

## **Uso Imagens Temporais CBERS-2B/CCD para Zoneamento de Área Sazonalmente Inundável no Município de Piúma – ES: uma proposta metodológica.**

André Luiz Nascentes Coelho  
André Luís Demuner Ramos  
Rodrigo Bettim Bergamaschi

Universidade Federal do Espírito Santo – Depto. de Geografia/CCHN/UFES  
Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias  
Av. Fernando Ferrari, 514 – CEP 29075-973 - Vitória - ES, Brasil  
alnc.ufes@gmail.com; andre\_demuner@hotmail.com; rodrigo@ijsn.es.gov.br

**Abstract.** The present article has as objective main to present a proposal of integrated geographic analysis for the delimitation of eventual flooding area from the biggest monthly precipitation register of last the thirty years, job of the tool of Geographic Information System (GIS), together with products and techniques of Remote Sensing. The result of the study was presented satisfactory, therefore it allowed, not only, to delimit the effectively flooding area, as well as to collate uses and to understand the operative dynamics of superficial waters in the e region consequences in the adjacencies. Such methodology also makes possible the delimitation of other subject to flooding areas in the state and regions of Brazil with the same characteristics, consisting in important information in the aid of the taking of decisions.

**Palavras-chave:** remote sensing, geographical analysis, territorial planning. sensoriamento remoto, análise geográfica, ordenamento territorial e ambiental.

### **1. Introdução**

As pesquisas com enfoque físico-ambiental e o emprego de geotecnologias possuem relevância no escopo das geociências, pois, a partir delas, é possível entender as condições gerais da dinâmica da paisagem, contribuindo para o desenvolvimento de prognósticos e interpretações geoambientais (Lang et al. 2009). Um exemplo é a espacialização e análise de áreas vulneráveis a inundação, pois se dispendo do zoneamento / ordenamento desses ambientes, pode-se designá-los usos mais adequados.

Atualmente, com o acesso aos modernos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), bem como a utilização de produtos obtidos de sensores orbitais, como imagens multitemporais e dados interferométricos, é possível desenvolver diversos tipos de análises no âmbito dos estudos geoambientais (Fitz, 2008; Valeriano, 2008; Ross, 2006; Silva, 2003 e Florenzano, 2008, 2007 e 2005).

Em face deste cenário geotecnológico, o presente texto tem como objetivo principal zonedar e analisar uma área brejosa/inundável no município de Piúma - ES com auxílio de ferramenta SIG integrada com produtos e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR). Como objetivos específicos, o estudo pretende: identificar a maior precipitação mensal com base na série histórica de 30 anos; realizar uma análise integrada considerando os fatores socioambientais, em especial a dinâmica das águas superficiais da área de estudo; verificar a viabilidade/eficiência da aplicação de estudos temporais com o emprego de imagens do satélite CBERS-2B como auxílio na delimitação de áreas sazonalmente inundadas; 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 do zoneamento desses ambientes no Plano Diretor Municipal.

### **2. Materiais e Métodos**

Para que os objetivos propostos nesse estudo fossem alcançados, o mesmo foi dividido em duas principais etapas, sendo: Primeira, aquisição de referencial bibliográfico e

documentos abordando a temática, tais como: artigos, periódicos; Cartas Topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE escala 1:50.000 correspondente ao dobramento das folhas/nome SF-24-V-A-IV-4 (Piúma) e SF-24-V-A-VI-3 (Rio Novo do Sul); documentos e mapas Geológicos, Geomorfológicos, Pedológicos do Projeto RadamBrasil (1983), Volume 32; pesquisa da série histórica das precipitações mensais mais expressivas na região junto ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper, 2010), identificando no mês de novembro de 2008 valores superiores a 510 milímetros, um dos maiores nos últimos 30 anos.

