

## Mapeamento das Fragilidades Potencial e Emergente no Município de Ibatiba / ES

Miquelina Aparecida Deina<sup>1</sup>  
André Luiz Nascentes Coelho<sup>2</sup>  
Elaine Cristina Silva Guimarães<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal do Espírito Santo - IFES - Campus Ibatiba  
Av. 7 de Novembro – n.40, Centro, CEP 29395-000 - Ibatiba - ES, Brasil  
miquelina.deina@ifes.edu.br; elaine.guimaraes@ifes.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo – Depto. de Geografia/CCHN/UFES  
Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias  
Av. Fernando Ferrari, 514 - 29075-973 - Vitória - ES, Brasil  
alnc.ufes@gmail.com

**Abstract.** This meta paper identify classes Fragilities Potential and Emerging in Ibatiba municipality in the state of Espírito Santo - Brazil, from modeling integrated GIS environment with products and Remote Sensing techniques validating the mapping of documentary records, photographic and validating in the field. The results allowed define and calculate the areas in degrees and percentage of weaknesses and prove its efficiency. This methodology allows the delimitation of other municipalities, watersheds and regions of Brazil, constituting an important information to aid in decision-making example of the Municipal Master Plans and also management of basins.

**Palavras-chave:** Geotecnologias, Geographical Analysis, Territorial Planning., Geotecnologias, Análise Geográfica, Ordenamento Territorial e Ambiental.

### 1. Introdução

O mapeamento e a análise das fragilidades potencial e emergente ganha importância crescente nos estudos socioambientais, pois permitem identificar as susceptibilidades naturais, como também, aquelas provenientes da forma de uso da terra no recorte espacial de municípios ou bacias hidrográficas (MARÇAL, 2009). Estes recortes são constituídos por um conjunto de elementos naturais (bióticos e abióticos) associados aos elementos antrópicos formando um sistema dinâmico e complexo, sensível a alterações em qualquer um de seus componentes, o que pode comprometer o seu equilíbrio (DEINA, 2013).

Um destes elementos antrópicos de destaque, é o modelo de urbanização desordenada, presente nas grandes, médias e também nas pequenas cidades, que incide sobre uma série de fatores de degradação socioambiental, em especial, sobre as bacias de drenagem, que segundo Cunha (2003) refletem a forma de uso e a dinâmica do homem sobre a mesma.

O uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) contribuem na identificação e análise destes ambientes a partir da elaboração de mapas de Fragilidades Potencial e Emergente auxiliando na compreensão integrada dos distintos elementos físico-naturais - geomorfológicos, pedológicos, entre outros - aliados aos componentes de ordem social materializados na forma de uso da terra (ROCHA et. al., 2013).

O Município de Ibatiba no Estado do Espírito Santo (Figura 1) constitui-se num importante recorte espacial em que os fatores relacionados ao uso desordenado da terra potencializam as fragilidades, pois parte das moradias estão assentadas nas encostas dos morros ou no fundo do vale.

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo principal mapear e quantificar os diferentes níveis de Fragilidade Potencial e Emergente, utilizando a metodologia proposta por Ross (1994), no Município de Ibatiba (ES), com base nos elementos físico-naturais de declividades/ inclinação da vertente, classes de solos, e das ações antrópicas através dos tipos de uso e cobertura da terra.

