formação Arenítica Botucatu. Em menor proporção, verificou-se também o latossolo vermelho-amarelo, nitossolo vermelho e organossolo, este último situado em áreas de várzea.

A esses mapas também foram atribuídos graus de fragilidade ambiental de acordo com a resistência da pedologia à erosão e da geologia ao intemperismo, conforme tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Níveis de fragilidade para a variável Pedologia.

<b>Classe pedológica</b>	<b>Área ocupada (%)</b>	<b>Fragilidade</b>
Neossolo quartzarênico	70	Muito Alta (5)
Organossolo	14	Muita Alta (5)
Nitossolo vermelho	10	Média (3)

Latossolo vermelho-amarelo de textura média	6	Baixa (2)
---	---	-----------

Fonte: elaboração dos autores, 2015. Adaptado de Ross (1994).

Tabela 3 – Níveis de fragilidade para a variável Geologia

Classe geológica	Área ocupada (%)	Fragilidade
Formação Botucatu	91,4	Alta (4)
Formação Serra Geral	8,6	Baixa (2)

Fonte: elaboração dos autores, 2015. Adaptado de Ross (1994).

O mapa de uso e cobertura da terra, por sua vez, foi gerado com base na imagem aerofotogramétrica da represa do Broa de 2009, a partir da qual procurou-se distinguir a variabilidade dos tipos de uso da terra, bem como as formações vegetais. Através da fotointerpretação visual e do mapeamento manual, foram diferenciadas 16 classes de uso e cobertura da terra ao redor da represa, em uma área de aproximadamente 11,5 Km<sup>2</sup>. Destacaram-se os usos destinados ao turismo, tais como casas de veraneio e orla (prainha), as quais foram fundamentais para a análise desta pesquisa e cuja identificação na fotografia aérea só foi possível em razão da alta resolução espacial da imagem de cerca de 1 metro.

Os diferentes tipos de usos da terra e a cobertura vegetal do entorno da represa indetificados e mapeados dentro da área de estudo foram, em seguida, classificados de acordo com a fragilidade correspondente à cada classe (Tabela 4). Para isso, foram considerados os estudos de Ross (1994), Kawakubo et al. (2005) e Silveira (2009), além da pesquisa de campo, a qual contribuiu para a posterior reflexão e ajustamento dos pesos segundo as informações observadas *in loco*.

Tabela 4 – Níveis de fragilidade para a variável uso da terra e cobertura vegetal.

Classes de uso da terra e cobertura vegetal	Área ocupada (%)	Fragilidade
Área urbana	7,6	Alta (4)
Campo sujo	19,7	Baixa (2)
Cana-de-açúcar	27,3	Alta (4)

Casas de veraneio	3,9	Baixa (2)
Citrus	2,9	Média (3)
Estrada	0,4	Muito Alta (5)
Loteamento	7,4	Média (3)
Orla	0,9	Muito Alta (5)
Pastagem	5,5	Baixa (2)
Pista de Pouso	0,8	Baixa (2)
Reflorestamento	5,0	Baixa (2)
Rodovia	0,2	Muito Baixa (1)
Solo exposto	0,4	Muito Alta (5)
Várzea	9,7	Muito Baixa (1)
Vegetação	8,1	Muito Baixa (1)

