

AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE NA BACIA DO RIO SÃO MATEUS E O ENQUADRAMENTO DA APA DE CONCEIÇÃO DA BARRA (ES)

Carlos Alberto Kuster Pinheiro, Claudia Câmara Vale, André Luiz Nascentes Coelho

Universidade Federal do Espírito Santo

Resumo

O trabalho que ora se apresenta consiste no mapeamento das classes de fragilidade ambiental emergente da bacia do rio São Mateus, abrangendo terras dos municípios de Ecoporanga, Ponto Belo, Boa Esperança, Vila Pavão, Água Doce do Norte, Barra de São Francisco, Mantenópolis, Nova Venécia, Jaguaré, Conceição da Barra e São Mateus. Tais classes de fragilidade foram extraídas a partir da modelagem em ambiente de SIG utilizando ainda produtos, técnicas de sensoriamento remoto e validação do mapeamento com base em registros documentais, fotográficos e trabalhos de campo. Buscou-se também inserir a APA de Conceição da Barra no mapa de fragilidade ambiental para verificar o nível de fragilidade em que a mesma se encontra. Os resultados permitiram delimitar e calcular as áreas em graus e percentuais de fragilidade, comprovando sua eficiência nos registros e dados obtidos no campo. Tal metodologia possibilitou delimitação de outras áreas de bacias hidrográficas, municípios e regiões do Brasil, constituindo-se numa importante informação no auxílio das tomadas de decisões a exemplo dos planos de drenagem urbana e/ou manejo de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Geotecnologias; Análise Geográfica; Ordenamento Territorial e Ambiental.

Abstract

The present work consists of the mapping of the emergent fragility classes of the São Mateus River Basin, encompassing the lands of the municipalities of Ecoporanga, Ponto Belo, Boa Esperança, Vila Pavão, Água Doce do Norte, Barra de São Francisco, Mantenópolis, Nova Venécia, Jaguaré, Conceição da Barra and São Mateus. Such fragility classes were extracted from the GIS environment modeling, including products, remote sensing techniques and mapping validation based on documentary, photographic and fieldwork records. It was also tried to insert the conservation unit named APA of Conceição da Barra in the map of environmental fragility to verify the level of fragility in which it is found. The results allowed to delimit and to calculate the areas in degrees and percentages of fragility, proving its efficiency in the records and data obtained in the field. This methodology allows the delimitation of other areas of river basins, municipalities and regions of Brazil, constituting an important information in the aid of decision-making, such as urban drainage plans and/or river basin management.

Key words: Geotechnology; Geographic Analysis; Territorial and Environmental Planning

A busca por novos espaços sobre a superfície terrestre é uma das consequências do crescimento da população mundial, que busca atender as necessidades por mais alimentos, mais moradia, mais água, mais energia, dentre outras. Espaços são transformados pelas necessidades humanas atreladas a reprodução do capital, gerando espaços degradados na maioria das vezes. O que se constata é a falta de planejamento, pois a urbanização a todo custo estrangula as áreas destinadas a conservação e/ou preservação, que na maioria das vezes, quase

nada se preserva. Sem planejamento as cidades e as unidades de conservação crescem destituídas de ordenamento territorial, onde para atender a demanda dessas por alimento, por exemplo, espaços naturais são destruídos associados às práticas não conservacionistas (ROSS, 2009).

No Brasil, este cenário provoca danos socioambientais distintos, como os deslizamentos de encostas com ocupação irregular e os problemas advindos das enchentes e alagamentos em inúmeras cidades e áreas de UC. Ambas as situações estão inseridas no recorte espacial das bacias hidrográficas, que segundo Cunha (2003) refletem a forma de uso e cobertura da terra e sua dinâmica.

Com olhar voltado para esse cenário percebe-se a carência de estudos que possam avaliar a fragilidade ambiental de áreas rebaixadas conhecidas como as planícies costeiras do nordeste do Espírito Santo. A metodologia de Ross (1994; 2006) permite identificar o grau de fragilidade ambiental dos diferentes ambientes a partir da integração entre as características naturais e as intervenções humanas. Tal metodologia reforça a importância da bacia hidrográfica enquanto entidade de análise principal para o planejamento urbano e ambiental integrado.

Nesse trabalho, empregou-se as ferramentas do Sistemas de Informações Geográficas (SIG), dados e informações com referência geográfica que destacam os elementos inerentes ao relevo (estruturas, modelados, rede de drenagens, previsões de inundações, dentre outros) da área em estudo, desde alguns metros, até centenas de quilômetros, proporcionando diversos tipos de análises no âmbito dos estudos geoambientais (SAUSEN; NARVAES, 2015; JENSEN, 2009; FITZ, 2008; ROSS, 2009; FLORENZANO, 2008, 2007 e 2005). De posse dessas ferramentas geotecnológicas, esse artigo tem como objetivo principal identificar classes de fragilidades emergentes a inundações da bacia hidrográfica do rio São Mateus a partir da modelagem em ambiente SIG integrado com produtos e técnicas de Sensoriamento Remoto.

Como objetivos específicos pretende-se aplicar a metodologia de Ross (1994; 2006) na bacia do rio São Mateus (ES); verificar se a metodologia proposta por Deina e Coelho (2016) na bacia do Rio Jucu (ES) também se aplica à bacia do rio São Mateus; verificar o enquadramento da área da APA de Conceição da Barra no contexto das fragilidades emergentes da bacia do rio São Mateus; destacar as principais etapas da modelagem; verificar por meio de registros/documentos a viabilidade/eficiência da aplicação do modelo de fragilidade emergente como as áreas inundadas em eventos de temporais; difundir o uso integrado e a aplicação das geotecnologias referentes aos produtos de Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informações Geográficas nos estudos geográficos e no auxílio nas tomadas de decisões, a exemplo da proposição de usos adequados nesses ambientes a partir da revisão ou elaboração de Plano de Gerenciamento de Bacias.