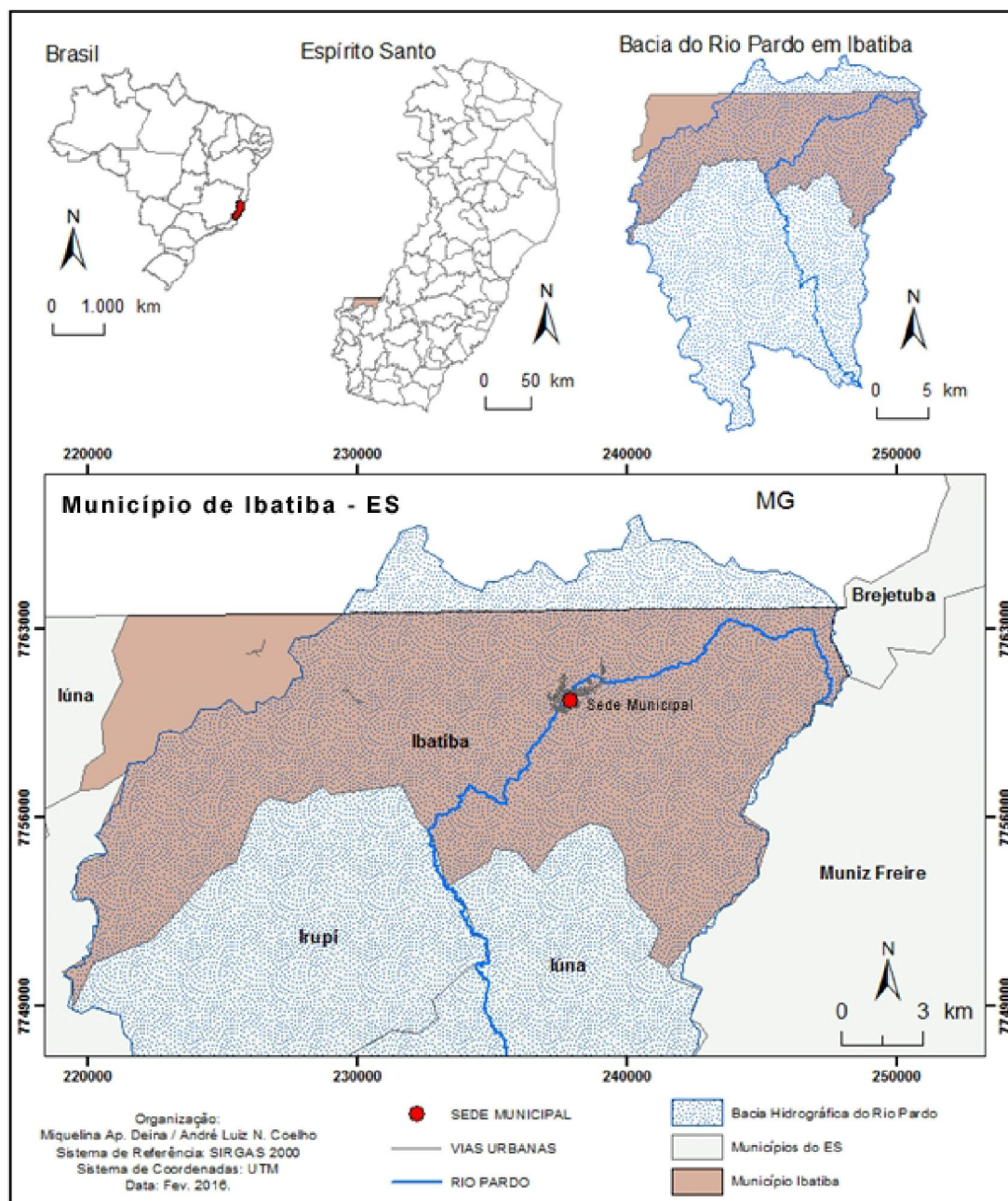


Figura 1 – Mapa de localização da bacia do rio Pardo e o Município de Ibatiba (ES).

## 2. Metodologia de Trabalho

A primeira etapa do trabalho partiu com a aquisição de referencial bibliográfico e de documentos tais como artigos, periódicos, relatórios e mapas Geológicos, Geomorfológicos, Pedológicos do Projeto Radambrasil (1983), enquanto a segunda etapa contou com a aquisição dos Planos de Informações: Limite Estadual (IBGE, 2015); Limite Municipal, Geomorfologia, Solos e Uso e Cobertura da Terra (IJSN, 2013); Bacias Hidrográficas (IEMA, 2010); Dados Topográficos da Missão *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM versão 4 de resolução de 90 x 90 metros (JARVIS et. al., 2008) e o emprego do *GPS Essentials* em Plataforma Android com erro máximo de 3 metros na validação dos produtos em campo.

