

Zoneamento e Análise das Consequências Socioambientais das Áreas Inundáveis no Baixo Jucu em Vila Velha (ES) com emprego de Imagens Temporais CBERS-2B/CCD

Miquelina Aparecida Deina¹
André Luiz Nascentes Coelho²

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
mdeina@gmail.com¹; alnc.ufes@gmail.com²

Abstract. This article aims to main zoning areas often flooded plain of the lower river Jucu in Vila Velha (ES) and surroundings, with the aid of GIS tool integrated products and Remote Sensing techniques using free digital satellite images from CBERS-2B/CCD INPE. Then, we attempted to analyze the environmental impacts associated with natural flooding of these regions and the use and occupation undue soil. Based on the integration and analysis of the physical and environmental aspects along with the socioeconomic, showed that the methodology of delimitation of seasonally flooded area using temporal satellite images shown satisfactory and can be applied in regions with similar morphologies. This methodology is also important information in making decisions, as the most appropriate ordering of these landscapes, preventing irreversible environmental and social damage or difficult and costly solution occur.

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).

Em face deste cenário geotecnológico, o presente texto tem como objetivos principais zonedar as áreas frequentemente inundáveis da planície fluvial do baixo curso do rio Jucu em Vila Velha (ES) e adjacências com auxílio de ferramenta SIG integrada a produtos e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR). A partir disso, buscou-se analisar os impactos socioambientais associados a natural inundação dessas regiões e ao uso e ocupação indevidos do solo. 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 estudada com suas implicações socioeconômicas; verificar a viabilidade/eficiência da aplicação de estudos temporais com o emprego de imagens gratuitas 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 alcançar os objetivos propostos nesse estudo, o mesmo foi dividido em duas etapas principais, sendo a 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-B-1 e SF-24-V-B-IV-1 (Vila Velha e adjacências); documentos e mapas Geológicos, Geomorfológicos do Projeto Radambrasil, Volume 32 (1983); 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 em novembro de 2009 valor superior a 510 mm, o maior 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 148, ponto 123, com datas de passagem 24/02/2010 e 07/11/2009, respectivamente (período após maior precipitação mensal na 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 e adjacências, ajustados no sistema de projeção UTM, Datum SIRGAS-2000, Zona 24 Sul, seguindo, o mapeamento, a padronização cartográfica.

O Processamento Digital da Imagem (PDI) iniciou-se com o ajuste da iluminação das imagens de cada ano (2009 e 2010) por meio da chamada falsa cor vermelha cuja composição das bandas é: R-B4; G-B3; B-B2. Esta composição realça a vegetação em tons avermelhados, as manchas urbanas em tons azuis e as áreas inundadas em tons de verde escuro a preto.

Em seguida as imagens de cada ano foram registradas/georreferenciadas (*Georeferencing*) e retificadas geometricamente com Pontos de Controle Terrestres (PCTs), tendo como base marcos geodésicos adjacentes e 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 passo seguinte foi a interpretação visual comparando as imagens com falsa cor vermelha através da técnica de fotoidentificação e fotointerpretação, seguida da digitalização dos alvos de interesse (área inundada em 2009) através da técnica de edição vetorial do SIG. Para esta delimitação foram considerados os elementos básicos de interpretação como: textura, tonalidade/cor, forma, tamanho, padrão, localização e sombra, seguida do cálculo da área e percentual de área inundada conforme proposta de Jensen (2009). 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 Vila Velha possui 414.586 habitantes (IBGE, 2010), localiza-se na região litorânea do Espírito Santo e faz parte da RMGV (Região Metropolitana da Grande Vitória), limitando-se com os municípios de Vitória, Cariacica, Viana e Guarapari (Figura 1). Sua área é de 208,82km², correspondente a aproximadamente 9,4% do território da RMGV (IBAM, 2009).