Caracterização da área em estudo

O rio São Mateus é formado pela junção de seus braços norte e sul, cujas nascentes encontram-se nos municípios de Frei Gaspar (Braço Norte) e Mendes Pimentel (Braço Sul), ambos no estado de Minas Gerais. Tais rios alcançam o norte do Espírito Santo de oeste para leste, encontrando-se no município de Nova Venécia, onde toma o nome de rio São Mateus. Ao alcançar a planície cos-

teira bifurca-se infletindo para o sul, tomando o nome de rio Mariricu e o outro trecho inflete para o norte tomando o nome de rio São Mateus ou Cricaré, entre os municípios de São Mateus e Conceição da Barra, serpenteando a APA de Conceição da Barra desaguando em sua foz principal na cidade de Conceição da Barra.

A bacia do rio São Mateus drena uma área de aproximadamente 13.500 km² nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, no seu extremo leste encontra-se uma importante Unidade de Conservação, a APA de Conceição da Barra (Figura 1). Em Minas Gerais a área da bacia é de 5.934,6 km². Enquanto no Espírito Santo a bacia do rio São Mateus abrange área de 7.565,4 km².

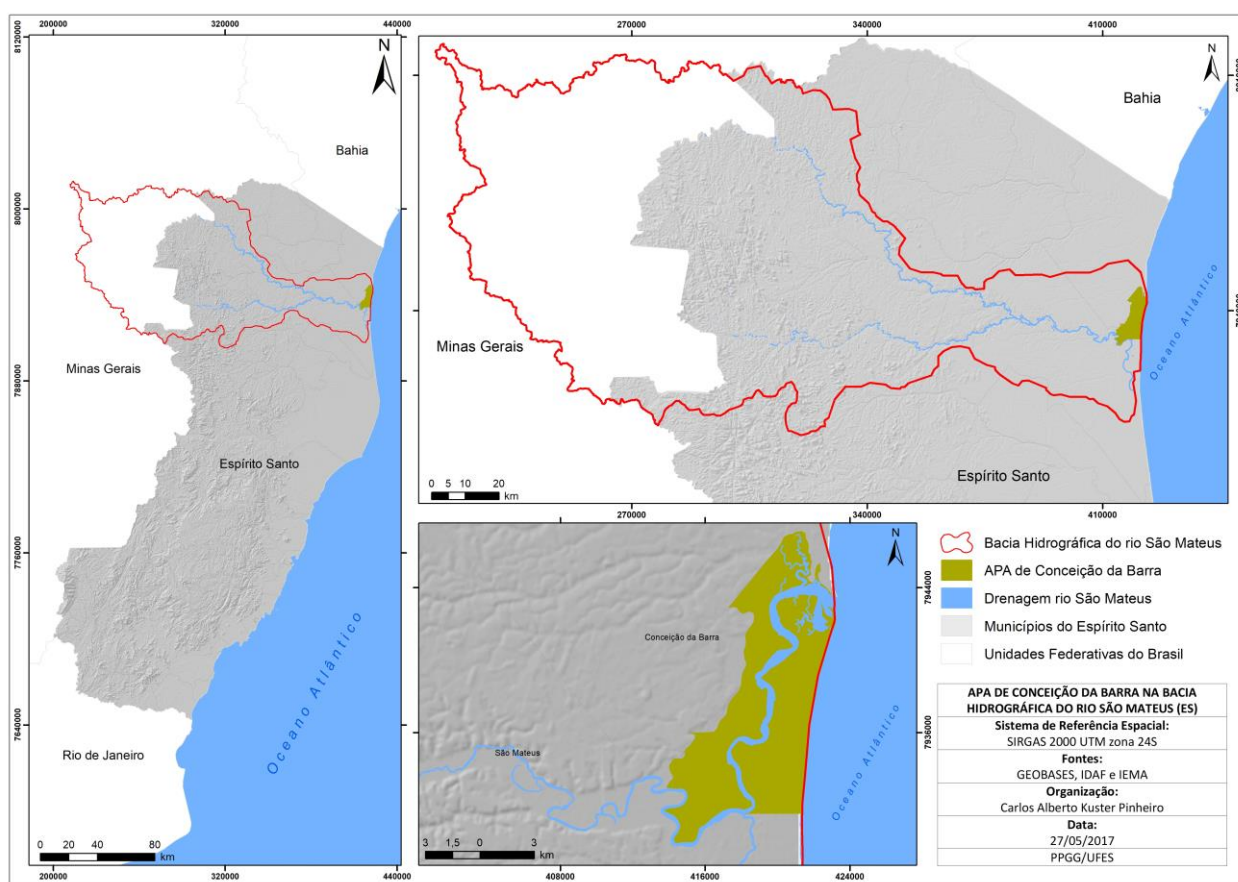


Figura 1. Localização da área em estudo com o destaque para a bacia e a APA Conceição da Barra.

Na bacia hidrográfica do rio São Mateus (ES) como um todo, as principais intervenções antrópicas são a poluição por agrotóxicos, o despejo de esgoto, o assoreamento promovido pela retirada das matas ciliares para a introdução de pastagens, o plantio de culturas temporárias e permanentes, a edificação de moradias, as construções de estradas, dentre outros. O baixo curso do São Mateus é o que mais sofre com estas intervenções, pois é a porção mais urbanizada onde se encontra as cidades de São Mateus e Conceição da Barra, ambas drenadas pelo rio principal dessa bacia hidrográfica. Nesse baixo curso está situada a APA de Conceição da Barra, uma área destinada a conservação que sofre com ações antrópicas à montante da bacia que transporta para essa área todo tipo de detritos e outras substâncias nocivas (PINHEIRO, 2017).

A bacia hidrográfica do rio São Mateus tem grande extensão apresentando bom potencial e aproveitamento agropecuário. O rio principal teve grande relevância na história capixaba, quando mostrou a sua navegabilidade, promovendo o desenvolvimento regional, o que transformou a cidade de São Mateus em centro econômico do norte do Espírito Santo, ainda antes do desenvolvimento da malha rodoviária capixaba.