Segunda, aquisição e tratamento das imagens orbitais digitais gratuitas com resolução espacial de 20 x 20m do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2010), satélite CBERS-2B/CCD, órbita 149, ponto 123, com datas de passagem 24/02/2010 e 02/12/2008, respectivamente (período após a maior precipitação mensal na região); dados do radar interferométrico da missão SRTM (Miranda, 2005) cena SF-24-V-B com 90 metros de resolução espacial, abrangendo a área de estudo e região; Planos de Informações: Infra-estrutura urbana e rural, cursos d'água, massa de água (lagoas, barragens e oceano) bacias e sub-bacias hidrográficas, rodovias marcos geodésicos adjacentes (IBGE 2010); registro de imagens (fotos) em campo com câmera digital 12 megapixel, Registro de pontos de interesse com aparelho receptor de GPS (Global Positioning System) Garmin Série H, Microcomputador PC; e Sistema de Informações Geográficas ArcMAP 9.3.1.

A organização dos dados vetoriais teve início com a criação de um projeto no SIG e a adição dos Planos de Informações abrangendo o município adjacências ajustados, quando necessário, no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000 Zona 24 Sul com todo o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica.

Já a organização e tratamento dos dados raster iniciou-se com o processamento dos dados interferométricos, realizando o recorte do dado SRTM para a área de estudo e adjacências, através da função *extract by mask*. Após o recorte foi gerado o modelo sombreado do terreno (*hillshade*).

O Processamento Digital da Imagem (PDI) iniciou-se com o ajuste da iluminação das imagens com rotinas de realce de cada ano (2008 e 2010) na banda 4 do Infravermelho próximo no qual é realçada área efetivamente inundada em tons de cinza escuro a preto.

Em seguida as imagens de cada ano foram registradas/georreferenciadas (*Georeferencing*) e retificadas geometricamente com Pontos de Controle Terrestres (PCTs), tomando como base os marcos geodésicos adjacentes e em coordenadas obtidas por GPS, seguida da criação de uma máscara / plano de informação abrangendo a área e adjacências com posterior recorte da imagem através da função *extract by mask*.

O próximo passo foi a realização do processo de interpretação visual comparando as imagens da banda 4 através da técnica de fotoidentificação e fotointerpretação e, posteriormente, digitalização dos alvos de interesse (área inundada em 2008) utilizando a técnica de edição vetorial do SIG. Nesse procedimento de delimitação foram considerados os elementos básicos de interpretação como: textura, tonalidade/cor, forma, tamanho, padrão, localização e sombra conforme proposta de Jensen (2009), seguido do cálculo da área e percentual inundado em relação ao tamanho do município. Essa técnica de interpretação possibilitou uma melhor definição da área inundada que foi posteriormente validada com campanhas de campo utilizando GPS e registro fotográfico.

## 2.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

O município de Piúma possui 17.212 habitantes (IBGE, 2009), situa-se na região litorânea do sul do Espírito Santo, a 75 km de Vitória, fazendo parte da região Central Espírito-santense e da microrregião Guarapari. Compreende uma área 70,5 km<sup>2</sup> de extensão, limitando-se com os municípios de Itapemirim, ao sul, Iconha, a oeste e Anchieta, ao norte (Figura 1).

