

INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES GEOESPACIAIS PARA ANALISAR A OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CRICIÚMA/SC/BRASIL

Mirtz ORIGE¹, Tadeu de Souza OLIVEIRA², Rui Pedro JULIÃO³

- (1) Arquiteta e urbanista, Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil- PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC na área de infraestrutura e gerência viária e na linha de pesquisa de cadastro técnico multifinalitário e Gestão Territorial. Endereço: Rua João Pio Duarte e Silva, s/n, Córrego Grande CEP 88 040-900- Florianópolis/SC. Endereço eletrônico: mirtz.orige@posgrad.ufsc.br.
- (2) Engenheiro Civil e Eng. Agrimensor, Doutor pela Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, professor e coordenador no Curso de Engenharia Civil na Sociedade Educacional de Santa Catarina- UNISOCIESC/ Florianópolis. Endereço: Rua Salvatina Feliciano dos Santos, 525 CEP: 88034-600 - Florianópolis – SC. Endereço eletrônico: tadeusouzaoliveira@sociesc.org.br.
- (3) Membro Integrado do Centro de Estudos de Geografia e Planejamento Regional- e-GEO, Professor Auxiliar do Departamento de Geografia e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas-FCSH, Universidade Nova de Lisboa-UNL. Endereço: Av. de Berna, 26C CP 1069-061-Lisboa/Portugal. Endereço eletrônico: rpj@fsh.unl.pt.

Introdução
Área de Estudo
Materiais e Métodos
Resultados e Discussões
Considerações Finais
Agradecimento
Referências Bibliográficas

RESUMO - Nas áreas urbanas, a ocupação da Área de Preservação Permanente – APP provoca a destruição das áreas verdes e comprometem a qualidade dos recursos hídricos disponíveis. O objetivo deste artigo é integrar as informações geoespaciais para analisar a ocupação da APP na Bacia Hidrográfica do Rio Criciúma, visando mitigar os conflitos de uso e ocupação do solo. Os métodos utilizados estão baseados em dados do sensoriamento remoto e cartográficos, que foram integrados por meio de um Sistema de Informação Geográfica- SIG e relacionados entre si. Informações brutas encontradas na cartografia histórica foram transformadas em informações úteis e relevantes. Os resultados mostram por meio de mapas temáticos que 18,78% da APP ao longo dos cursos de água nestabacia hidrográfica foram ocupadas irregularmente, principal razão dosprejuízos econômicos e sociais causados pelas inundações na área central do município. Contudo, como resultado mais importante, aponta-se a integração da informação geoespacial temporal como estratégica para reconhecer a tendência de expansão da ocupação das áreas protegidas por lei e fundamentar a criação de diretrizes claras para o uso do solo no âmbito municipal.

Palavras chave: área de preservação permanente, sistema de informação geográfica, bacia hidrográfica.

ABSTRACT - In urbana areas, the occupation of Permanent Preservation Areas - PPA causes the destruction of green areas and affect the quality of available waterre sources.The purpose of this article is to integrate geospatial information to analyze the occupation of APP in River Basin Criciúma, to mitigate conflicts of land use and occupation. The methods used are based on remote sensing and cartographic data that has been integrated through a Geographic Information System- GIS and it self related. Raw information found in historical cartography was transformed into useful and relevant information. The results show through thematic maps that 18.78% of APP over the streams in this watershed were occupied illegally, the main reason for the occurrence of economic and social damage caused by the floods in the central area of the city. However, the most important results, we point out the integration of temporal geospatial information as strategic to recognize the trend of expanding occupation of areas protected by law and support the establishment of clear guidelines for the use of land within the municipality.

Keywords: permanent preservation area, geographic information system, river basin.