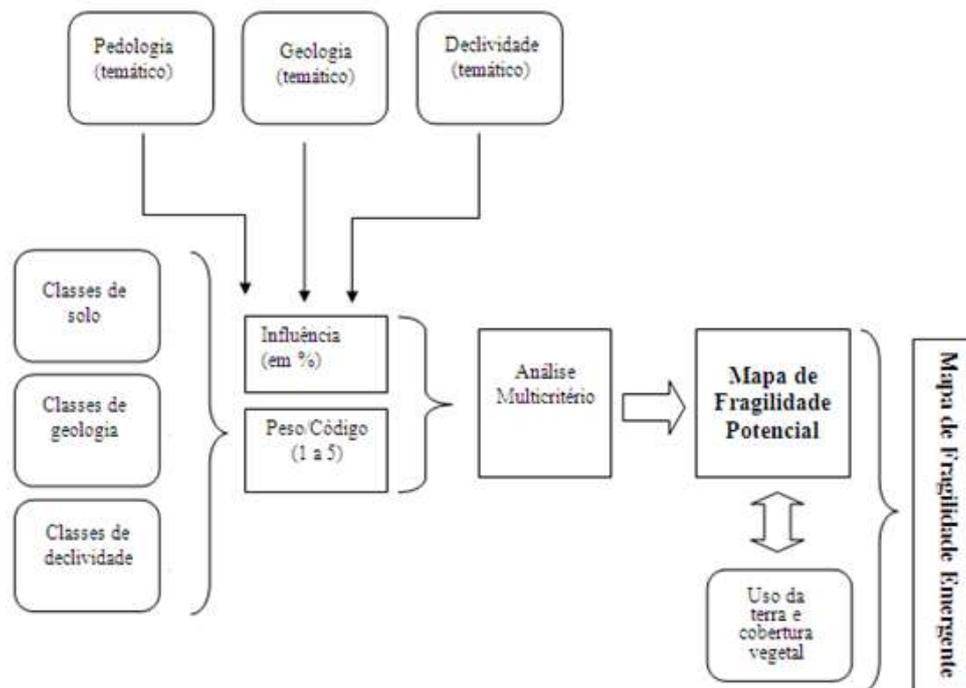
Fonte: elaborado pelos autores, 2015. Adaptado de Ross (1994), Kawakubo et al. (2005) e Silveira (2009).

A segunda etapa da pesquisa se concentrou na integração desses mapas temáticos intermediários através da análise multicritério (*overlay*) no SIG/ArcGis, revelando áreas mais ou menos frágeis, potencial e emergente, em razão das influências e pesos atribuídos. Cada mapa temático recebeu uma influência no conjunto (em %), totalizando 100%, além da atribuição hierárquica de peso (de 1 a 5) a cada classe de cada variável, segundo esquematizado na figura 2. Nesse procedimento a revisão bibliográfica e os estudos *in loco* foram essenciais, pois proporcionaram um conhecimento apurado da área de estudo, relevando os aspectos que mais influenciaram para a fragilidade ambiental da área.

A partir do cruzamento das informações de solo, geologia e declividade com influências de 40%, 10% e 50%, respectivamente, gerou-se o mapa de fragilidade potencial, o qual revela os altos níveis de fragilidade física.

O segundo produto cartográfico de síntese é relativo à fragilidade emergente. Este mapa foi produzido a partir da integração entre o mapa de fragilidade potencial e o mapa de uso e cobertura da terra, determinando, assim, a sensibilidade dos aspectos físico-naturais frente à ação antrópica. A figura 2 resume as etapas metodológicas envolvidas neste trabalho.

Figura 2 – Procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.