Segundo o departamento de Engenharia do Petróleo da Universidade Federal do Espírito Santo (Comunicação pessoal, 2017) a economia da região está baseada na agricultura, pecuária, pesca, turismo e, principalmente, na produção petrolífera, com destaque para o município de São Mateus (ES), que tem uma população estimada pelo IBGE para o ano de 2016 em 127 mil habitantes. Também em Conceição da Barra há exploração de petróleo, possuindo uma população estimada para 2016, pelo IBGE, em aproximadamente 32.000 habitantes.

Metodologia de trabalho

Para que os objetivos fossem alcançados o estudo foi dividido em três etapas, iniciando com a aquisição da bibliografia e de documentos tais como artigos, periódicos, relatórios e mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos do Projeto Radambrasil (1983), dentre outros. Na segunda etapa foram utilizados os 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* – SRTM4 versão 4 de resolução de 90 metros (JARVIS et. al., 2008) e o emprego do GPS 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 10.5 ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000, Zona 24 Sul (IBGE, 2005), com todo o mapeamento produzido, seguindo a padronização cartográfica segundo propostas de Menezes; Fernandes (2013), Fitz (2008ab), Nogueira (2008); Slocum et. al., (2008) e Lo ;Yeung (2007).

O processo de criação do modelo de fragilidade ambiental emergente da bacia partiu com a definição de coeficientes/graus de importância entre 1 a 5 conforme Ross (1994; 2006), adaptado as características socioambientais do objeto de estudo, com o valor 5 relacionado à altíssima fragilidade e da definição do tamanho das células de 90 x 90 metros, adequados a escala do objeto de estudo. A variável Declividade/Clinografia partiu do dado SRTM4 que foi recortado/extraído no limite da bacia, gerado a declividade e reclassificado, utilizando a sequência de comandos – *Extract by Mask, Slope e Reclassify*, empregando as seguintes classes e coeficientes (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de fragilidade da variável declividade na bacia do rio São Mateus

Classes da Declividade	Valor	Classes de Fragilidade Ambiental	Área %
Declividades entre 0 a 3 %	5	Muito forte	27,97
Declividades 3 a 6 %	1	Muito fraco	6,81
Declividades 6 a 12%	2	Fraco	14,32
Declividades 12 a 20 %	3	Médio	16,57
Declividades 20 a 30 %	4	Forte	15,70
Declividades > 30 %	5	Muito forte	18,63

A variável hipsometria partiu também do dado SRTM4 recortado e reclassificado – usando o comando *Reclassify*, empregando as seguintes classes e coeficientes (Tabela 2).

Tabela 2. Classes de fragilidade da variável hipsometria na bacia do rio São Mateus

Classes das Elevações	Valor	Classes de Fragilidade Ambiental	Área %
Elevações > 60 m	1	Muito fraco	86,71
Elevações entre 30 a 60 m	2	Fraco	6,37
Elevações entre 20 a 30 m	3	Médio	1,83
Elevações entre 10 a 20 m	4	Forte	1,51
Elevações entre 0 a 10 m	5	Muito forte	3,58

Já a variável solo teve como base o Plano de Informação Vetorial Solos que foi recortado no limite da bacia - 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 classes de solos (Tabela 3).

Tabela 3. Classes de fragilidade do solo na bacia do rio São Mateus

Classes de Solos	Valor	Classes de Fragilidade Ambiental	Área %
Latossolo textura argilosa / Álicetrófico	1	Muito fraco	6,58
Latossolo textura média/argilosa / distrófico	2	Fraco	66,28
Nitossolos - Terra Rocha	3	Médio	0,55
Argissolos Vermelho-amarelo	4	Forte	22,26
Neossolos – Solos litólicos com ocorrência de campos de matação e Planossolos	5	Muito forte	4,24

Foi realizada uma adaptação dos níveis de interferência na estabilidade do ambiente de acordo com ROSS (2012) para a confecção do mapa de precipitação e suas classes de fragilidade ambiental. Em uma média histórica de 30 anos (1984 a 2014) da pluviosidade na bacia hidrográfica do rio São Mateus realizada segundo o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper, ES), permite afirmar que ocorre uma redução das precipitações à medida que se avança para o interior dessa bacia hidrográfica (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de fragilidade da variável precipitação na bacia do rio São Mateus

Classes Pluviométricas	Valor	Classes de Fragilidade Ambiental	Área %
900 – 1000 mm	1	Muito fraco	22,14
1000 - 1.200 mm	2	Fraco	54,33
1.200 - 1.400 mm	3	Médio	16,32
1.400 - 1.500 mm	4	Forte	6,57
1.500 - 1.700 mm	5	Muito forte	0,54

Por fim foi realizada a transformação para *Raster* a partir do comando *Polygon to Raster*. A variável Uso e Cobertura da Terra teve como base o Plano de Informação Vetorial Usos recortado

nos limites da bacia - 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 (Tabela 5).

Tabela 5. Classes de fragilidade da variável uso e cobertura na bacia do rio São Mateus

Classes de Uso e Cobertura	Valor	Classes de Fragilidade Ambiental	Área %
Floresta	1	Muito fraco	10,02
Silvicultura e Afloramento de Rochas	2	Fraco	14,10
Cultivo e Pastagem	3	Médio	72,41
Restinga em Regeneração	4	Forte	1,37
Área Urbana e Mangue	5	Muito forte	2,10

A Combinação das variáveis para elaboração do mapa de Fragilidade Emergente foi expressa pelo algoritmo matemático através da função - *Raster Calculator*: $FE = (DC+SO+HP+PL/4) + UC/2$ sendo: FE = Fragilidade Emergente; DC = Declividade; SO = Solo; HP = Hipsometria; PL = Pluviosidade; UC = Uso e Cobertura da Terra. Por fim, foram reclassificados em 5 classes de fragilidades emergentes: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta.

Na terceira etapa, de posse dos dados e resultados das etapas anteriores, gerou-se as análises referentes a fragilidade emergente da bacia do rio São Mateus e ao enquadramento da área da APA de Conceição da Barra (ES) junto a carta de fragilidade emergente.