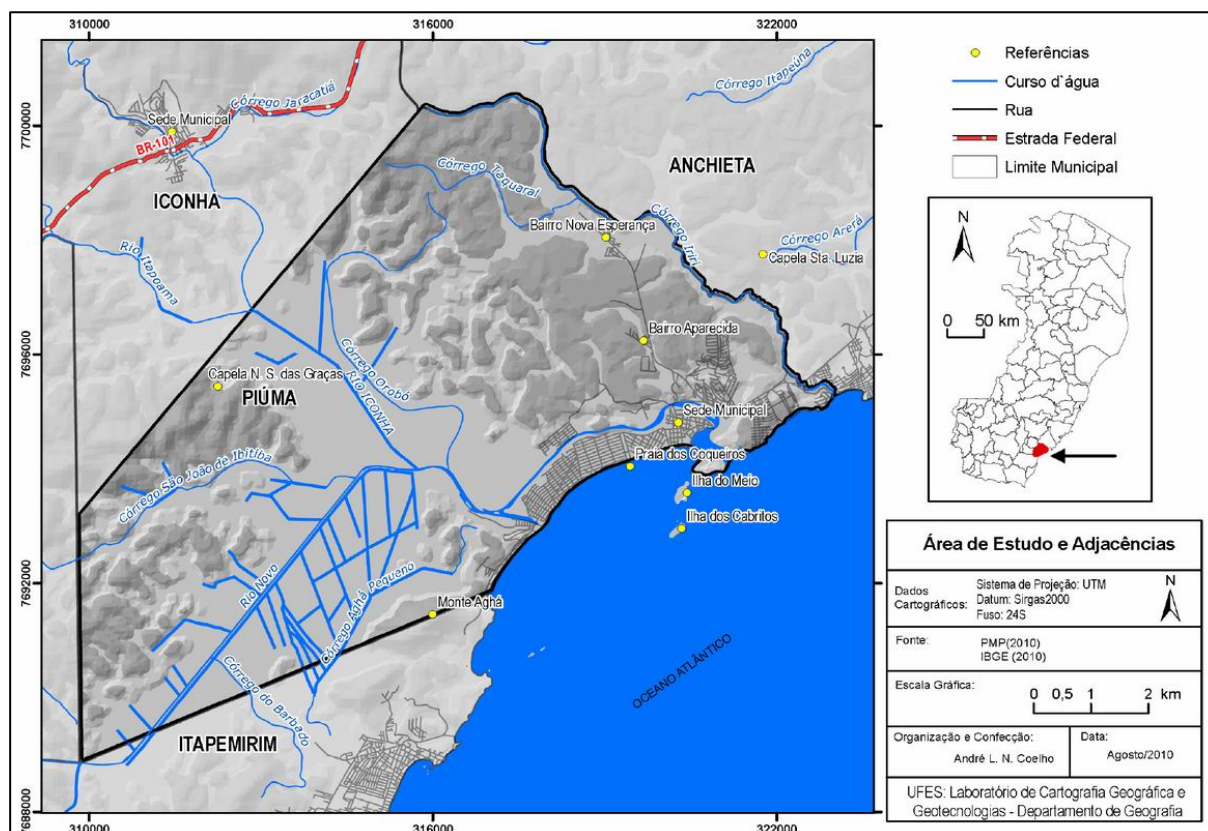


Figura 1 – Localização da área de estudo.

A área de estudo está localizada no baixo curso do rio Iconha, inserida na bacia hidrográfica do Rio Novo (Iema, 2004), porção centro-sul do município, ambiente caracterizado por uma complexa rede hidrográfica interligada, com o destaque na margem direita para o córrego São João de Ibitiba, córrego do Barbado, córrego Aghá Pequeno e Rio Novo (Figura 2). Na margem esquerda o córrego Orobó, além de uma série de canais interligados.



Figura 2 – Rio Novo e planície adjacente em período de estiagem extrema.

Do ponto de vista geoambiental, é considerada uma área com atributos naturais relevantes, entre eles a originalidade/conservação do ambiente, ocorrência de sambaquis, com boa parte da área naturalmente submetida a eventos naturais de inundação durante o verão. Em função dessas particularidades há e o interesse da criação da APA Vale do Orobó abrangendo toda a planície fluvial estudada em proposta apresentada para elaboração do Plano Diretor Municipal do território (PMP, 2009). No entorno da área destacam-se o Monte Aghá e Mata do Orobó.

No bairro Centro e Acaica, no rio Iconha próximo a embocadura, há a construção moradias as margens do rio, sujeitas a inundação durante os períodos de cheias e marés altas de sizígia (Figura 3).



Figura 3 – Rio Iconha com a construção de moradias junto às margens e supressão parcial do mangue.

### 3. Resultados e Discussão

Na Figura 4 é apresentado a banda/canal 4 (infravermelho próximo) da área de estudo e adjacências (municípios de Anchieta, Iconha e Itapemirim) do dia 24/02/2010 no período de relativa estiagem e em 02/12/2008 inundado, respectivamente, que serviram de base no processo de interpretação e vetorização da área efetivamente inundada.