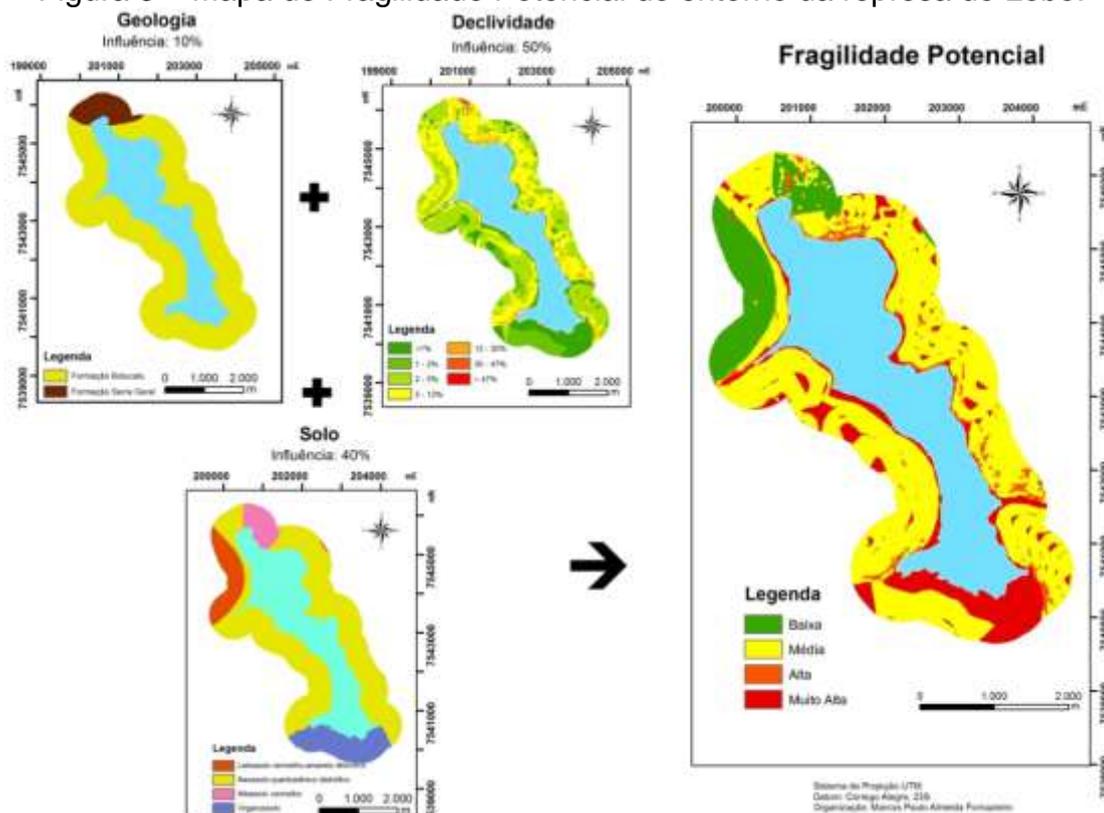


Fonte: elaborado pelos autores, 2015.

## Resultados e discussões

O mapa de fragilidade potencial (Figura 3) é a síntese das informações referentes às classes de solo, geologia e declividade. Esta análise apresenta as áreas de fragilidade natural do terreno, revelando aquelas que são mais ou menos sensíveis à ação da morfogênese.

Figura 3 – Mapa de Fragilidade Potencial do entorno da represa do Lobo.



Fonte: Autores, 2012.

No entorno da represa do Lobo houve predomínio das unidades de fragilidade potencial média, resultado da ocorrência de neossolo quartzarênico associado à áreas de média-baixa declividade, entre 2 a 12%. Este tipo de solo apresenta a maior erodibilidade e erosividade dentre as classes pedológicas identificadas e embora a declividade não seja relativamente acentuada no entorno do reservatório, o neossolo quartzarênico passa a revelar problemas relativos à erosão a partir dos 5% de declividade.

As áreas caracterizadas como baixa fragilidade concentraram-se ao longo da faixa de latossolo vermelho-amarelo e nitossolo vermelho, associados à declividade entre 2 e 12%, o que implica em menores perdas por erosão, tanto pela baixa e média inclinação do terreno quanto pela resistência à erosão desses tipos de solo.

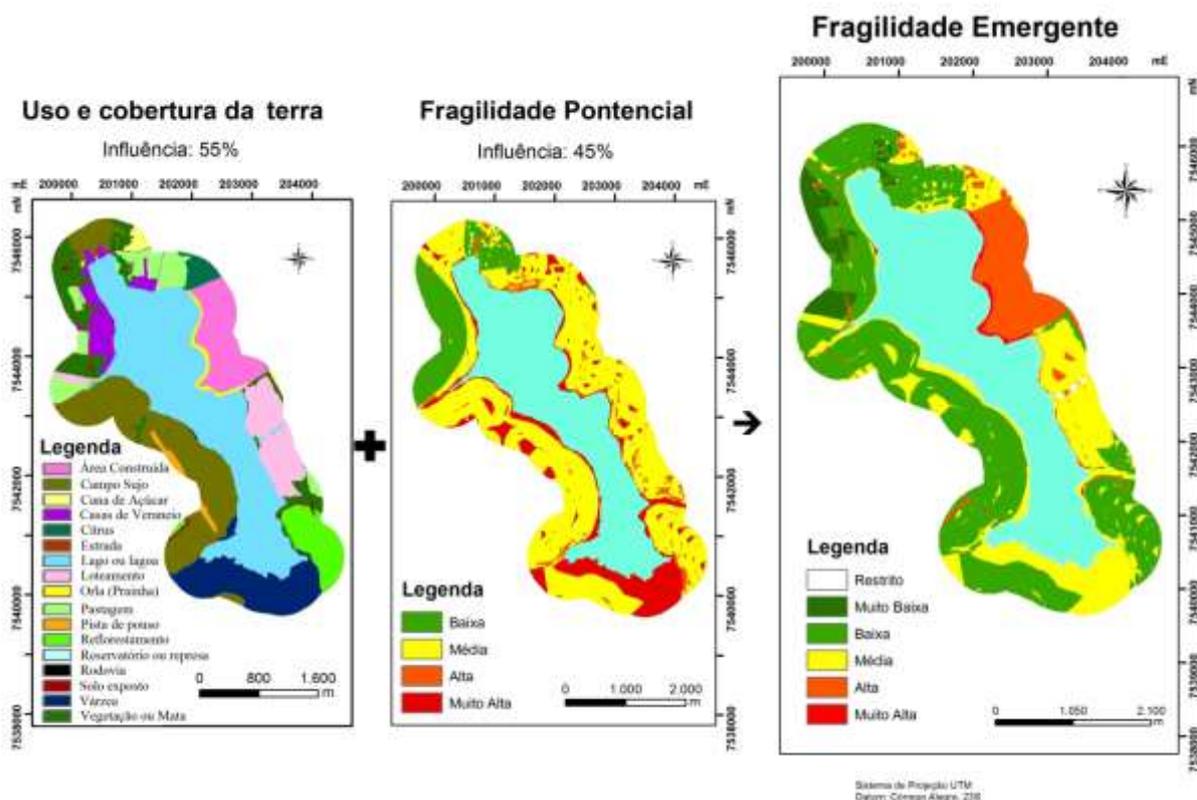
As declividades entre 12% e 47% contribuíram para elevar a fragilidade para categoria alta em certas áreas ao norte da represa sobre