INTRODUÇÃO

Nas áreas urbanas, a ocupação da Área de Preservação Permanente - APP tem maior incidência em comparação com as áreas rurais, haja vista que a impermeabilização do solo com edificações e pavimentações, provoca a destruição das áreas verdes e comprometem a qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

De acordo com Botelho (2011), a água, inserida no sistema hidrogeomorfológico representado pela bacia de drenagem, é destino

final de materiais que circundam no sistema. Nas áreas urbanas, os resíduos industriais, o lixo urbano e o esgoto doméstico quando atingem os rios comprometem o consumo de suas águas.

Neste cenário, são frequentes as inundações bruscas que afetam diretamente o nível da qualidade de vida no meio urbano.

Objetivando disciplinar e limitar as interferências antrópicas sobre o meio ambiente, o artigo 2o do Código Florestal Brasileiro – a

Lei no.4.771, de 15 de setembro de 1965 – contempla a criação da APP. Nessas áreas não se pode fazer a retirada da cobertura vegetal original, permitindo, assim, que ela possa exercer, em plenitude, suas funções ambientais (SOARES et al., 2002)

A vegetação, nativa ou não, e a própria área são objeto de preservação não só por si mesmas, mas pelas suas funções protetoras das águas, do solo, da biodiversidade (aí compreendendo o fluxo gênico de fauna e flora), da paisagem e do bem estar humano. A APP não é um favor da lei, é um ato de inteligência social (MACHADO, 2007).

A degradação e a preocupação ambiental são percepções exclusivas das pessoas que vivem nas cidades, as quais afirmam Oliveira & Herrmann (2001), que antes de buscar conhecer a natureza, para preservá-la, o fundamental para as nossas necessidades é o conhecimento que nos permita usar e modificar nosso ambiente sem precisar destruí-lo, pois as cidades são os espaços nos quais a natureza se transforma em habitat humano.

Pode ser definida como área protegida em local de elevada fragilidade e/ou importância ambiental (como margens de nascentes, riachos, rios e lagos, entorno de nascentes e reservatórios d'água, topos de morros e áreas de alta declividade etc.), coberta ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. A definição legal das funções ecossistêmicas prestadas pela APP já era trazida pela Lei n. 4.771/65 e foi mantida no art. 3º, II, da Lei n. 12.651/2012. Portanto, para que possamos falar em existência de APP, ela deve ser capaz de desempenhar as funções supramencionadas (ELLOVITCH, & VALERA, 2013).

Nesse sentido é de se destacar a responsabilidade compartilhada do Estado e dos particulares para a defesa e preservação do meio ambiente — art. 225, caput, da CF de 1988 — “(...) impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Por isso, a participação pública como forma de gestão de problemas ambientais é impossível sem que haja

um processo de conscientização (LEITE & CAETANO, 2012).

Neste contexto, a integração da informação geoespacial busca na cartografia temática a exibição de dados geográficos de forma clara, dando suporte para as definições estratégicas e relevantes para o ordenamento equilibrado do território.

Para tanto, é imprescindível a utilização de um Sistema de Informação Geográfica - SIG capaz de documentar e visualizar, bem como analisar os fenômenos gerados pelos conflitos de uso e ocupação do solo.

Para Julião (2001), as tecnologias de informação geográfica, nomeadamente os Sistemas de Informação Geográfica têm vindo a assumir um papel cada vez mais importante em diversas organizações, nomeadamente nas relacionadas com a gestão territorial.

Os SIG assumem, assim, particular importância nos dias de hoje ao facultarem meios para a compreensão dos processos de transformação do território em tempo útil. Ora este tipo de compreensão, dada a elevada dinâmica de transformação da sociedade atual só é possível de atingir através da integração de informação e métodos de análise. Os SIG permitem utilizar diferentes técnicas, métodos e dados de diferente natureza, num processo de análise/decisão integrado e coerente (JULIÃO, 2001).

Uma característica essencial do SIG é a utilização de um sistema computacional de alta capacidade, que permita o manuseio de grandes conjuntos de dados, que podem ser integrados por meio e relacionados entre si. Informações genéricas (dados brutos) podem ser transformadas em informações úteis e politicamente relevantes. Com a ajuda de um SIG pode-se explicar relações espaciais, representá-las em forma de mapas, desenvolver cenários e analisar intervenções (LANG & BLASCHKE, 2009).