O processamento dos dados vetoriais e matriciais foram realizados no SIG ArcGIS 10.4 ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000, Zona 24 Sul (IBGE, 2005). A partir destas referências e dados iniciou-se a elaboração dos mapas de

declividade, solos e classes de uso e cobertura da terra, seguido da definição de coeficientes/ graus de importância entre 1 a 5 de acordo com a proposta de Ross (1994), adaptado as características socioambientais do objeto de estudo, sendo o valor 5 relacionado à altíssima fragilidade e da definição do tamanho das células de 90 x 90.

A variável Declividade/Inclinação da Vertente partiu do dado SRTM4 que foi recortado/extraído do município, gerando a declividade e reclassificado com a sequência de comandos – *Extract by Mask, Slope* e *Reclassify*, empregando as seguintes classes e coeficientes: Declividades 3 a 6% (valor = 1), Declividades 6 a 12% (valor = 2); Declividades 12 a 20% (valor = 3); Declividades 20 a 30% (valor = 4) e Declividades > 30% (valor = 5).

A variável Solo teve como base o Plano de Informação vetorial Solos que foi recortado no limite do município - comando *Clip*, dissolvido nas tipologias de solos - comando *Dissolve*, seguido da criação de um campo numérico “Peso” na tabela de atributos - comando *Create Field* e atribuição de coeficientes conforme as classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (valor = 2); Cambissolo Distrófico e Cambissolo Álico (valor = 4); e Solos Litólicos Álicos (valor = 5). Por fim, a transformação para Raster - comando *Polygon to Raster*.

A variável Uso e Cobertura da Terra teve como base o plano de informação vetorial Usos recortado no limite do município - comando *Clip*, dissolvido nas tipologias de usos - comando *Dissolve*, seguido da criação de um campo numérico “Peso” na tabela de atributos - comando *Create Field* e atribuição de coeficientes conforme classes de Usos e Coberturas: Floresta (valor = 1), Silvicultura (valor = 2), Cultura e Afloramento (valor = 3), Pastagem (valor = 4) e Área Urbana (valor = 5), finalizando com a transformação para Raster a partir do comando *Polygon to Raster*.

Em seguida, foram elaborados os mapas de Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente (Figura 2) utilizando como base teórica a metodologia de Ross (1994) sobre as fragilidades dos ambientes naturais e antropizados, adaptada ao objeto de estudo.

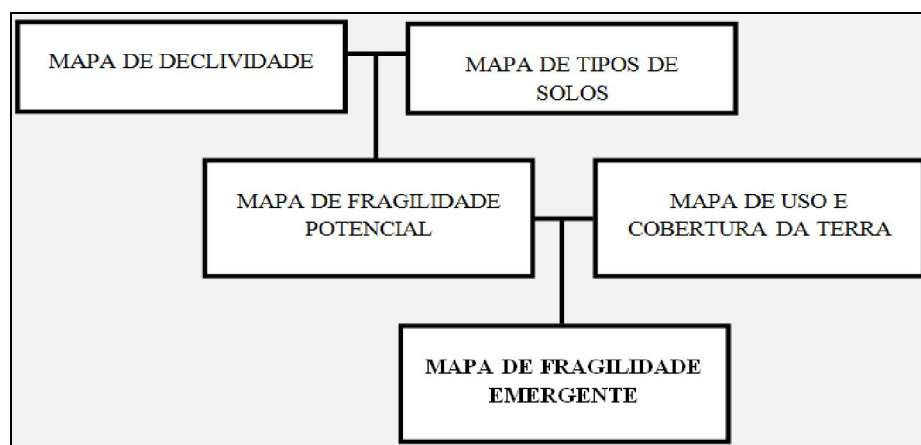


Figura 2 – Variáveis utilizadas para obtenção da Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente.