predominância do nitossolo vermelho e em outras regiões com presença de neossolo quartzarênico.

Já as unidades de fragilidade potencial muito alta, portanto bastante restritivas a ocupação, centralizaram-se ao sul da área, onde se verificam solos hidromórficos (organossolos). São solos mal drenados, que permanecem saturados de água durante praticamente todo o ano. É notável também que em áreas cuja inclinação não supera 1% exista uma vulnerabilidade natural à inundação períodica proveniente do reservatório e dos canais de drenagem. Por essa razão, trata-se de área que deve ser reservada   preservação.

O segundo produto cartográfico de síntese é relativo à fragilidade emergente da área, o qual determina a sensibilidade dos aspectos físico-naturais frente   a o antrópica (Figura 4).

Figura 4 – Mapa de fragilidade emergente do entorno da represa do Lobo.



Fonte: Autores, 2012.

De modo geral, os resultados revelam que o uso da terra e a cobertura vegetal do entorno do reservatório não intensificou a fragilidade natural (potencial) daquele ambiente, salvo em alguns locais com padrões de urbanização mais densos, infraestrutura deficitária ou em áreas com baixa cobertura vegetal.

As unidades de fragilidade emergente muito baixa apresentaram menor expressividade no contexto da área de estudo, estando associadas aos fragmentos de vegetação nativa e mata ciliar sobre predominância do latossolo vermelho-amarelo ao noroeste da represa e também à jusante do ribeirão do Lobo, junto a sua margem esquerda.

A cobertura vegetal oferece muito alta (muito baixa fragilidade – vide tabela 4) proteção ao solo, o que implica em menores perdas por erosão, especialmente quando a cobertura pedológica já é relativamente mais resistente aos processos erosivos, como é o caso do latossolo vermelho-amarelo.

As áreas classificadas como baixa fragilidade emergente são predominantes na área, concentrando-se, principalmente, no setor oeste da represa, onde se verificam os campos sujos, as chácaras de veraneio e alguns fragmentos de pastagem com baixo pisoteio. Estas classes de uso e cobertura da terra foram qualificadas como baixa fragilidade, pois oferecem alta proteção ao solo, o que contribuiu, em setores de baixa declividade, para categorizá-los como baixa fragilidade.

As casas de veraneio, predominantes no setor noroeste da represa, não determinaram de maneira direta a fragilidade emergente por consequência da grande extensão dos lotes e por apresentarem maior quantidade de áreas verdes, o que facilita a infiltração da água e ameniza o escoamento superficial. Há que se destacar, porém, que a proximidade com o reservatório em alguns casos elevou a fragilidade da área para média, uma vez que os riscos de inundação são frequentes.