Contudo, o objetivo deste artigo é integrar as informações geoespaciais temporais para analisar a APP na Bacia Hidrográfica do Rio Criciúma - BHRC, visando fornecer subsídios à tomada de decisões para mitigação dos conflitos de uso e ocupação do solo, que representam uma das maiores preocupações no âmbito da gestão territorial.

ÁREA DE ESTUDO

A BHRC está situada no município de Criciúma, Sul de Santa Catarina, entre as latitudes 28°41'30'' e 28°38'40'' Sul, e entre as longitudes 49°21'00'' e 49°24'50'' Oeste (Figura 1). Este município é sede da Associação dos Municípios da Região Carbonífera - AMREC e fica distante 200 km da capital do Estado de Santa Catarina, Florianópolis.

É na BHRC, onde se concentra a maior ocupação urbana do município de Criciúma e os conflitos de uso do solo decorrentes da ocupação irregular da APP.

O município de Criciúma tem sofrido constantemente com as consequências das cheias de bacias urbanas, onde a impermeabilização do solo, resultado do processo de urbanização, provoca uma redução da infiltração e um aumento do escoamento superficial, que por vezes não é suportado pelo rio, ocasionando o seu extravasamento. Entretanto, para que se possam promover melhoria sem áreas urbanizadas por onde o rio Criciúma percorre, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos visando estabelecer a importância deste corpo hídrico num contexto urbano (FAMCRI, 2012).

Entretanto, o ordenamento do território do município de Criciúma, iniciou-se com leis que levavam em consideração questões ambientais ligadas diretamente ao rio que corta todo o centro urbano do município e outros bairros. No entanto, ao se avaliar a evolução da legislação reguladora da ocupação do território, verifica-se que questões básicas de preservação do equilíbrio das águas de escoamento superficiais foram totalmente deixadas à margem do processo (Oliveira, 2012).

Cabe destacar que a reduzida disponibilidade de áreas verdes, estreitamente relacionada, principalmente, a forma desordenada de ocupação do território, ocasionando a intensificação da fragmentação florestal de áreas naturais, diminuindo, por conseguinte a qualidade e a quantidade de recursos disponíveis (FAMCRI, 2012).

Contudo, a mitigação dos conflitos de uso do solo decorrentes da ocupação irregular da APP que possui ligação direta com as ocorrências de inundações bruscas, tornou-se um dos maiores desafios para a gestão municipal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o cumprimento das etapas da pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: Restituição Aerofotogramétrica, meio digital de 2001, na escala 1: 2.000/SAD 69 (Fonte: PMC); Planta Aerofotogramétrica da Zona Carbonífera do Sul do Estado de Santa Catarina de 1956, executada pelo Plano do Carvão Nacional, na escala 1: 10.000/CÓRREGO ALEGRE/ 1949 (Fonte: DNPM); Fotografias aéreas de 1956 na escala 1: 25.000, analógicas/digital/sem georreferenciamento (Fonte: SEPLAN/SC); Ortofotos do vôo fotogramétrico do ano de 2010, na escala 1: 10.000/SIRGAS 2000 (Fonte: PMC); Levantamento das Nascentes extraído do Projeto Nascentes em desenvolvimento pela

Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC/2014 (Fonte: UNESC/IPAT), na escala 1:2.000/SAD 69 e Mapa de Setorização do cadastro técnico da Prefeitura Municipal de Criciúma, na escala 1: 2.000/ SAD 69 (Fonte: PMC, 2014). Área de inundação BHRC, na escala 1: 2.000/SIRGAS 2000. (Fonte: OLIVEIRA, T.S.2012).

A estrutura de procedimentos metodológicos da pesquisa (figura 2) para alcançar os resultados foi dividida em 3 etapas: i) Compatibilização e integração das informações geoespaciais temporais, ii) Elaboração de planos básicos de informações geoespaciais da BHRC; iii) Avaliação das APPs.