A elaboração do mapa de Fragilidade Potencial foi expressa pelo algoritmo matemático através da função - *Raster Calculator* (**declividade + classes de solos**)/2 proporcionando a identificação das classes de fragilidade potencial em cinco categorias sendo: Muito fraca; Fraca; Média; Forte e Muito forte.

Já a Fragilidade Emergente, por sua vez, foi elaborada pelo cruzamento das informações da carta de Fragilidade Potencial com as informações de tipos de uso e cobertura da terra (**fragilidade potencial + tipos de uso e cobertura da terra**)/2, também a partir da ferramenta *Raster Calculator* do ArcGIS 10.4, gerando as seguintes classes de fragilidade emergente para o Município de Ibatiba: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta.

A validação dos mapeamentos de Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente foram realizadas através de duas campanhas de campo realizadas com os Docentes e Discentes do Instituto Federal do Espírito Santo (Campus Ibatiba), na disciplina de Geomorfologia, Ciência e Conservação dos Solos.

### 3. Resultados e Discussão

O Município de Ibatiba (ES) situa-se na Região do Caparaó sendo geomorfologicamente composto por três Unidades: a) Maciços do Caparaó I, cujas altitudes variam de 500m a 1200m, abrangendo a maior parte do território incluindo a sede municipal, b) Maciços do Caparaó II, compreendendo uma pequena parcela no extremo Oeste de Ibatiba, com altitudes que podem ultrapassar os 1800m e, c) Patamares Escalonados do Sul Capixaba, com a segunda maior área de ocorrência do município na porção Centro-Oeste com, altitudes em torno de 500m a 800m (COELHO *et. al.*, 2012; IBGE, 2015).

Porção significativa do município, 87% da área total, está inserida na bacia hidrográfica do rio Pardo que verte das terras altas do extremo Leste e percorre seu curso natural no sentido Nordeste-Sudoeste até alcançar o limite municipal de Ibatiba e continuar seu trajeto no sentido Noroeste-Sudeste (Figura 1).

Os solos predominantes do município são: a) Latossolo Vermelho-Amarelo, solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos e normalmente bastante profundos, associados a relevos planos, suave ondulados e ondulados; b) Cambissolos Distróficos e Álicos, pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente, fertilidade natural variável, comum em relevos com declives acentuados; c) Solos Litólicos, são muito pouco desenvolvidos, rasos, não hidromórficos, com horizonte A diretamente sobre as rochas, pedregosos e rochosos, comum em ambientes montanhosos (IJSN, 2013, EMBRAPA, 2006).

O clima predominante na região, com base na classificação de Köppen (VALE, 2004; IEMA, 2010), é o tropical de altitude (mesotérmico com estação seca - Cw), possui verões relativamente quentes, temperaturas inferiores a 10°C nos meses mais frios do ano e índice pluviométrico, em geral, abaixo de 1300 mm/ano.

O mapa de Declividades (Figura 3A) revelou que mais de 65% da área municipal possui declividades superiores a 20%, sendo que 27,7% apresenta declividades entre 20 e 30% e 38,6% acima de 30% (concentradas no extremo Leste e Noroeste).

Já o mapa de solos (Figura 3B) revela que o Latossolo Vermelho-Amarelo Álico ocupa a porção central do Município (41% de área), por onde corre a maior parte do rio Pardo incluindo a área urbana. A Leste e Sudoeste há a ocorrência do Cambissolo Distrófico e Álico abrangendo 45% da área, coincidindo com áreas de elevada declividade, enquanto os Solos Litólicos Álicos ocupam a menor área (14%), localizando-se a Noroeste onde as declividades ultrapassam os 30%.

A partir da associação destas duas variáveis (*Declividade/Inclinação da Vertente+Solos*) foi possível identificar que a maior parte de Ibatiba possui Fragilidade Potencial entre Média e Alta, abrangendo respectivamente, 40% e 34,4% da área municipal (Figura 3C).