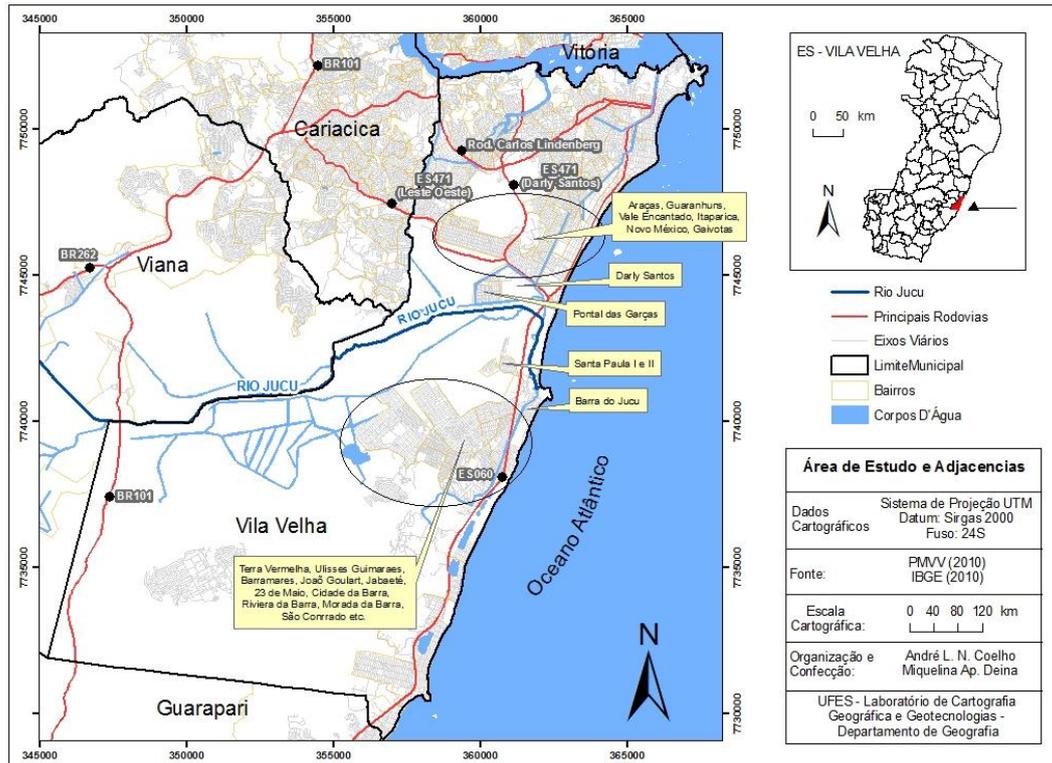


Figura 01 – Localização da área de estudo.

A área de estudo está localizada no baixo curso do rio Jucu em Vila Velha e adjacências e pertence à bacia hidrográfica do Rio Jucu (ANA, 2012). É caracterizada por uma ampla planície fluvial, coberta majoritariamente por pastagens e áreas urbanizadas, por onde corre o baixo curso do rio Jucu, retificado em um longo trecho na década de 1950 pelo extinto DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento), com a finalidade de aumentar a capacidade de escoamento e minimizar as constantes enchentes da região (Figura 2).

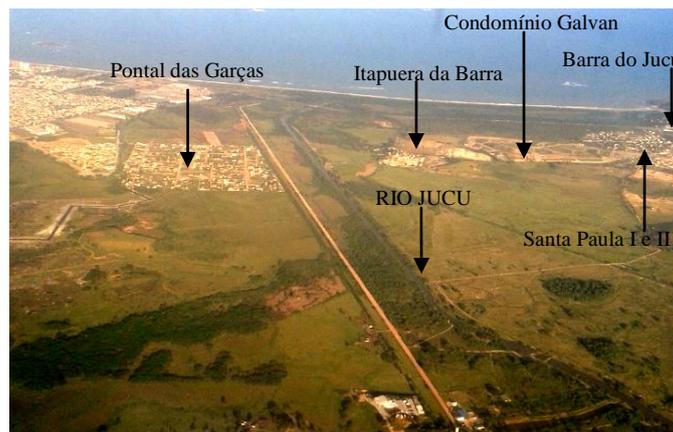


Figura 2 – Rio Jucu e planície adjacente em período de estiagem (Foto Aérea: André L. N. Coelho, 23-10-2012).

Na mesma época, foram construídos outros canais artificiais de drenagem para facilitar igualmente o escoamento das águas amenizando as enchentes e assim, aumentando o percentual de terras destinadas à exploração agrícola (IJSN, 2009; ANA, 2012).