As unidades de fragilidade categorizadas como média estão presentes numa estreita faixa do entorno do reservatório por representarem riscos à inundação em períodos de cheia. Os loteamentos também configuram como média fragilidade, já que estão localizados sobre uma cobertura

pedológica frágil (neossolo quartzarênico), embora não haja ainda excesso de impermeabilização do solo. As áreas de várzea que se situam ao sul da represa também aparecem dentro categoria média fragilidade por corresponderem a uma área frágil do ponto de vista natural. Entretanto, quando a ocupação destas é evitada, os problemas relativos a inundações e enchentes são bastante controlados.

A alta fragilidade aparece junto às estradas, área urbana e culturas de ciclo curto, associadas a médias e altas declividades (superior a 12%). A área urbana apresenta elevada impermeabilização do solo e as ruas não pavimentadas construídas paralelamente no sentido das curvas de nível e com rede de galerias pluviais deficientes provocam sérios problemas de erosão, com aparecimento de sulcos e ravinas.

Os solos expostos e a orla (prainha) foram os grandes responsáveis por elevar alguns setores da área estudada à categoria de fragilidade emergente muito alta. O solo exposto está suscetível à ação direta dos agentes erosivos, o que provoca o assoreamento dos cursos d' água. A orla, por sua vez, está localizada exatamente na periferia da área construída, onde os problemas relativos à erosão e assoreamento são refletidos (Figura 5). Além disso, a orla da represa está inserida dentro do limite mínimo estabelecido para APP, ocupando-o com calçadas, quiosques e muretas de contenção.

Figura 5 – Processo erosivo de galeria de água e assoreamento de canal de drenagem em área adjacente à orla.



Fonte: Autores, 2012.

É em razão dos danos provocados pelo uso inadequado do solo que se torna imprescindível conhecer e respeitar a fragilidade dos ambientes, a fim

de evitar alterações irreversíveis no equilíbrio dinâmico destes ambientes, na sociedade e atividades econômicas intimamente ligadas à qualidade ambiental.

O uso da terra deve ser compatível com a fragilidade potencial de determinado ambiente, reconhecendo setores mais propícios a certos usos e inadequados a outros. Medidas que visam o planejamento físico tendem a minimizar degradações ambientais na medida em que tem por objetivo ordenar a ação antrópica sobre o território.

Logo, as cartas de fragilidade ambiental do entorno de reservatórios são determinantes para verificar usos incompatíveis com a finalidade do corpo d'água, os quais podem vir a comprometer a qualidade das águas, provocar forte descaracterização da paisagem, desencadear processos erosivos acelerados e gerar tantos outros impactos que, em conjunto, são capazes de repelir turistas.

No caso, foi possível verificar que a represa do Lobo apresentou usos compatíveis à finalidade de balneabilidade, que é predominantemente no setor oeste da mesma. Nesta região, encontram-se as maiores concentrações de cobertura vegetal nativa e casas de veraneio, as quais caracterizam áreas de baixa fragilidade e, portanto, de baixo impacto ao ambiente.

A falta de matas ciliares ao longo dos afluentes e do reservatório pode intensificar o processo de assoreamento da represa, prejudicando, assim, a qualidade das águas, a balneabilidade e a pesca.

A parte leste do reservatório, pertencente ao município de Itirapina, apresentou, por outro lado, usos mais incompatíveis à fragilidade da área, tornando-se o setor mais crítico e sobre o qual as ações governamentais devem se concentrar. Na área construída (Balneário Santo Antônio), os problemas de infraestrutura, o parcelamento irregular do solo e a baixa quantidade de áreas verdes elevaram a fragilidade à categoria alta, o que significa a geração de fortes impactos ao ambiente, os quais são verificados também na orla da represa, o que pode afetar seu potencial turístico num futuro breve.

Desse modo, o mapa de fragilidade emergente foi pertinente para identificar as regiões mais críticas em razão da fragilidade alta e muito alta encontradas, direcionando planos e ações voltados ao disciplinamento do uso do solo.

## **Considerações finais**

A análise da fragilidade ambiental de reservatórios interiores destinados à prática recreativa e de lazer mostrou ser um instrumento de grande utilidade para ordenamento e planejamento turístico daqueles ambientes, disciplinando os usos do solo e tornando-os mais condizentes com as fragilidades e a finalidade do corpo d'água.

A partir de produtos cartográficos subsidiários ao planejamento, o trabalho buscou ainda traçar diagnósticos ambientais para a área de estudo e revelar os impactos ambientais desencadeados pela atividade turística que, quando mal planejada, pode acarretar na degradação ambiental e no comprometimento da própria atividade, visto que ao se desconsiderar a capacidade de suporte e a fragilidade ambiental pertinentes ao meio ambiente, acelera-se o processo de degradação ambiental.