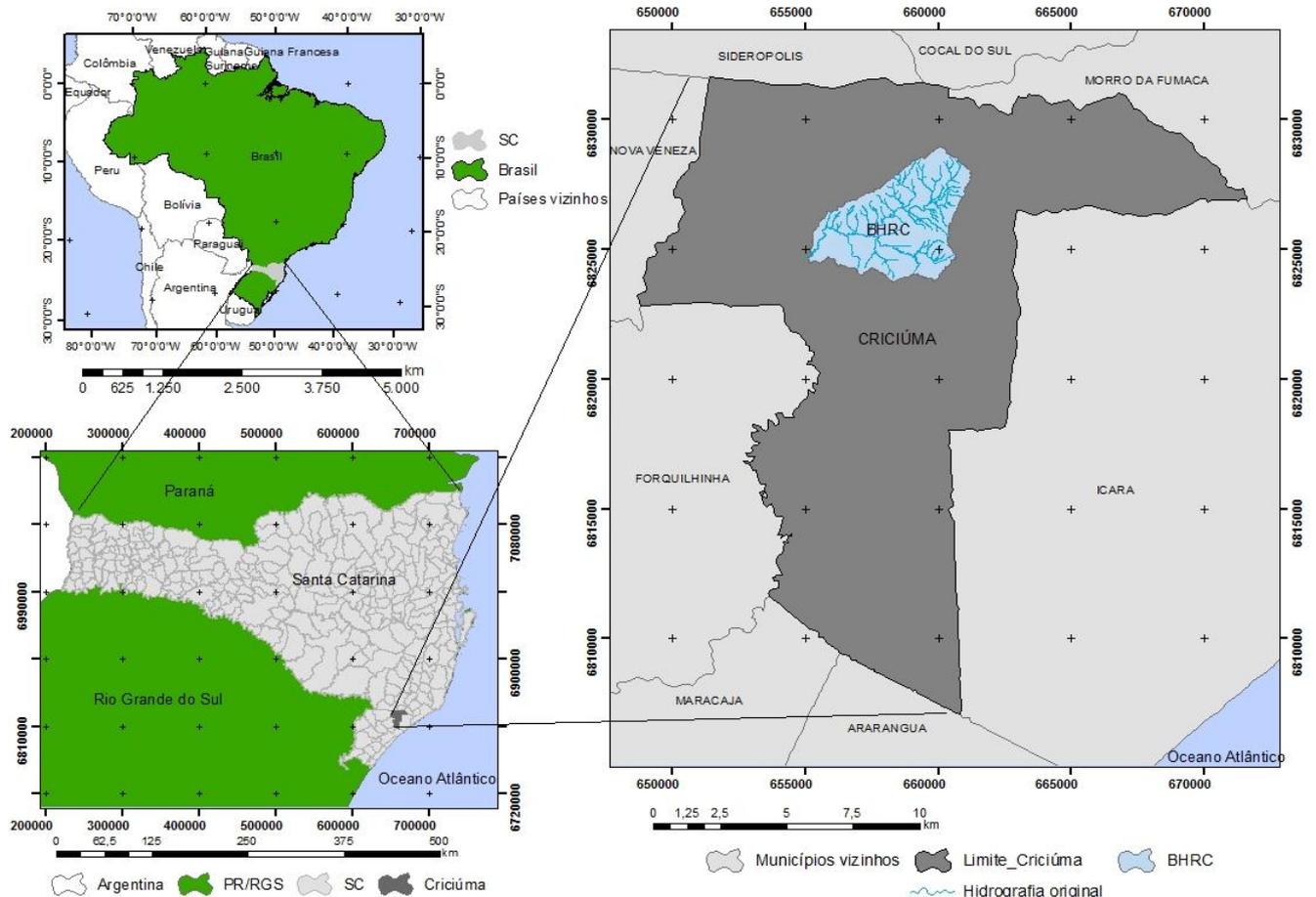


Figura 1. Localização Geográfica do Município de Criciúma/SC/Brasil.