Destaca-se que as variáveis acima não levaram em consideração a ação antrópica (variável: *uso e cobertura da terra* - Figura 3D), com destaque para a cultura cafeeira que ocupa aproximadamente 70% da área do município e a pastagem com 14%, ambas praticadas com baixa tecnologia e técnicas pouco conservacionistas que colocam a qualidade dos solos e a estabilidade das vertentes em risco.

Na porção urbana (1,75% de área total) as construções no entorno do rio Pardo ocupam o estreito fundo do vale por onde o rio corre, sufocado em suas margens pelo uso e ocupação indevida da terra em praticamente todo o trecho do rio na porção urbana sujeito a inundações. Ocorre também à construção nas encostas locais que apresentam risco potencial para deslizamentos. Os demais usos e cobertura da terra ocupam áreas menores: a pastagem cobre



14,65% da área total do Município, a área florestada cobre 9,53% e a silvicultura apenas 3,82%.

A análise integrada das variáveis naturais e antrópicas possibilitou identificar as Fragilidades Emergentes do Município (Figura 3E) revelando que apenas 22% da área territorial apresenta graus Baixo e Muito Baixo, enquanto 65,5% grau de fragilidade Médio e 12% graus de fragilidades Alto e Muito Alto.

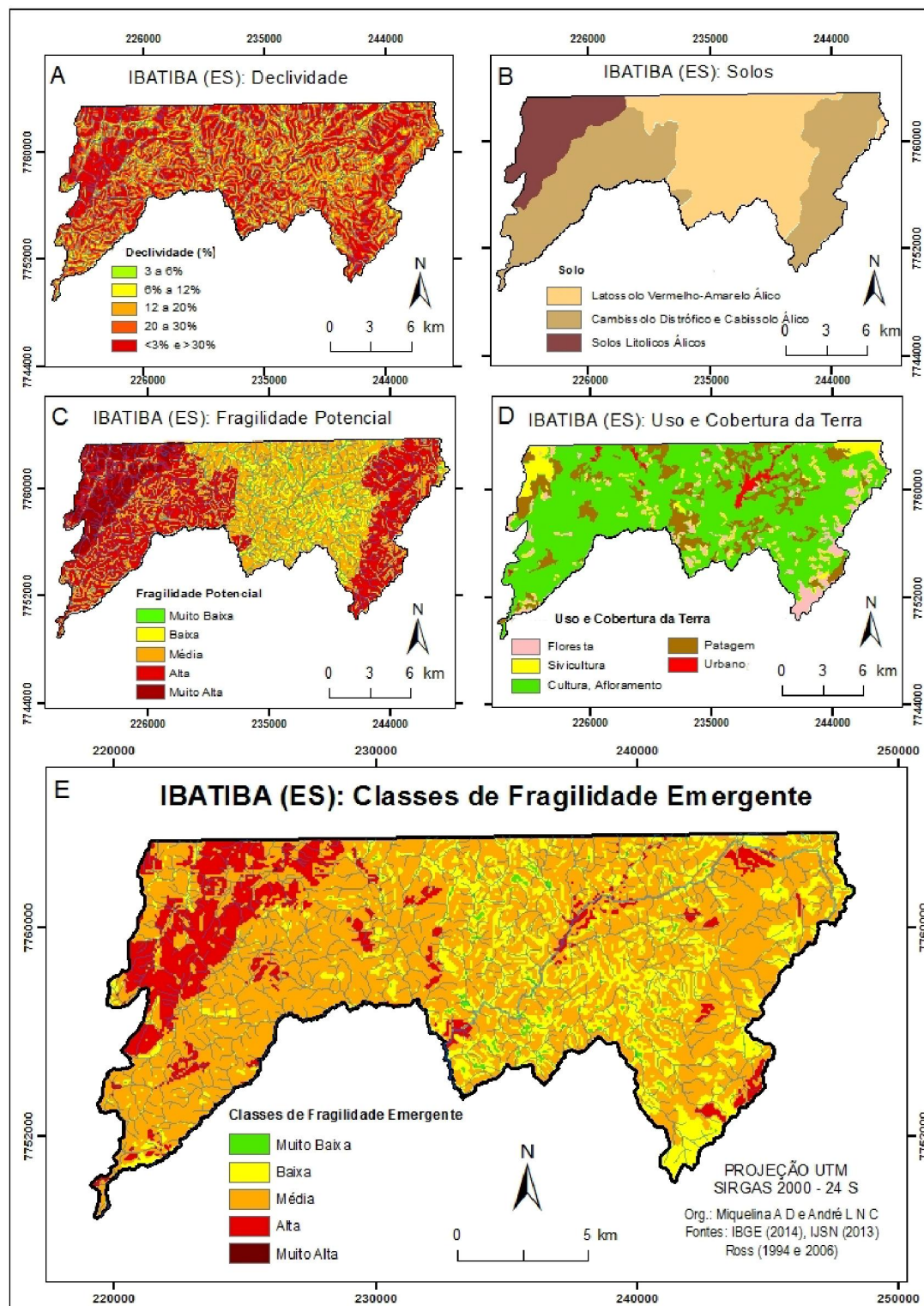


Figura 3: Mapas das variáveis e fragilidades do Município de Ibatiba (ES).