No estudo de caso, constatou-se que a área na qual a represa do Lobo está inserida é frágil do ponto de vista físico, sobretudo em razão da cobertura pedológica, a qual é constituída predominantemente de neossolo quartzarênico, sendo este muito susceptível à erosão. No entanto, o relevo relativamente plano acaba amenizando o desencadeamento de processos erosivos mais acelerados e assoreamentos mais intensos, fazendo com que a fragilidade potencial da área se mantivesse, na maior parte, como média.

Quanto à fragilidade emergente, pôde-se averiguar que os usos atuais identificados no entorno da represa mostraram-se pouco impactantes, refletindo numa baixa fragilidade em vários setores da área. Contudo, em certas regiões a fragilidade se elevou para a categoria alta e muito alta, em razão da presença de construções mais adensadas, com lotes pequenos, redes pluviais deficientes e menor quantidade de vegetação. A área compreendida pela orla também mostrou-se frágil por apresentar processos de erosão e assoreamento, além de ocupar a faixa de proteção relativa à APP do reservatório.

Desse modo, o mapa de fragilidade emergente foi pertinente para identificar as regiões onde os atuais usos estão contribuindo para a degradação

mais acentuada dos ambientes já frágeis do ponto de vista físico e subsidiar ações que possam reverter esse processo e garantir o desenvolvimento continuamente saudável do turismo.

Destacam-se também as técnicas de SIG aplicadas na geração e integração dos mapas, as quais permitem agilizar a análise das características físico-naturais e antrópicas, bem como o cruzamento dessas informações por meio do recurso de *overlay*. A análise multicritério, por sua vez, proporcionou uma maior flexibilidade no comparativo de diferentes cenários devido à facilidade na seleção e ponderação das variáveis, gerando bons resultados para tomada de decisão.

Por fim, recomenda-se que os planos diretores de desenvolvimento turístico considerem as fragilidades ambientais dos territórios envolvidos, sobretudo, quando se trata de reservatórios potencialmente turísticos, os quais tendem a ter sua capacidade balneária afetada pela incompatibilidade dos usos e coberturas das terras diante de seus aspectos físico-naturais.

## **Agradecimentos**

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio oferecido ao desenvolvimento desta pesquisa.

## **Referências**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). O Turismo e o lazer e sua interface com o setor de recursos hídricos. **Caderno de Recursos Hídricos**, Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BOULLÓN, R. **Planejamento do espaço turístico**. Bauru, SP: EDUSC, 2002.

BORDEST, S. M. L. Turismo e conservação da natureza na Chapada dos Guimarães: a difícil convivência. In: VASCONCELOS, F. P. (Org.). **Turismo e Meio Ambiente**. Fortaleza: UECE, 1998, v. 3, p. 76-80.

DOUROJEANNI, M.J. **Construindo o futuro do Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 2006.

FORNAZIEIRO, M.P.A. **Geotecnologias para o estudo de fragilidade ambiental no entorno da represa do Lobo, Itirapina/SP, com vistas ao**

**(eco)turismo**. 2012. Relatório de Iniciação Científica (FAPESP) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2012.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – IGG. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: folha geológica de São Carlos. São Paulo, 1966. Escala 1: 100.000.

KAWAKUBO, F. S. et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, p. 2003-2210, 2005.

MIGLIORINI, S. M. S. et al. A necessidade de se planejar o uso turístico do lago do reservatório da usina Salto Osório – Paraná: atividades turísticas desenvolvidas no local e os consequentes impactos ambientais. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 5, n.2, p. 115 – 142, 2010.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 2899-2906.

PRADO, H.; OLIVEIRA, J. B.; ALMEIDA, C. L. F. **Levantamento Pedológico Semi-Detalhado do Estado de São Paulo**: quadrícula de São Carlos, Rio de Janeiro, 1981. Escala 1:100.000.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH/USP, n. 8, p. 63-74, 1994.

RUSCHMANN, D. V. M. **Turismo e Planejamento Sustentável**: a proteção do meio ambiente. São Paulo: Papirus, 1997.

SILVEIRA, A. **Diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP): uma abordagem geográfica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2009.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977, 97p.