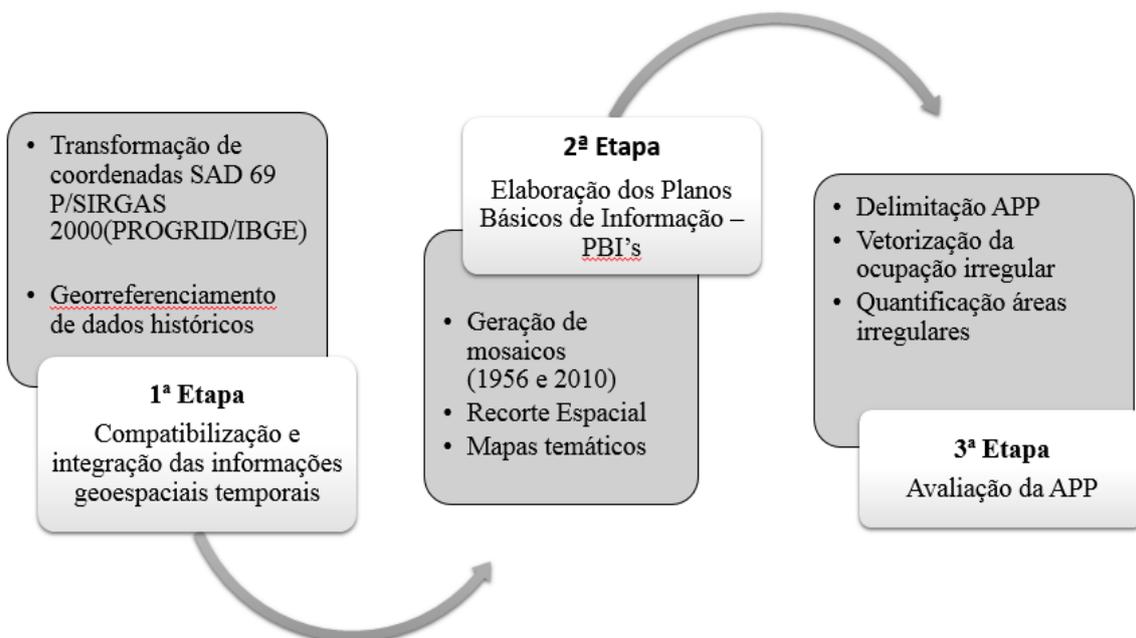


Figura 2. Estrutura dos procedimentos metodológicos da pesquisa.

A 1ª Etapa tratou da compatibilização dos sistemas de referências cartográficas. Foi feita a conversão da Base cartográfica de 2001 que estava em South American Datum 1969- SAD 69, para o Sistema de Referência Geocêntrico

para as Américas SIRGAS 2000. Para esta atividade foi utilizado o programa de transformação de coordenadas – ProGrid que foi desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE de modo a

permitir a transformação de coordenadas entre os sistemas de referência oficiais em uso no Brasil: Córrego Alegre, SAD69 e SIRGAS2000.

Em seguida utilizou-se a base cartográfica de 2001/SIRGAS 2000 para georreferenciar a Carta Aerofotogramétrica de 1956, para adquirir o mesmo sistema geodésico de referência. Este mesmo procedimento foi feito também para as fotografias aéreas analógicas de 1956, em meio digital, para o levantamento das nascentes de 2014 e para o Mapa de setorização de 2014. De posse dos dados em um mesmo sistema de referência, foi vetorizado o limite da BHRC a partir das curvas de níveis contidas na base cartográfica de 2001.

Na sequência a partir do processo de restituição foi feito a vetorização dos afluentes e do curso d'água principal sobre a Carta Aerofotogramétrica de 1956 e com o auxílio de um estereoscópio de espelhos (Leica) e utilizou-se as fotografias aéreas de 1956 para validar as informações. Do mapa de Setorização do cadastro técnico da PMC, foi extraído as informações referentes a estrutura fundiária.