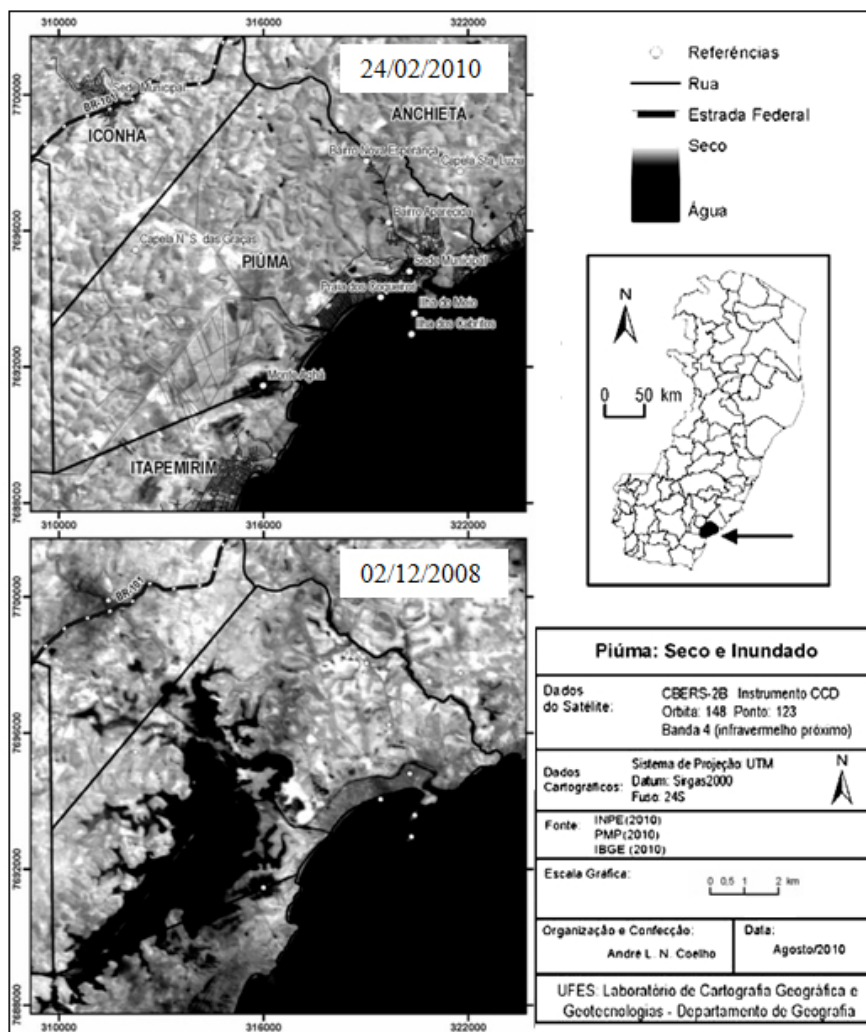


Figura 4 – Imagens de satélite da área de estudo em período seco superior (24/02/2010) e inundado inferior (02/12/2008).



A Figura 5 apresenta a delimitação da área efetivamente inundada, com base na precipitação mais expressiva dos últimos trinta anos (novembro de 2008) abrangendo uma área de 20,40 km<sup>2</sup> correspondente a 28,95% da área total do território.