O mapeamento da Fragilidade Emergente (Figura 3E) obtidos (verificar plural e singular) para o Município de Ibatiba coincidiram com suas características naturais e com o tipo de uso e cobertura da terra, a exemplo dos locais em que se encontram as maiores declividades (setor extremo Leste e Noroeste), com ocorrência de solos rasos, recém formados (Solos Litólicos e Cambissolos) associados a práticas agrícolas inadequadas como o cultivo do café que apresentou fragilidade emergente Alta.

Os locais com as declividades mais suavizadas situadas, sobretudo na área central do Município (Figura 3E), com predomínio do Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, a Fragilidade Emergente foi considerada Média a Alta, pois parte desta área possui um solo em estágio avançado de intemperização, normalmente profundo, conferindo um pouco mais de estabilidade.

A Alta Fragilidade Emergente gerada revelou que parte da área central está associada ao risco de alagamentos em períodos de cheia do rio Pardo (Figura 4) e em função da urbanização que se desenvolveu no fundo do vale sufocando as margens do mesmo. Este, em sua porção urbana encontra-se em elevado nível de degradação, com excesso de lixo e esgoto lançados “*in natura*”, supressão da mata ciliar, deterioração das margens pelas construções que quase adentram o rio, assoreamento do leito e erosão em vários trechos.