Na 2ª Etapa, a partir das camadas de dados existentes, foram elaborados os planos básicos de informações geoespaciais- PBIs referentes a BHRC, constituídos por mapas temáticos utilizando os mosaicos de imagens aéreas de 1956 e de 2010 e recortes a partir dos limites da referida bacia hidrográfica da Carta Aerofotogramétrica de 1956. Foram elaborados 6PBIs que exibem as informações geoespaciais

temporais referentes a BHRC que estão disponíveis em diferentes órgãos públicos.

A 3ª Etapa consistiu na avaliação da APP, onde tomou-se como referência a Lei nº 12.651/2012 e sobre o PBI cursos d'água/56 foram vetorizadas zonas delimitadas em volta de todos cursos d'água perenes e intermitentes da BHRC, utilizando-se a ferramenta delimitação de área equidistante (*buffer*). Como todos os rios possuem largura menor que 10 metros, dados validados *in situ*, levou-se em conta o atributo de 30 metros para cada lado das margens e para as nascentes foram delimitadas zonas com 50 metros de diâmetro.

A ocupação irregular foi vetorizada com a delimitação das edificações e vias encontradas PBI mosaico/2010 situadas dentro da APP para auxiliar utilizou-se o PBI lotes.

Na sequência foi feito a sobreposição da área de inundação no mosaico/2010. Na quantificação da APP foram calculadas a área total, identificando também aquelas ocupadas irregularmente. Para conhecer a tendência de ocorrência de cheias foi calculada a densidade de drenagem definida pela equação, onde,

Dd - Densidade de drenagem em Km/Km^2 ; L - Comprimento total dos cursos d'água em Km ; A - Área da bacia hidrográfica em Km^2 .

A manipulação, integração e geoprocessamento das informações geoespaciais temporais foram realizadas em Sistema de Informação geográfica – SIG utilizando o Software Arcgis/Esri, versão 10.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado da pesquisa e da análise dos mapas produzidos, constata-se que os PBIs (Figura 3) geraram novas informações da BHRC que se deu por meio da manipulação e integração em SIG das camadas de dados existentes.

Com a restituição da hidrografia do ano de 1956, foi possível constatar que a BHRC é constituída originalmente de afluentes intermitentes e perenes tem como principal curso d'água o Rio Criciúma. Esta bacia hidrográfica tem área de 19,01 km^2 a qual apresenta-se densamente irrigada, caracterizada pelos 69,99 km de cursos d'água com largura média inferior a 10 metros e 26 nascentes.

A densidade de drenagem reflete às influências das características topográficas, litológicas, pedológicas e da cobertura vegetal, além de incorporar a influência antrópica.

Na BHRC a densidade de drenagem é de 3,11 km/km^2 , índice pelo qual pode-se afirmar que há forte tendência para ocorrência de cheias de forma natural, considerando Vilela & Matos (1975), que faz a seguinte afirmação: variando de 0,5 para bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas.

O canal perene principal denominado Rio Criciúma possui na restituição da hidrografia original 10.238 m de comprimento, inicia e

percorre seu curso dentro da área urbanizada com seu trajeto principal na área central do município e tem sua fozno Rio Sangão.

O padrão de drenagem identificado, segunda a classificação apresentada por Christofolletti (1980), é o dendrítico subsidiário, onde a configuração geral da drenagem assemelha-se a uma árvore e os tributários

unem-se à corrente principal em sua maioria formando ângulos agudos.

Procedendo a sobreposição do mapa da BHRC, gerado a partir dos PBIs de 1956, com o mosaico de imagens de 2010, observa-se o grau de ocupação urbana nas áreas que deveriam ser destinadas exclusivamente a proteção das margens dos cursos d'água.