Resultados e discussão

A bacia hidrográfica do rio São Mateus possui uma superfície de 13.500 km² em sua totalidade, sendo que 7.565,4 km² no estado do Espírito Santo, localizada sob o domínio interestadual (Minas Gerais e Espírito Santo) abrangendo onze (11) municípios do Espírito Santo: Ecoporanga, Ponto Belo, Boa Esperança, Vila Pavão, Água Doce do Norte, Barra de São Francisco, Mantenópolis, Nova Venécia, Jaguaré, Conceição da Barra e São Mateus. Segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas no Espírito Santo a bacia ocupa lugar de destaque, sendo a segunda maior bacia hidrográfica do Estado. Essa bacia é uma das principais responsáveis pelo abastecimento de água do norte do Espírito Santo.

Em todos os cursos da bacia, particularmente em seu baixo curso, nas últimas décadas, vêm sofrendo com a intensa urbanização, o que implica uma ocupação desordenada em direção aos cursos d'água. Tal fato coloca as populações em áreas de risco, por se tratarem de planícies de inundação. Na porção leste da bacia ocorrem alterações hidrológicas significativas, com alagamentos e inundações constantes.

O baixo curso do rio São Mateus, com uma área de aproximadamente 2.100 km², abrange os mais importantes municípios do Norte do Estado, dada a sua extensão territorial e suas características costeiras (São Mateus e Conceição da Barra), representa 15,58% da área total da bacia interestadual e 25,61% do total da bacia no estado do Espírito Santo. O baixo curso é o trecho

que mais sofre com a degradação socioambiental, tendo em vista que, além deste trecho ser o mais urbanizado, recebe ainda a influência de todas as alterações do curso à montante. Os municípios de São Mateus e Conceição da Barra, sofrem com os eventos de chuvas extremas, pois os seus extremos lestes estão praticamente assentados em planícies fluviais e costeiras, sujeitas naturalmente às inundações e com vários trechos de baixa altimetria.

Considerou-se como baixo curso da Bacia do rio São Mateus o momento em que os braços norte e sul do rio São Mateus se tornam menos encachoeirados e convergem para um único canal de drenagem, nesse exato momento a altimetria é modesta, em torno de 20 m, o que lhe permite permanecer com uma baixa declividade (0,05%) em direção a sua foz. Nesse trecho o rio São Mateus atravessa os vales encaixados dos tabuleiro e colinas costeiras da Formação Barreiras e mais adiante encontra a planície costeira quaternária.

Quanto as características naturais da bacia, merecem destaque os solos encontrados no baixo curso, área de maior instabilidade, a saber: a) Latossolo Vermelho-Amarelo, solo em avançado estágio de intemperização, muito evoluído, em geral bem drenado e bastante profundo, associado a relevos planos, suave ondulados e ondulados. Este é o solo juntamente com os solos argilosos vermelho-amarelo e os Neossolos Quartzarênicos que são os de maior representação em toda a bacia; b) Neossolos Flúvicos, distribuem-se pelas várzeas do rio e afluentes, de São Mateus à foz em Conceição da Barra. É derivado de sedimentos aluviais com horizonte A assentado sobre horizonte C, situado em planícies aluviais e em função do relevo, são normalmente profundos; c) Neossolos Quartzarênicos, são essencialmente quartzosos, com baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água e devido à baixa adesão e coesão apresenta elevada erodibilidade, sendo, em geral, muito profundos. Em função da textura grosseira, é bastante poroso e com elevada permeabilidade d) Argissolos Vermelho-Amarelo são essencialmente argilosos ou arenosos argilosos com horizontes moderados suportando a Floresta Subperenifólia ou Subcaducifólia (EMBRAPA, 2013).

Ao se analisar o uso e a cobertura da terra, pode-se afirmar que, no alto e médio curso do rio São Mateus, há predominância de atividades agropecuárias, com esparsas manchas de vegetação natural e secundária, bem como a existência de núcleos urbanos, os quais são mais expressivos nas sedes municipais. No que se refere ao baixo curso do rio São Mateus, dois núcleos urbanos se destacam, sendo estes a sede do município de Conceição da Barra e o núcleo urbano de São Mateus. Ressalta-se, ainda, que boa parte da área no médio e no baixo curso é ocupada por cultivo de eucalipto, intercalados com trechos esparsos de vegetação natural, propriedades voltadas a plantios diversos, especialmente às margens dos cursos d'água, e criação de gado. Estes dados estão disponíveis para consulta no mapeamento de uso e cobertura da terra, acessível em arquivo vetorial junto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA) e o Instituto de Defesa Agropecuária e Desenvolvimento Florestal (IDAF), os quais foram validados por meio de visitas *in loco*. A região da bacia tem, basicamente, dois tipos climáticos: o tropical úmido (chuvoso), nas proximidades da costa, e o tropical sub-úmido, com estação seca no inverno, nas cabeceiras. Assim sendo, o índice pluviométrico anual médio varia de 1300 mm, na faixa costeira, a 800 mm, perto das nascentes.

O mapeamento da fragilidade ambiental emergente (Figuras 2 e 3) na bacia hidrográfica do rio São Mateus, com destaque para o seu baixo curso, permitiu identificar a partir das diferentes variáveis envolvidas (declividade, solos, pluviosidade, topografia - fragilidade potencial – e uso e

cobertura da terra – fragilidade emergente) quais áreas da bacia necessitam de atenção especial, com destaque para o baixo curso do rio.