Atualmente o baixo curso do rio Jucu, com cerca de metade de sua extensão situada no município de Vila Velha, encontra-se nas proximidades das áreas mais urbanizadas da bacia e/ou em processo crescente de urbanização (Figura 2). Tal fato torna mais preocupante os eventos de enchentes e alagamentos, pois o adensamento populacional pode potencializar

estes episódios caso a ocupação não seja devidamente planejada e ordenada de acordo com as leis ambientais e de uso e ocupação do solo (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

3. Resultados e Discussões

A Figura 3 apresenta a composição R-B4, G-B3 e B-B2 (falsa cor vermelha) da área de estudo e adjacências (municípios de Vila Velha e adjacências), do dia 24/02/2010 no período de relativa estiagem e em 07/11/2009 período de inundação, respectivamente, que serviram de base no processo de interpretação e vetorização da área efetivamente inundada.

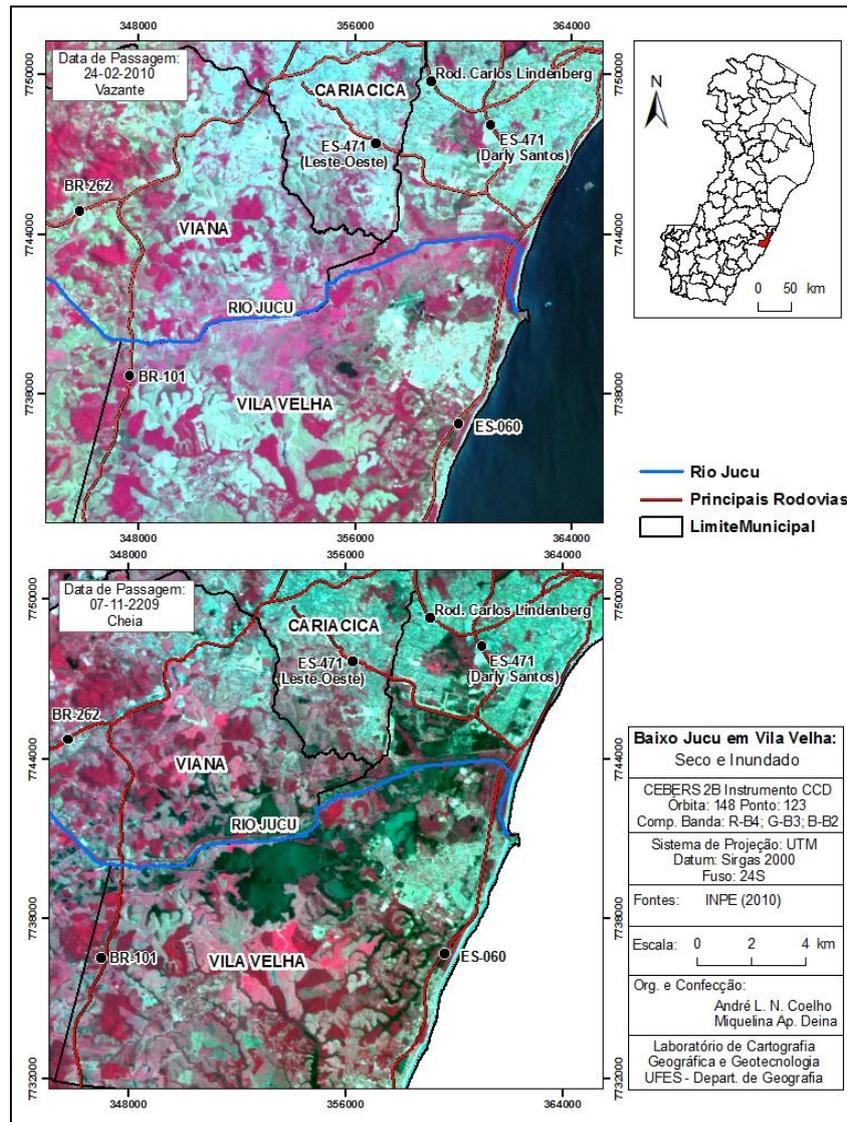


Figura 3 – Imagens de satélite da área de estudo em período seco superior (24/02/2010) e inundado inferior (07/11/2009).

A Figura 4 apresenta a delimitação da área efetivamente inundada e a indicação dos bairros mais afetados, com base na precipitação mais expressiva dos últimos trinta anos (novembro de 2009) abrangendo uma área de 35,90 km² da área territorial analisada.