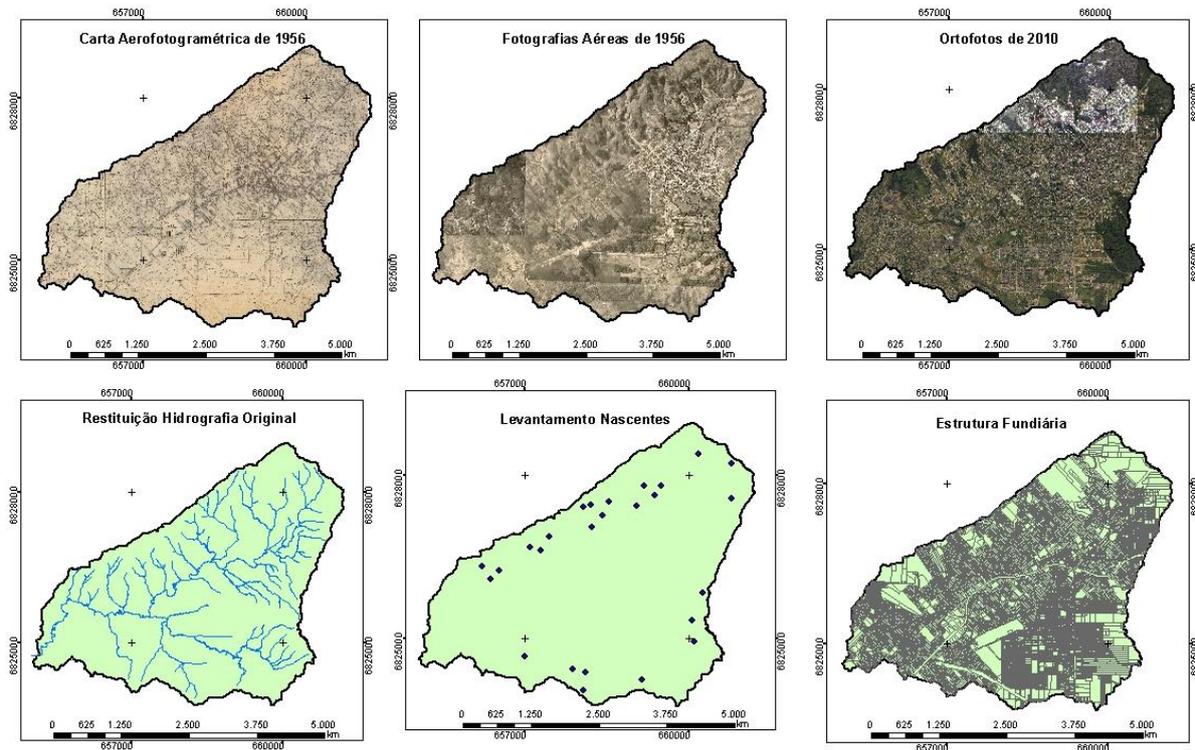


Figura 3. Planos básicos de informações geoespaciais da BHRC.

A figura 4 apresenta o resultado da interpretação da ocupação irregular em APP, onde foi constatado 0,72 km² de edificações e vias de circulação, que representa uma taxa de 18,78 % do total de APP na bacia. Com estes dados é possível associar as inúmeras ocorrências de inundações bruscas na porção Norte da BHRC, onde se concentra a maior ocupação urbana e maior ocupação irregular na APP.

O Rio Criciúma, mesmo não sendo de grande porte, tem demonstrado que a expansão urbana em seu entorno ao suprimir sua área de expansão natural, tem proporcionado inundações comparáveis a rios de médio e grande portes. Neste contexto, seria de

fundamental importância manter além de seu leito natural preservado suas margens para alagamentos em dias de grandes precipitações sem causar problemas para a população (Oliveira, 2012).

Considerando a porção Norte com área de 7,72 km² e com área de APP de 0,43 km², é caracterizada pela maior taxa de ocupação urbana, a ocupação irregular das áreas de APPs nesta parcela da BHRC é de 59,72 % da área total de APP da BHRC.