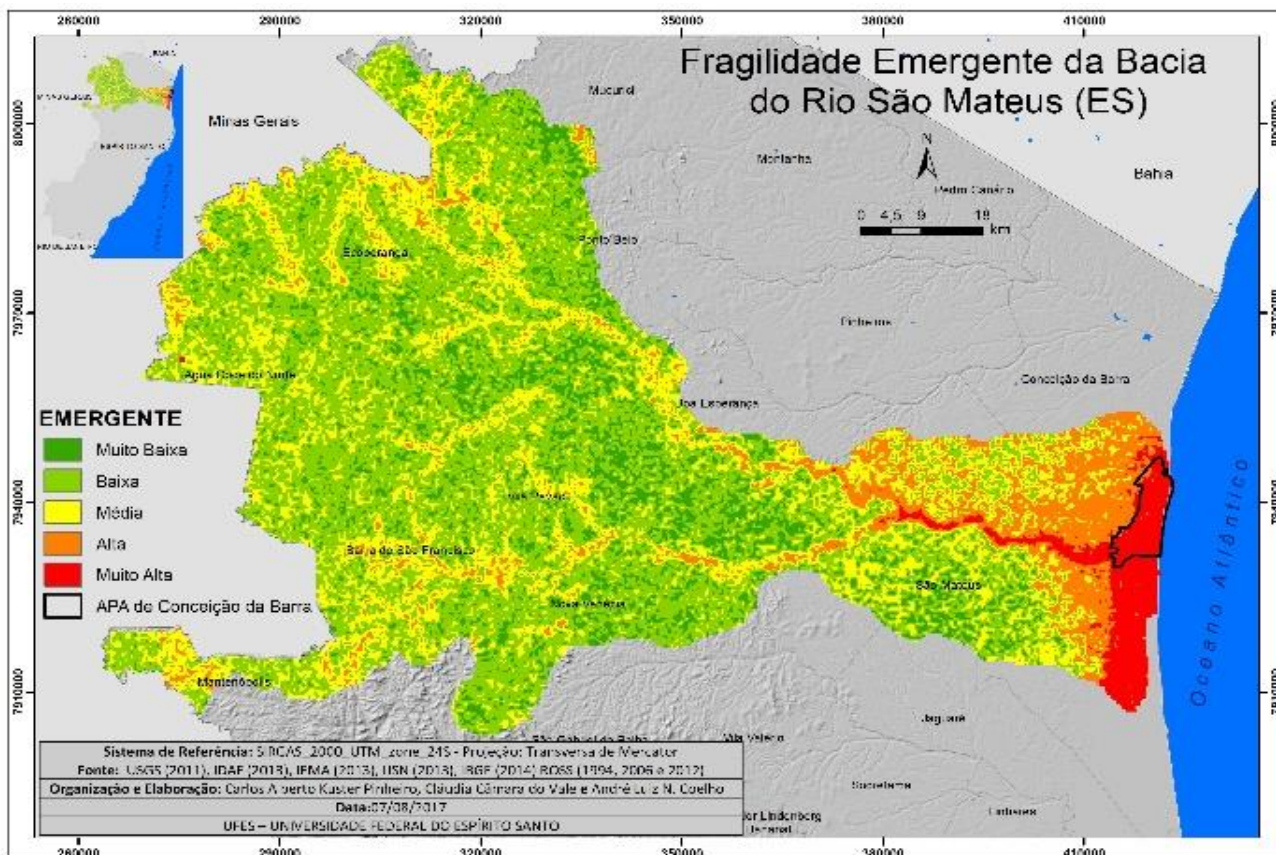


Figura 2. Mapa de fragilidade ambiental potencial da bacia hidrográfica do rio São Mateus (ES).

Nos cursos “médio” e “alto” da bacia, cuja extensão territorial é de 71,27% da área total desta, os índices de fragilidade permanecem entre “extremamente baixo” e “baixo”. No total do alto e médio curso da bacia do rio São Mateus, 19,39% da área possui fragilidade “extremamente baixa” e 42,58% fragilidade “baixa”. Da área restante do alto curso da bacia, 31,71% possui fragilidade média, 6,31% fragilidade alta e 0,01% fragilidade extremamente alta (Tabela 6).

Tabela 6. Comparação das classes de fragilidade conforme os cursos do rio São Mateus.

TRECHOS DA BACIA	ALTO E MÉDIO CURSOS (71,27%)	BAIXO CURSO (28,73%)
FRAGILIDADES		
EXTREMAMENTE ALTA	0,01%	16,32%
ALTA	6,31%	30,98%
MÉDIA	31,71%	25,50%
BAIXA	42,58%	16,90%
EXTREMAMENTE BAIXA	19,39%	10,30%
TOTAL	100%	100%