Este total é significativo, tendo em vista que abrange vários bairros localizados nestas áreas ou muito próximos a elas, onde a inundação é relativamente rápida, potencializada pela impermeabilização do solo devido às construções e vias, havendo com isso o escoamento rápido para o canal principal levando-o a transbordar frequentemente (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

Outro fator preocupante a ser destacado é a urbanização crescente em direção a estas áreas, uma vez que, no município de Vila Velha a tendência à ocupação, seja populacional, industrial ou empresarial, concentra-se na direção sul do município, onde ainda há áreas desocupadas e de baixo adensamento populacional, previstas inclusive no próprio Plano Diretor Municipal de Vila Velha (PMVV, 2007).

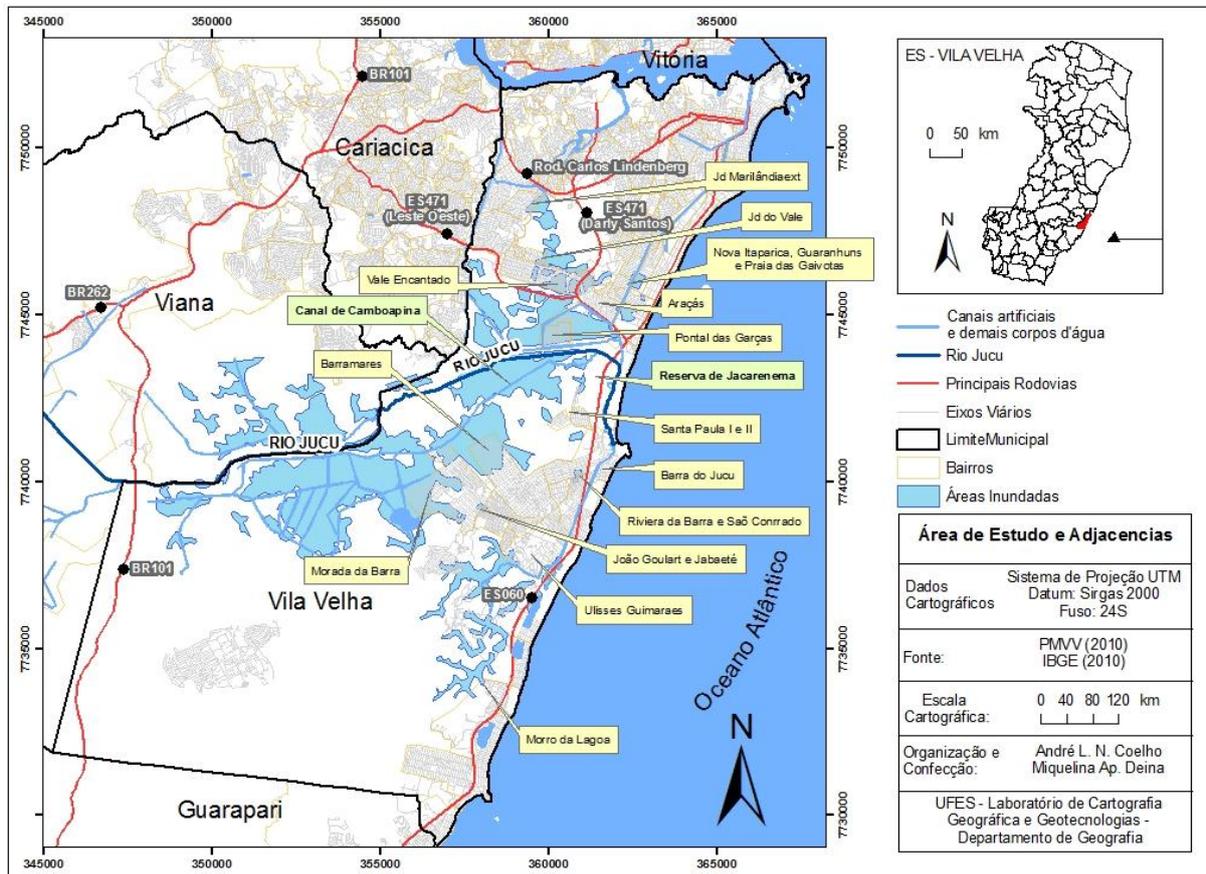


Figura 4 – Áreas inundadas no baixo Jucu conforme vetorização feita pela imagem de satélite CEBER 2B CCD de 07-11-2012 e os principais bairros afetados.