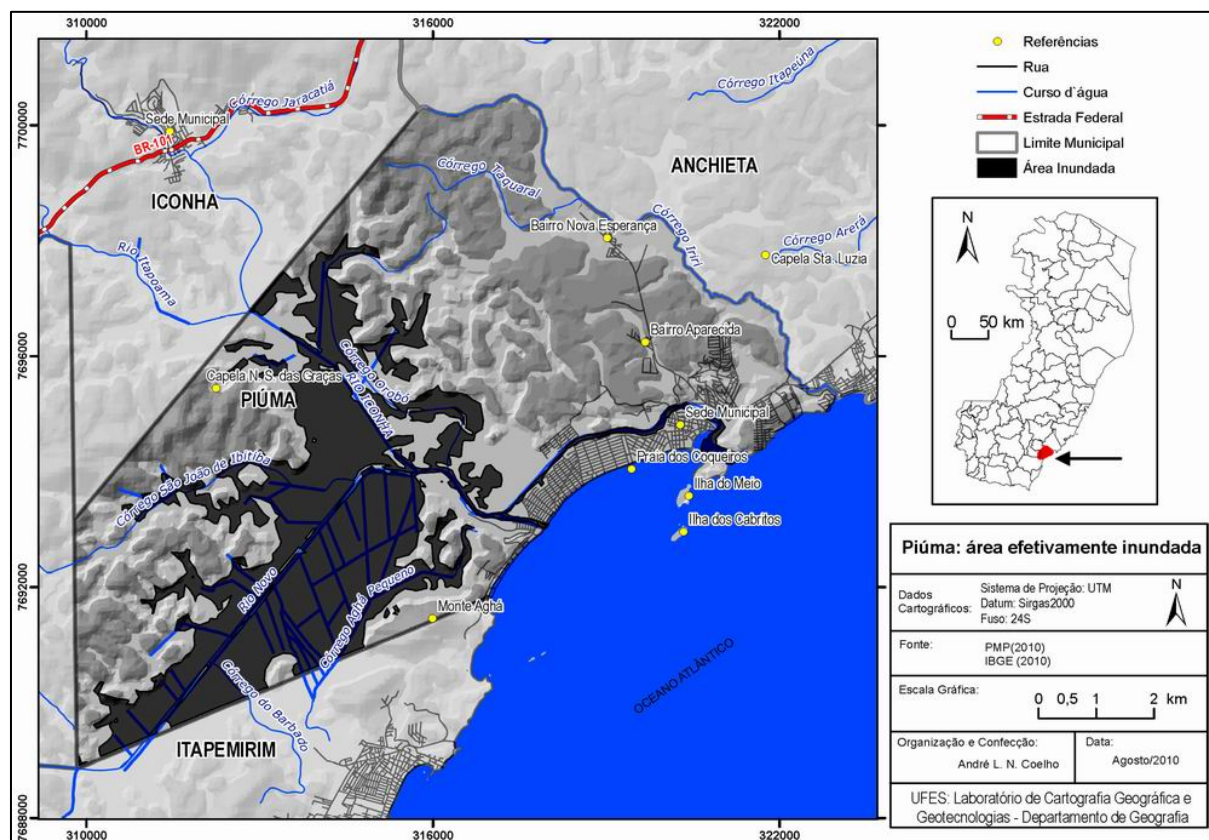


Figura 5 – Modelo sombreado do terreno e área delimitada com base em imagens de satélites e campanhas de campo.

### 3.1 - Observações Complementares

A área delimitada do ponto de vista geológico / geomorfológico abrange terrenos do quaternário, configurando-se como uma planície com depósitos aluvionares, fluvio-marinhos, marinhos e ocorrência de brejos (RadamBrasil, 1983). Com relação a sua gênese, a referida área é parte do processo evolutivo das planícies costeiras/litorâneas quaternárias, sugerido por Dominguez et al. (1981), no trecho entre Macaé (RJ) e Recife (PE), que tem como característica marcante de modelado a presença das planícies fluvio-lactustres quaternárias.

Em sua proposta, Dominguez et al. (op.cit.) apresenta um modelado dividido em 8 estágios (A a H), representando, em “F”, a formação e evolução das planícies costeiras e flúvio-marinhas quaternárias na costa leste do Brasil relacionada a uma série de eventos, sobretudo, das variações eustáticas e climáticas ocorridas no decorrer do período Quaternário.

Este estágio “F” foi caracterizado pelo o máximo da última transgressão (Transgressão Santos), ocorrida entre 6.000 e 7.000 anos Ap. O nível médio relativo do mar chegou próximo ao atual e, a seguir, passou por um máximo, situado a 4 a 5m acima do atual. (Dominguez et al. 1981; e AB`Sáber 2003). Isto é, no máximo da última transgressão o mar estendia-se além da área de estudo.