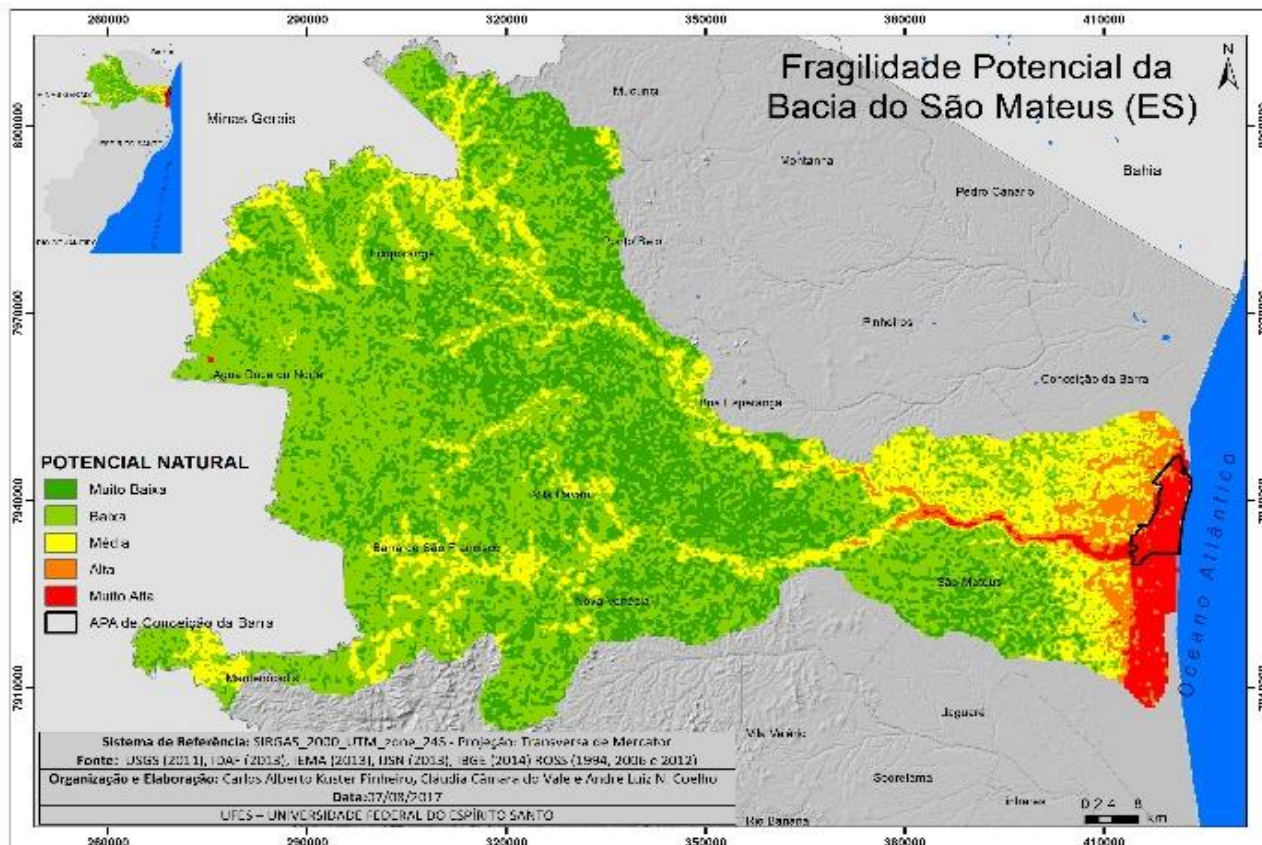


Figura 3. Mapa de fragilidade ambiental emergente da bacia hidrográfica do rio São Mateus (ES).

Se considerado a extensão total da bacia, as áreas mais frágeis teriam relativa relevância, entretanto essas concentram-se quase que totalmente no baixo curso do rio São Mateus, cuja área territorial é de apenas 28,73%.

Da área total do baixo rio São Mateus (Figuras 4 e 5): 10,30% são classificadas com fragilidade extremamente baixa; 16,90% com fragilidade baixa; 25,50% fragilidade média; 30,98% fragilidade alta, e; 16,32% fragilidade extremamente alta. Ou seja, 72,81% do baixo curso do rio São Mateus possuem fragilidade entre média a extremamente alta, sendo que 47,31% destes possuem fragilidade alta a extremamente alta (Tabela 5).

Enquanto no alto e médio curso da bacia as maiores fragilidades estão associadas sobretudo às elevadas declividades e a forma de uso e cobertura da terra, no baixo curso estão relacionadas, principalmente, à baixa topografia, aos tipos de solos e ao modelo exploratório de uso e cobertura da terra. O que se percebe com este trabalho é que o modelo de uso e ocupação adotado no baixo curso do rio São Mateus potencializou a fragilidade dos ambientes naturais ao longo de sua história. História marcada pela forte presença da indústria extrativa vegetal, pela extração petrolífera e pela agropecuária.

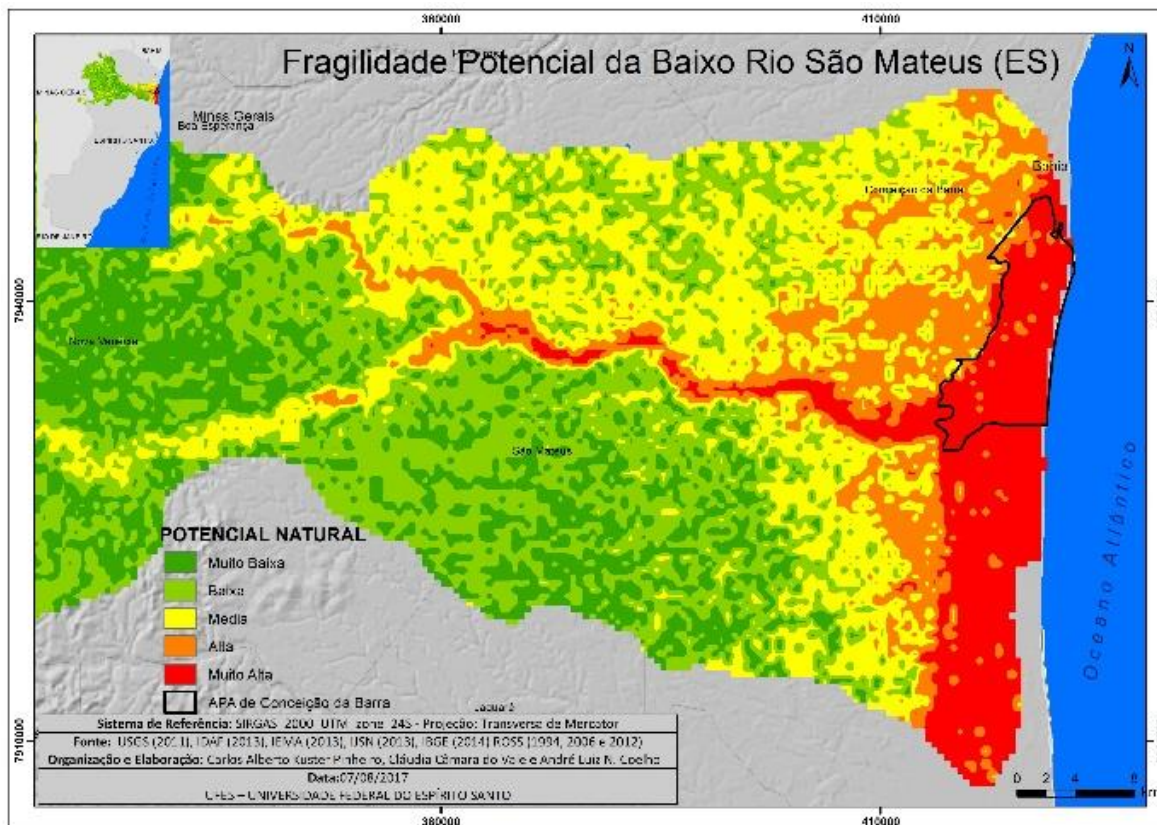


Figura 4. Mapas de fragilidade ambiental potencial no baixo rio São Mateus (ES).