Estes dados explicam as relações espaciais visualizadas nos mapas gerados pela pesquisa, no destaque das edificações e vias sobre as APP e são nestas áreas que ocorrem as maiores incidências de inundações bruscas.



Figura 4. Mapa com a ocupação irregular na APP na BHRC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da APP da BHRC, apoiada pela integração de informações geoespaciais temporais, apresentou novas informações ao destacar as especificidades da área de estudo, tais como a exata localização espacial da APP e quais são as parcelas imobiliárias que estão infringindo o Código Florestal.

Os procedimentos metodológicos ao integrarem dados georreferenciados armazenados em SIG, possibilitou explicar e visualizar relações espaciais num mesmo sistema de referência e ofereceu facilidades e rapidez na análise ambiental e cruzamento dos PBIs.

Desta forma, foi agregado valor aos dados geográficos quando estes foram relacionados entre si e representados por meio de mapas temáticos de fácil interpretação, úteis ao planejamento urbano.

Constatou-se que a ocupação irregular das áreas protegidas por lei são a principal razão para os prejuízos econômicos e sociais causados pela ocorrência de inundações bruscas na área central do município.

Contudo, como resultado mais relevante, aponta-se a integração da informação geoespacial temporal como estratégica para reconhecer a tendência de expansão na ocupação da APP ao longo dos cursos de água na BHRC.

Os resultados desta pesquisa, além de subsidiar a tomada de decisões na gestão do território são capazes de fundamentar a criação de diretrizes claras para o uso do solo e termos de ajuste de conduta.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES que financiou esta pesquisa por meio de concessão de bolsa de estudo em nível de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: Antonio José Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 71-115.
2. CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 188p. 1980.
3. ELLOVITCH, M.F.&VALERA, C.A. **Manual Novo Código Florestal**. Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais. ISSN 1809-8673,2013. Disponível em www.mp.mg.gov.br/mpmgjuridico
a. Acessado em 12dez2014.
4. FAMCRI, Fundação de Meio Ambiente de Criciúma. **Diagnóstico Ambiental do Rio Criciúma- Relatório Final**. Criciúma, 2012, 130p.
5. JULIÃO, R.P. Tecnologias de Informação Geográfica e Ciência Regional: Contributos Metodológicos para a definição de modelos de apoio à decisão em desenvolvimento regional. Dissertação de doutoramento no ramo de geografia e planeamento regional. Universidade Nova de Lisboa-UNL.
6. LANG, S.&BLASCHKE, S. L. **Análise da Paisagem com SIG**. Ed. Oficina de textos. São Paulo, 2009, p.42.
7. LEITE, J.R.M. & CAETANO, M. A. As Facetas do Significado de Desenvolvimento Sustentável: □ Uma Análise Através do Estado de Direito Ambiental. Revista Internacional Direito e Cidadania.
8. ISSN nº 1983-1811. Disponível em
9. <http://www.reid.org.br/> Acessado em 12dez2014.
10. OLIVEIRA, M. A; HERRMANN, M.L. de P. Ocupação do Solo e riscos ambientais na área cornubada de Florianópolis. In: GUERRA, Antônio José Teixeira, CUNHA, S. B. (Orgs.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.147-188.
11. OLIVEIRA, T.S. **Aplicação do cadastro técnico visando a avaliação de inundações urbanas**. Florianópolis, 2012 . 355p. (Tese de doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, 2012.
12. MACHADO, P. A.L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 15ªed. São Paulo: Malheiros, 2007, p. 735.
13. SOARES, V.P.; MOREIRA, A.A.; RIBEIRO, C.; SILVA, E. Avaliação das áreas de uso indevido da terra em uma microbacia no município de Viçosa – MG, através de fotografias aéreas e sistemas de informação geográfica. Revista *Árvore*, v.26, n.2, p.243-251, 2002.
14. VILLELA, S. M. & MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p.

Manuscrito recebido em: 26 de Agosto de 2014

Revisado e Aceito em: 24 de Fevereiro de 2015