As manchas de solos predominantes na área delimitada são: 1) Gleí Pouco Húmico (Gleissolos Háplicos) abrangendo mais de 90% da área delimitada e, 2) Solonchak Sódico (Gleissolos Sálcos) na área de manguezal, ambos com ocorrência de tiomorfismo (Embrapa, 1999 e RadamBrasil, 1983).

O Tiomorfismo é uma particularidade de hidromorfismo, indica alterações morfológicas e químicas nos solos, impostas pelo excesso de água no perfil (encharcamento). Nestas condições o arejamento torna-se deficiente o que condiciona lenta decomposição da matéria orgânica por microrganismos anaeróbios, provocando seu acúmulo. Estes organismos transferem elétrons do carbono orgânico para outros elementos como o ferro e o manganês, reduzindo-os. Na forma reduzida estes elementos são mais solúveis, portanto, mais móveis no perfil, podendo inclusive, causar toxidez para as plantas. A ausência de  $Fe^{3+}$  (forma oxidada) ou o predomínio de  $Fe^{2+}$  (forma reduzida) faz com que o solo desenvolva cores acinzentadas (gleizadas, daí o nome gleização também usado para este processo) abaixo de um horizonte mais escuro rico em matéria orgânica. Os solos tiomórficos caracterizam-se por altos teores de enxofre sob a forma de sulfetos exalando um mau cheiro característico e ocorrem em depressões litorâneas e manguezais como a da área estudada (Resende, et. al, 2007).

#### 4. Considerações Finais

A partir do estudo integrado dos elementos e processos socioambientais na região do baixo rio Iconha e adjacências, fica evidente a susceptibilidade a eventos sazonais de inundação, constituindo-se numa área de amortecimento de cheias com dinâmica de escoamento superficial das águas lêntico (de águas semiparadas) nos eventos de precipitações concentradas, a exemplo do mês de novembro de 2008.

Constitui-se também a referida região, do ponto de vista ambiental num ecossistema de importância para a reprodução de espécies, sobretudo da fauna, com elevada fragilidade a modificações, a exemplo de solo criado (aterros), dragagens e queimadas. Apresenta ainda um elevado valor histórico-cultural, arqueológico (ocorrência de sambaquis), além do valor cênico da região e entorno como Monte Aghá, Ilha do Meio e Ilha dos Cabritos, somando um conjunto de atributos de elevado potencial para o turismo de contemplação e pesquisas.

Do ponto de vista jurídico, a respectiva área é resguardada por Leis como Mata Atlântica (Lei 11.428, de 22 de Dezembro de 2006) e resolução (Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002), portanto não recomendável à expansão do perímetro urbano ou criação de pólo/área industrial.

Em relação aos efeitos ou impactos potenciais, podem ser mencionados uma série, caso ocorra a ocupação e construção de equipamentos industriais/residenciais e vias. Porém, merece destaque, em especial, os efeitos nos recursos hídricos locais e adjacentes, dada a complexidade da dinâmica das águas superficiais da região, sendo: alteração do regime hidrológico e nível do lençol freático em decorrência das mudanças no escoamento superficial e infiltração pela construção de vias, obras de drenagem e parcelamentos; contaminação do lençol freático por efluentes domésticos e/ou industriais, ou ainda por acidente de veículo de carga transportando substâncias tóxicas. Outro fator ainda a ser considerado é a extensão dos efeitos/impactos, pois todo o escoamento das águas superficiais verte em direção ao mangue, além de comprometer a balneabilidade das praias adjacentes como a praia dos Coqueiros, entre outras.

Ainda, com relação aos recursos hídricos, existem outros riscos como os eventos de inundação caso a área delimitada seja ocupada. Mesmo que ocorram obras de engenharia de drenagem no setor não ocupado, futuramente a mesma necessitará de manutenção com dragagens periódicas gerando custo extra para o município, uma vez que o processo de sedimentação/assoreamento é rápido, se comparado com outras regiões. Outro aspecto, relacionado ao risco de inundação, diz respeito à influência da maré. Mesmo com obras de drenagem e manutenção do canal em dia, num evento de marés altas de sizígia, a região possivelmente será inundada com as águas pluviais, não havendo como escoarem em direção a embocadura.