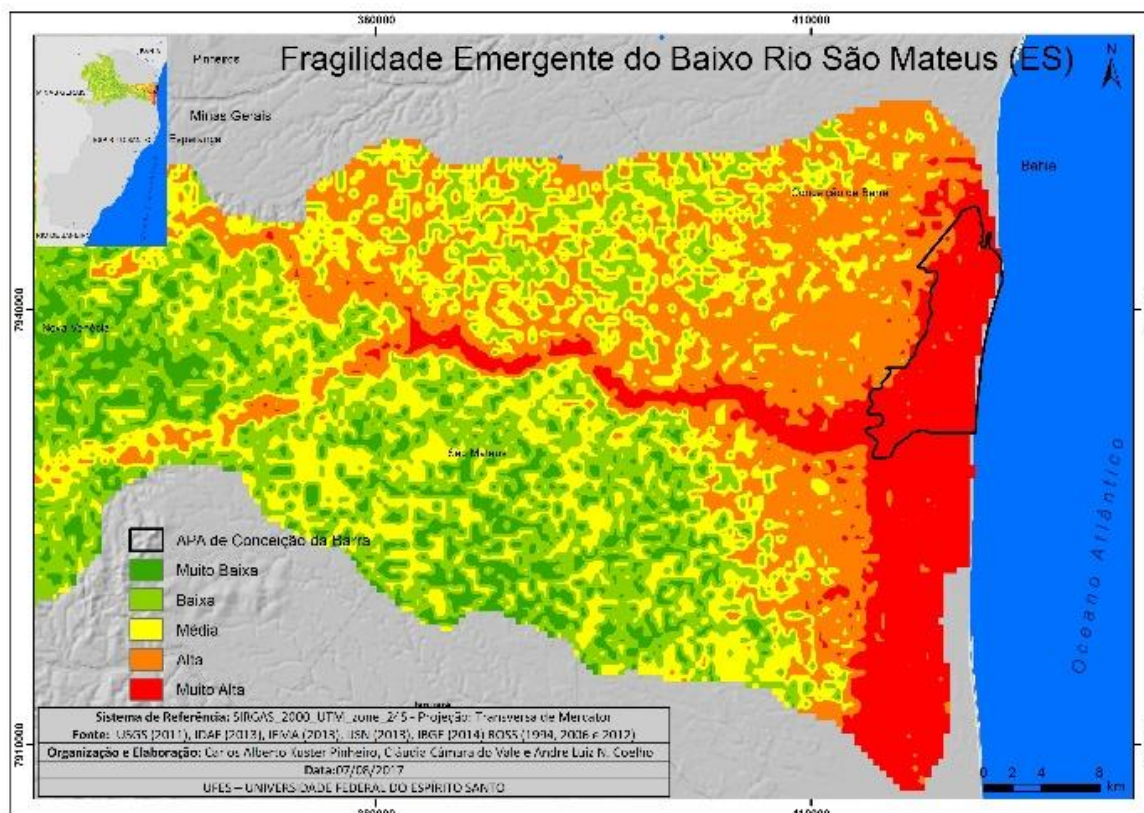


Figura 5. Mapas de fragilidade ambiental emergente no baixo rio São Mateus.

Verifica-se que o avanço da urbanização e das atividades econômicas no baixo curso do rio São Mateus, evidencia os problemas socioambientais aí encontrados, especialmente com os constantes alagamentos que afetam desde as áreas densamente povoadas, àquelas em processo crescente de urbanização (Figuras 4 e 5). Contribuem para este cenário a baixa topografia do terreno, pois são áreas de planícies fluviais e costeiras naturalmente sujeitas aos alagamentos e inundações (Figura 6), igualmente intensificados em razão das características pedológicas.



Figura 6. Inundação de 2006 do balneário de Guriri, em São Mateus (ES), isolado devido ao transbordamento do rio São Mateus (ES). Acessado em 16/07/2017: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/inde16122006.shl>

A presença marcante do Neossolo Quartzarênico, distribuído por quase toda a planície costeira, é um bom exemplo disto, pois este possui baixa retenção de água e elevada erodibilidade devido à baixa adesão e coesão das partículas (EMBRAPA, 2006).

Após o enquadramento da APA de Conceição da Barra no contexto da bacia hidrográfica do rio São Mateus e das cartas de fragilidade potencial e fragilidade emergente (Figuras 4 e 5), foi possível constatar que a mesma está inserida em uma área de alta fragilidade potencial e emergente e que carece de atenção por parte dos órgãos gestores.

O mapeamento da fragilidade ambiental na metodologia de Ross (1994; 2006), enriqueceu e possibilitou o estudo e contribuiu para a identificação e análise das áreas mais instáveis, a partir

da inter-relação entre os aspectos físico-naturais e a forma de uso e cobertura da terra pela sociedade, que reflete em grande medida o modelo de reprodução social e, especialmente, do capital.

Do mesmo modo, a utilização de recursos geotecnológicos como o ambiente de SIG (ArcGis 10.5), bem como a diversidade de dados digitais acessíveis e disponibilizados gratuitamente, como é o caso dos dados da imagem SRTM4 e da Carta de Uso e Cobertura da Terra, foram essenciais para execução deste trabalho. Tais recursos permitiram o cruzamento de dados distintos, resultando em informações integradas e que se adaptaram bem a metodologia de proposta por Ross (1994; 2006). No contexto das geotecnologias e seus produtos cartográficos, cabe mencionar que segundo Kocak et al., (2004) os modelos de elevação digital gerados pelo SRTM4 se mostraram mais precisos do que os gerados por imagens de satélite com maior resolução espacial, a exemplo, dos produtos ASTER, SPOT, LANDSAT e TK350, o que determinou sua utilização.

Considerações finais

Em primeiro plano a elaboração das cartas de Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente para a bacia do rio São Mateus e seu baixo curso possibilitou identificar e avaliar os locais com maior instabilidade, com destaque para a susceptibilidade a alagamentos e inundações do baixo curso do rio São Mateus, bem como o enquadramento da APA de Conceição da Barra.