O Plano Diretor Municipal de Vila Velha, instituído pela Lei Nº 4575/07 (PMVV, 2007), prevê a ocupação destas áreas conforme zoneamento, onde a área em estudo está subdividida em: Zona de Ocupação Restrita (ZOR), Zona de Equipamentos Especiais (ZEE) e Zonas de Especial Interesse (ZEI).

A margem direita do Jucu, por exemplo, conta com duas Zonas de Ocupação Restrita (Figura 5). Uma por onde passa o canal de Camboapina, com coeficiente de aproveitamento compatível à absorção de novos parcelamentos e empreendimentos condicionados ao provimento de infraestrutura urbana e integração da mobilidade e, a outra, divisa com a reserva de Jacarenema, tida com coeficiente de aproveitamento compatível com baixo adensamento populacional e a absorção de novos parcelamentos condicionados ao provimento de infraestrutura urbana e integração da mobilidade (PMVV, 2007). Nesta segunda ZOR já está em construção um condomínio residencial de alto padrão.

Entretanto, mesmo com estas condicionantes de uso e ocupação previstos na Lei municipal, os eventos de inundação do baixo curso do rio Jucu evidencia que a ocupação será ainda mais problemática, necessitando de pesados investimentos em macrodrenagem urbana e outras medidas, o que comprometerá significativamente o meio ambiente. O bairro Pontal das Garças é um exemplo desta situação, onde os eventos de alagamentos devido à cheia do rio e

a inundações de sua planície fluvial são constantes, agravando-se ainda mais em períodos de marés altas de sizígia (Figura 5).



Figura 5 – Região do baixo rio Jucu em de Vila Velha (ES), sujeita a inundações como o bairro Pontal das Garças (seta). Fonte: Jornal A Tribuna – Vitória (ES) - 04/12/2008, Pg. 6 – Caderno Cidades - Leonel Albuquerque.

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.

As manchas de solos predominantes na área delimitada são o Neossolo Quartzarênico que abrange toda a parte costeira da região estudada e o Neossolo Flúvico que se estende nas planícies fluviais margeando os cursos d'água (EMBRAPA, 2006). O Neossolo Quartzarênico é essencialmente quartzoso, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo). Possui baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água e devido à baixa adesão e coesão apresenta elevada erodibilidade, sendo em geral muito profundo. Em função da textura grosseira, é bastante poroso e com elevada permeabilidade (EMBRAPA, 2006).

O Neossolo Flúvico é derivado de sedimentos aluviais com horizonte A assentado sobre horizonte C, constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. Situa-se em planícies aluviais e em função do relevo, apresenta profundidades efetivas variadas. Contudo, predominam solos mais profundos, cujo fator limitante é a presença de lençol freático (EMBRAPA, 2006).

4. Considerações Finais

A partir do estudo integrado dos elementos e processos socioambientais na região do baixo rio Jucu e adjacências ficam evidentes a susceptibilidade a eventos sazonais de inundações, constituindo-se numa área de amortecimento de cheias, com dinâmica de escoamento superficial das águas lântico (de águas semiparadas) nos eventos de precipitações concentradas, a exemplo do mês de novembro de 2009.

A região constitui-se também, do ponto de vista ambiental, num ecossistema extremamente alterado pela ação humana, pelo menos desde a década de 1950 com a retificação do canal principal e construção de vários canais artificiais para escoamento das águas, alterando significativamente a morfologia da região. O principal objetivo foi atender

aos interesses socioeconômicos, não levando em consideração à elevada fragilidade as modificações que esta região está sujeita, a exemplo, atualmente, do solo criado (aterros), expansão da urbanização, dragagens e outros.

Os impactos socioambientais na região devido à ocupação e construção de equipamentos industriais/residenciais e vias de circulação, provocam várias consequências nos recursos hídricos locais e adjacentes, dada a complexidade da dinâmica das águas superficiais, provocando à alteração do regime hidrológico e nível do lençol freático em decorrência das mudanças no escoamento superficial e na infiltração.

Além destes, há ainda o processo de assoreamento, poluição dos cursos d'água, obstrução dos mesmos em vários trechos dos canais, especialmente do canal principal do rio Jucu, entre outros impactos induzidos, sobretudo devido ao processo de ocupação desordenada do território na área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Jucu.

Outro aspecto a se levar em conta quanto ao risco de inundação é a influência da maré. Mesmo com obras de drenagem e manutenção dos canais em dia, em eventos de marés altas de sizígia, a região pode ser inundada com as águas pluviais, não havendo como escoarem em direção à embocadura, fato este já recorrente em Vila Velha no canal do bairro Araçás que desagua no baixo Jucu próximo à foz.