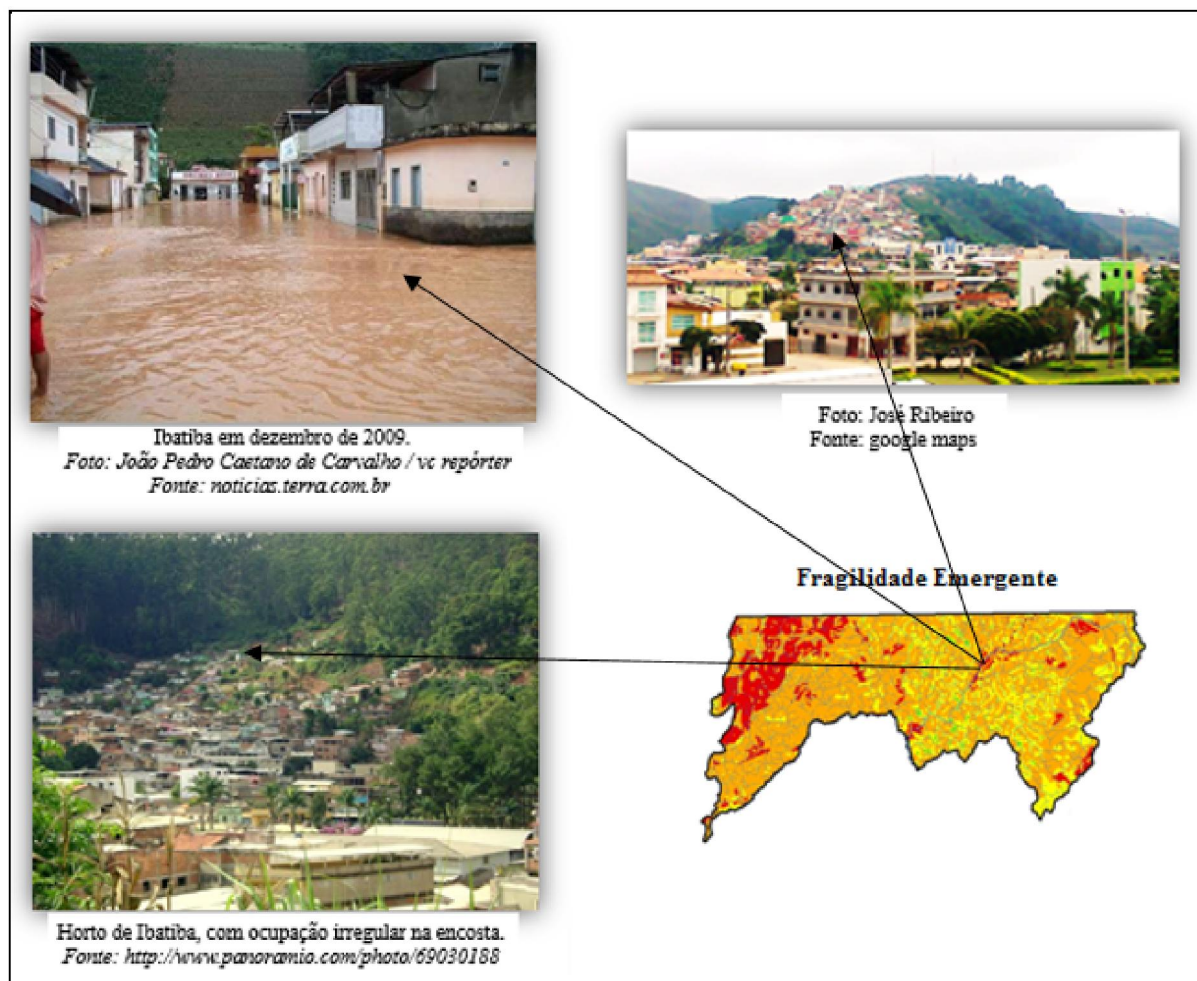


Figura 4 – Registro fotográfico da sede urbana do município de Ibatiba, destacando o fundo do vale inundado e duas encostas com ocupação irregular. Nota: Todas as situações evidenciadas na imagem foram classificadas com alto grau de fragilidade potencial.

Os níveis de fragilidade identificados na bacia hidrográfica do rio Pardo em Ibatiba são bastante elevados e demonstram a falta de planejamento urbano e ambiental adequado para a

gestão do território. Sob essa perspectiva, é importante ressaltar que o monitoramento e o conhecimento das áreas de maior fragilidade emergente podem servir de base para o direcionamento de novas ações que visam a contenção e a prevenção dos problemas socioambientais ocorridos no Município ao longo de sua bacia hidrográfica principal.

#### 4. Conclusões

A análise das fragilidades potenciais e emergentes da bacia do rio Pardo em Ibatiba possibilitou a compreensão e a correlação das características naturais frente às intervenções e os impactos causados pela ação antrópica. Esta foi determinante para explicar os elevados índices de fragilidade emergente identificados em Ibatiba. Quase 80% da área municipal foi classificada com fragilidade média (65,5%) e alta (12%).