Pode-se averiguar que a ação humana representada pelo plano de informação de uso e cobertura na área em estudo, intensificou a Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente em quase toda extensão da bacia hidrográfica, principalmente no baixo curso do rio São Mateus.

O emprego da metodologia de Ross (1994) associada ao uso das geotecnologias também se mostrou eficiente, pois ambas permitiram a análise integrada dos fatores naturais e antrópicos, com resultado satisfatório e comprovado a partir de outros estudos e campanhas de campo *in loco*.

Ante os dados obtidos, conforme a explanação supracitada, há de se destacar a grande relevância deste levantamento de informações geográficas com SIG, tendo em vista o planejamento urbano ambiental. Nessa mesma linha, forma-se uma base sólida para que sejam propostas novas ideias e métodos com vistas a reduzir a degradação ambiental, bem como preservando o que ainda resiste à antropização contínua. Situação essa que se encontra inserida, para fins de exemplificação, no Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB, instrumento pautado pela Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, e pela Lei Federal nº 12.305/2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Por meio do PMSB, pode-se lograr maior êxito em obter verbas federais, junto ao Ministério das Cidades, a fim de que sejam realizadas as melhorias e implementos necessários ao correto tratamento dos cursos d'água e resíduos produzidos nas aglomerações urbanas, após um período de análise para verificar quais problemas exigem maior urgência e em qual prazo cada intervenção precisa ser concluída.

Assim sendo, é clara a capacidade que este estudo possui em colaborar na produção e verificação de um Plano Municipal de Saneamento Básico, indicando quais áreas possuem maior tendência a sofrer inundações, tomando-se por base as especificidades ambientais da área em análise.

Num segundo plano constatou-se que o método utilizado por Deina; Coelho (2016) na bacia do rio Jucu (ES) se mostrou convergente para a bacia do rio São Mateus. Resguardando as particularidades dessa bacia, o método se apresentou como válido e pode realmente ser aplicado a outras bacias hidrográficas, pois as observações de campo permitiram uma comprovação da eficácia do mesmo.

Submetido em 16 de novembro de 2017.

Aceito para publicação em 7 de fevereiro de 2018.

Referências

- ANA - Agência Nacional de Águas. **Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul – Trecho Leste: Síntese de informações do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Sergipe.** Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/cd4/index.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2012.
- CUNHA, S.B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: GUERRA, A.T. **A questão ambiental: diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 219-238.
- DEINA, M.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
- ECOBACIA – Instituto de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável. **Documento Agenda das Bacias Estratégicas Rios Jucu e Santa Maria da Vitória.** Comitês de Bacia Hidrográfica dos Rios Jucu e Santa Maria Da Vitória. Espírito Santo, 2009.
- 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://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Livro+SBCS_2ed_000fzvhmj5j02wx5ok0q43a0rx9wj0bm.PDF>. Acesso em: 22 ago. 2012.
- FITZ, P. R. **Cartografia Básica**, São Paulo: Oficina de Textos, 2008a.
- _____. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos. 2008b.
- FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia, conceitos tecnologias atuais.** Editora: Oficina de textos, São Paulo, 2008, 318p.
- _____. Uso de Imagens no Estudo de Fenômenos Ambientais. In: **Iniciação em Sensoriamento Remoto: Imagens de satélites para estudos ambientais.** 2ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 57 – 65.
- _____. Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso, **Revista do Departamento de Geografia**, USP nº 17, ISSN 0102-4582, 2005. pp. 24 – 29.
- 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> Acesso em 03/04/2015.
- 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 04/03/2016.
- IEMA. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias Hidrográficas de Gerenciamento (2010).**

- 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. N.; 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.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**, São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.
- KOCAK, G.; BUYUKSALIH, G.; ORUC, M. Accuracy assessment of interferometric digital elevation models derived from the Shuttle Radar Topography Mission X-and C-band data in a test area with rolling topography and moderate forest cover. **Optical Engineering**, v. 44, n. 3, 2005.
- KOCAK, G.; BUYUKSALIH, G. And K. Jacobsen. **Analysis of Digital Elevation Models Determined by High Resolution Space Images IntArchPhRS**. Band XXXV, Teil B4. Istanbul, 2004, S: 636-64.
- LO, C.P.; YEUNG, A.K.W. Introduction to Geographic Information Systems (GIS), In: **Concepts and Techniques of Geographic Information Systems**, 2nd Edition, Ph. Series in Geographic Information Science, Hardcover, 2007.
- MENEZES, P. L.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- NOGUEIRA, Ruth E. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**, 2ª Ed. Ed. da UFSC, 2008.
- RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso (Folha Rio Doce, 1983)**. Potencial da Terra. v. 32, Folhas SF 23/24 Rio Doce. Rio de Janeiro: IBGE/Ministério das Minas e Energia – Secretaria Geral. 1983. 775 p.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.
- _____. Paisagem, Configuração Territorial e Espaço Total: interação da sociedade com a natureza In: **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo. Ed. Oficina de Textos, p. 47-61, 2009.
- _____. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities: **Revista do Departamento de Geografia - USP**, volume especial 30 anos, p. 38-51, 2012.
- SAUSEN, Tania M.; NARVAES, Igor da S. Sensoriamento Remoto Para Inundação e Enxugada. In: SAUSEN, M, Tania.; LACRUZ, M.S.P. **Sensoriamento Remoto Para Desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, P. 118-147, 2015.
- SLOCUM, T.A.; McMASTER, R.B; KESSLER, F.C.; HOWARD, H.H. **Thematic Cartography and Geovisualization**, 3rd Edition, Ph. Series in Geographic Information Science, Hardcover, 2008.

Sites visitados:

Em_16/07/2017: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/inde16122006.shl>.

Em_07/08/2017: http://www.cemig.com.br/pt.br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Paginas/bacias_do_leste.aspx.

Em_06/08/2017: <http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridEspiritoSanto.aspx>.

Em_12/11_2017: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-chuva-normal-climatologica>