Tais fatos demonstram que o uso e ocupação do solo nesta região é bastante delicado, pois vários são os fatores que agravam o problema dos eventos de inundação, uma vez que, esta é uma região de planície fluvial naturalmente sujeita a estes eventos. Deste modo, com a expansão da urbanização na área estudada, mesmo que ocorram obras de engenharia de drenagem para amenizar os efeitos das enchentes, a mesma necessita de manutenção constante, não só no curso principal, mas nos vários canais artificiais construídos justamente para drenar as águas, como dragagens periódicas que geram custo extra ao município, tendo em vista o processo de sedimentação/assoreamento.

É importante mencionar, ainda, que esta área tem atraído forte especulação imobiliária, o que requer atenção especial do poder público para que o uso e ocupação destas áreas não fujam do controle e aconteçam respeitando as leis vigentes, especialmente as que se referem às questões ambientais, pois dentre outros fatores, esta região é ambientalmente frágil e possui como importante recurso natural à disponibilidade de água advinda principalmente do rio Jucu, recurso este imprescindível à vida.

Contudo, do ponto de vista jurídico, o próprio Plano Diretor Municipal de Vila Velha (Lei Nº 4575/07) que deveria amparar-se nas demais legislações ambientais e de uso e ocupação do solo, acaba por incentivar a ocupação desta área tão frágil ambientalmente, de forma questionável, ao prever a construção de **condomínios fechados e de alto padrão** (já em execução) (grifo nosso), indústrias, empresas, bairros residenciais, conforme Plano de Desenvolvimento Sustentável de Vila Velha (2009). Levanta-se a questão de até que ponto esses projetos e/ou propostas são realmente necessários ao desenvolvimento econômico e social do município, tendo em vista que o PDM de Vila Velha (PMVV, 2007) ao mesmo tempo prevê o direito à cidade sustentável, que garanta condições de um desenvolvimento socialmente justo, **ambientalmente equilibrado** (grifo nosso) e economicamente viável.

Com base na integração e análise dos aspectos físico-ambientais juntamente com os sociais e econômicos, evidencia-se que a metodologia de delimitação de área sazonalmente inundada com uso de imagens temporais do satélite CBERS-2B se mostra 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. Esta metodologia constitui-se numa importante informação no auxílio das tomadas de decisões como o ordenamento mais adequado dessas paisagens, impedindo que danos ambientais e sociais irreversíveis ou de difícil e onerosa solução possam ocorrer.

5. Referências Bibliográficas

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

Agência Nacional de Águas. **Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul – Trecho Leste: Sinopse 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.

Carneiro, Paulo Roberto Ferreira; Miguez, Marcelo Gomes. **Controle de Inundações em Bacias Hidrográficas Metropolitanas**. São Paulo: Annablume, 2011. 1ª Ed. Fls. 300.

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

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Plano Diretor de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana da Grande Vitória** (Município de Vila Velha – ES). Produto 7 – Diagnóstico. Setembro, 2009. Disponível em: http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=564&Itemid=363. Acesso em: 12 de abril de 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cartas Topográficas**. Escala 1:50.000, 1970.

_____. **Censos demográficos**. 2010.

_____. **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 Jones Dos Santos Neves - IJSN. **Elaboração dos Estudos para Desassoreamento e Regularização dos Leitos e Margens dos Rios Jucu, Formate e Marinho na Região Metropolitana da Grande Vitória: Relatório Final de Consolidação**. Vitória, setembro de 2009. Disponível em: http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=564&Itemid=363. Acesso em: 12 de abril de 2012.

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.

Plano de Desenvolvimento Sustentável do Município de Vila Velha (ES). (1ª Etapa – Levantamento Preliminar de Projetos Potenciais). Consórcio: Ikann; Futura; Prosul e Cepemar. Vila Velha, 2009. Disponível em: <http://www.pontaldasgarcas.com/>. Acesso em: 2 jul. 2011.

PMVV – Prefeitura Municipal de Vila Velha (Município). **Lei nº 4.575 de 2007**. Institui o Plano Diretor Municipal (PDM) e dá outras providências. Disponível em: <http://www.vilavelha.es.gov.br/downloads/search_result.html>. Acesso em: 13 jul. 2011.

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.

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

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