Exemplo de área com as mesmas características de topografia, parcialmente parcelada, sujeitas a eventos de inundações é a região do baixo rio Jucu no município de Vila Velha, atingindo nesses eventos o bairro Pontal das Garças (Figura 6).



Figura 6 – Região do baixo rio Jucu, município de Vila Velha-ES com morfologia semelhante à área de estudo, parcialmente parcelada, sujeita eventos de inundações como o bairro Pontal das Garças (seta). Fonte: Jornal A Tribuna - Vitória-es - 04/1 2/2008, Pg 6 – Caderno Cidades - Leonel Albuquerque.

Nesses locais a inundação é relativamente rápida, potencializada pela impermeabilização do solo por construções e vias, havendo com isso o escoamento rápido para o canal principal levando-o a transbordar.

A metodologia de delimitação de área sazonalmente inundada com uso de imagens temporais do satélite CBERS-2B mostrou-se satisfatória podendo ser aplicada em regiões com morfologias semelhantes a da área de estudo, a exemplo das planícies do rio Doce, rio Itabapoana, rio Itapemirim, entre outras no Estado e no Brasil, constituindo-se numa importante informação no auxílio das tomadas de decisões como o ordenamento mais adequado dessas paisagens.

## 5. Referências Bibliográficas

Ab'Sáber, Aziz Nacib, **Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**, São Paulo, Ed. Ateliê Editorial, 2003. 160p.

BRASIL **Lei Federal nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006**, Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica (Lei da Mata Atlântica).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA **Resolução CONAMA 303 de 20/03/2002** - Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Dominguez, J. M. L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L. **Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ)**. Revista Brasileira de Geociências, nº 11, 1981. p. 225-237.

EMBRAPA - Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.

Fitz, Paulo Roberto, **Geoprocessamento sem Complicação**, São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2008, 160p.

Florenzano, T. G. **Geomorfologia, conceitos tecnologias atuais**. Editora: Oficina de textos, São Paulo, 2008, 318p.

Florenzano, T. G. 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.

Florenzano, Tereza G. **Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso**, Revista do Departamento de Geografia, USP nº 17, ISSN 0102-4582, 2005. pp. 24 – 29.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE **Cartas Topográficas** escala 1:50.000 1970.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Censos demográficos 2009** (estimativa).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, Planos de Informação: Infra-estrutura urbana e rural, cursos d'água, massa de água (lagoas e barragens) bacias e sub-bacias hidrográficas, bairros, vias urbanas e interurbanas, marcos geodésicos adjacentes. Disponível em: <mapas.ibge.gov.br> Acessado em 9/07/2010a.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – INCAPER. Dados Climáticos, 2010.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - IEMA, Unidades Administrativas de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo, 2004 (CD-Rom).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE, Imagens do satélite CBERS2 - câmera/sensor CCD, Órbita 149, ponto 123, - datas de passagem 24/02/2010 e 02/12/2008. Disponível em: <dgi.inpe.br/CDSR/>. Acessado em 26/07/2010.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Lang, Stefan; BLASCHKE, Thomas **Análise da Paisagem com SIG**. tradução Hermann Kux, São Paulo, Oficina de Textos, 2009. 424 p.

Miranda, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 04/07/2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIÚMA. Informações. 2010.

Projeto 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.

Resende, Mauro; CURI, Nilton; REZENDE, Sérvulo B. de; CORRÊA, Gilberto F. **Pedologia**: Base para Distinção de Ambientes, 5 ed. Editora: Ufla, 2007, 322p.

Ross, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil, subsídios para o planejamento ambiental**. 2006. Editora: Oficina de textos, São Paulo, 2006, 208p.

Silva, Aldemiro de Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas**: conceitos e fundamentos. Campinas, SP: Editora UNICAMP, 2003.

Varleriano, Márcio de M. Dados Topográficos In: Florenzano. (org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos 2008, pp. 72-104.