O auxílio do SIG na elaboração do material cartográfico foi fundamental para a análise em questão. O produto síntese denominado “Ibatiba (ES): Classes de Fragilidade Emergente” possibilitou identificar e avaliar os locais da bacia do rio Pardo com maior grau de instabilidade.

Estas informações são de fundamental importância para a elaboração de políticas municipais com vistas a mitigação de tais problemas. A construção do PDM, por exemplo, necessita de trabalhos com tal nível de informação, assim como o planejamento e a gestão dos recursos hídricos e a criação e implantação do Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB, exigido pelas Leis Federais Nº 11.445/2007 e a Nº 12.305/2010.

Neste sentido, as evidências e exemplos aqui citados deixam clara a contribuição de trabalhos como este para o suporte ao planejamento e gestão urbano e ambiental integrado, que dê conta da complexa relação homem-natureza, sendo esta relação melhor compreendida no recorte espacial das bacias hidrográficas.

#### Agradecimentos

Ao Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias (LCGGEO) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), que por meio do Professor Dr. André Luiz Nascentes Coelho forneceu os planos de informações e SIG necessários a realização deste trabalho.

#### Referências Bibliográficas

- COELHO, A. L. N.; GOULART, A. C. O.; BERGAMASCHI, R. B. **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo**. XI *SINAGEO* - Simpósio Nacional de Geomorfologia: Maringá Anais. SINAGEO, 2012.
- CUNHA, Sandra Baptista da. Canais fluviais e a questão ambiental. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 219-238.
- DEINA, Miquelina A., **Alterações hidrogeomorfológicas no baixo curso do rio Jucu (ES)**, 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas Interativos do IBGE (2015): **Base de Dados Geográficos** Disponível em <[Índice de ftp://geoftp.ibge.gov.br/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/)> acesso em 04/03/2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **resolução IBGE nº 1/2005** que altera a caracterização do referencial geodésico brasileiro, passando a ser o SIRGAS-2000 (2005) Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto\\_mudanca\\_referencial\\_geodesico/legislacao/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf)> Acesso em 03/04/2016.
- IEMA. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório ecológico e econômico do Espírito Santo**. 2010. Disponível em: [http://www.meioambiente.es.gov.br/download/Relatorio\\_III\\_Diagnostico\\_Geobiologico.pdf](http://www.meioambiente.es.gov.br/download/Relatorio_III_Diagnostico_Geobiologico.pdf). Nov. 2010. Acesso em: 25 fev. 2016.



IJSN/CGEO - Instituto Jones dos Santos Neves / Coordenação de Geoprocessamento – **Base de Dados Geográficos**. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/>> 2013. Acesso em: 06/05/2015.

JARVIS A., H. I.; REUTER, A.; NELSON, E.; GUEVARA, 2008, **Hole-filled seamless SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)**. data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>. Acesso em: 5/12/2015.

MARÇAL, Mônica dos Santos. Bacia hidrográfica como novo recorte no processo de gestão ambiental. In: BICALHO, A. M. S. M.; GOMES, P. C. da C. **Questões Metodológicas e Novas Temáticas na Pesquisa Geográfica**. Rio de Janeiro: Publit, 2009. p. 185-205.

RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra. v. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro / Vitória. Rio de Janeiro: IBGE/Ministério das minas e energia – Secretaria Geral. 1983. 775 p.

ROCHA, Anderson Sandro da. CUNHA, José Edézio da. MARTINS, Vanda Moreira. **Mapeamento das Fragilidades Potencial e Emergente da Bacia Hidrográfica do Córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon – Paraná**. Revista Perspectiva Geográfica. Unioeste. v.8. n.9. 2013.

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

VALE, Cláudia Câmara. Características do Meio Físico. In: \_\_\_\_\_. **Séries Geomórficas Costeiras do Estado do Espírito Santo e os Habitats para o Desenvolvimento dos Manguezais: uma visão sistêmica**. 2004. 386 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - PPGGF - USP, SP - 2004. cap. 5, p. 165-170.