

AS ENCHENTES URBANAS E O CRESCIMENTO DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: ESTUDOS EM DIREÇÃO A UMA CARTOGRAFIA DAS ENCHENTES URBANAS

THE FLOODS AND URBAN GROWTH OF RIO DE JANEIRO CITY: STUDIES TOWARD AN CARTOGRAPHY OF URBAN FLOODS

Alexander Josef Sá Tobias da Costa¹, Rodrigo da Silva Conceição², Fernanda de Oliveira Amante³

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, SP, Brasil

³ Colégio Pedro II (CP II), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Correspondência para: Alexander Josef Sá Tobias da Costa (alexandercosta@hotmail.com)

doi: 10.12957/geouerj.2018.25685

Recebido em: 20 set. 2016 | Aceito em: 31 mai. 2018



RESUMO

Desde a sua fundação, o crescimento da cidade do Rio de Janeiro foi determinado pelas inúmeras e intensas intervenções antrópicas no ambiente natural. Nesse processo, foram identificados vários aterros de lagoas e de porções litorâneas, mudanças na rede de drenagem e o desmatamento de encostas e sua ocupação. Considerando essas intervenções, associadas ao relevo – planícies em contato direto com maciços costeiros – e ao clima em que a cidade está inserida – com chuvas intensas e/ou de elevada altura, o Rio de Janeiro tem a ocorrência de enchentes urbanas com grande frequência, principalmente nos meses de verão. A área de estudo são os bairros da Grande Tijuca, na zona norte da cidade, que sofre constantemente com as inundações e os problemas sociais, econômicos e ambientais daí decorrentes. Nessa área, foram desenvolvidas propostas de mapeamento das enchentes urbanas em diferentes momentos das últimas duas décadas, utilizando métodos e técnicas distintas, mas que, analisadas sob um olhar teórico-metodológico, contribuem para o avanço da compreensão e espacialização do fenômeno, e, principalmente, caminham na direção de uma cartografia das enchentes urbanas.

Palavras-chave: Enchentes; urbanização; mapeamento; meio ambiente; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

Since its founding, the growth of the city of Rio de Janeiro was given the numerous and intense human interventions in the natural environment. In this process, we identified several landfill lagoons and coastal portions, changes in the drainage network and deforestation of hillsides and their occupation. Considering these interventions, associated with relief - plains in direct contact with massive coastal - and the climate in which the city is inserted - with intense and / or high altitude rain - the Rio de Janeiro has the occurrence of urban flooding with great frequency especially in the summer months. The study area are the districts of Grande Tijuca, in the north of the city, which suffers constantly floods and the social, economic and environmental arising therefrom. In this area, mapping proposals were developed urban floods at different times of the last two decades, using different methods and techniques, but, analyzed from a theoretical-methodological look, contributing to the advancement of understanding and spatial distribution of the phenomenon, and especially, walk toward a cartography of urban floods.

Keywords: Floods; urbanization; mapping; environment; Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

Apesar de as enchentes urbanas ocorrerem em grande parte da cidade do Rio de Janeiro, o recorte espacial utilizado no presente artigo limitou-se aos bairros da Grande Tijuca no município do Rio de

Janeiro – Praça da Bandeira, Maracanã, Tijuca, Vila Isabel, Andaraí, Grajaú e Alto da Boa Vista - situados na vertente norte do Maciço da Tijuca. No passado, esta área apresentava alagadiços e antigas várzeas, que ao longo do tempo foram bastante transformadas, e possuem hoje uma grande recorrência do fenômeno das enchentes urbanas.

Esses bairros localizam-se em uma significativa porção da Zona Norte do município do Rio de Janeiro. Estão compreendidos entre o Maciço da Tijuca e a Baía de Guanabara, tendo um reduzido espaço de planície para um desenvolvimento urbano adequado, o que, aliás, se repete em diversas outras partes da cidade. Tratam-se de bairros intensamente ocupados, verticalizados, cercados pelas encostas do Maciço. Estas, por sua vez, se encontram ocupadas por comunidades carentes. Também por esta razão os elementos físicos e morfológicos apresentam destaque, sendo aqui colocados como importantes na compreensão da ocupação e do desenvolvimento espacial da população na área em questão, além de contribuir para um maior entendimento da problemática ambiental resultante desse processo.

A ocupação de encostas pelas favelas e a retirada de sua cobertura vegetal acabaram por gerar áreas de risco de deslizamentos; também determinadas pela ocupação urbana, houve a retinilização dos cursos fluviais, o assoreamento dos canais e a ampliação da rede de drenagem pluvial e de abastecimento de água e esgoto nas encostas, que, num quadro conjunto e complexo, contribuem para as enchentes urbanas. Entende-se que esses fenômenos precisam ser analisados dentro de um quadro hidrogeomorfológico integrado, sendo totalmente indesejável a sua partição em processos isolados e estanques.

A condição climática sob a qual encontra-se a cidade do Rio de Janeiro caracteriza-se pelas altas temperaturas e valores expressivos de umidade e precipitação. A circulação atmosférica é dominada pela ação das massas de ar Tropical Atlântica e Polar e perturbações secundárias das frentes frias. Durante o verão, elas causam os maiores impactos, gerando chuvas intensas (COELHO NETTO, 1992).

A presença e a disposição dos maciços litorâneos cariocas, - entre eles o Maciço da Tijuca - contribui para a ocorrência de intensas precipitações na cidade, pois a posição deles no sentido NE-SW impede a circulação dos ventos úmidos provenientes do mar, proporcionando a ocorrência de chuvas orográficas, que irão responder pelos diferentes totais anuais de precipitação encontrados na vertente litorânea dessas elevações – nas cotas inferiores a 500 metros, até 2000 mm/ano; nas cotas superiores a 500 m, mais de 2000 mm/ano (COSTA, 1989; 2010).

As bacias de drenagem da área de estudo possuem pequena área e encostas com declives acentuados, além de regime fluvial atrelado às condições de pluviosidade. As cheias dos rios e os níveis por elas atingidos são respostas quase imediatas à magnitude e frequência dos eventos de chuva. Segundo Ferreira (1994), as séries pluviométricas de estações climatológicas possuem um comportamento semelhante ao regime das chuvas nas bacias: a frequência elevada de meses com totais mensais até 250 mm de chuva, além da ocorrência, com baixa frequência, de meses com totais pluviométricos entre 300 e 600 mm.

As principais características das bacias de drenagem da área são os rios de pequena extensão, com grandes declividades em suas cabeceiras – que em contato abrupto com a planície praticamente determinam a inexistência de trechos de médio curso - e a localização de seus baixos cursos em planícies com declividades muito baixas, onde foram realizadas obras diversas para a modificação de seus leitos e margens.

Tendo em vista as características morfológicas do relevo, o processo de ocupação da área se deu de forma bastante ampla, isto é, com um intensivo aproveitamento do espaço, visto na densidade da verticalização residencial de seus bairros formais e na expansão da ocupação das encostas.

Ao longo do século XX, a ocupação da Grande Tijuca se encaminhou notadamente para o uso residencial, seguido pelo setor de comércio e serviços, que visam atender aos seus moradores bem como à população das proximidades, conferindo ao bairro da Tijuca o papel de um importante subcentro.

Com o grande poder de atração comercial, concentração de serviços e por consequência do adensamento populacional de classes de renda mais altas, ocorreu também uma enorme atração de população de renda mais baixa, principalmente a partir da segunda metade do século passado. Por isso, os bairros da Grande Tijuca desenvolveram o processo de favelização, com o surgimento - e mais tarde adensamento - de ocupação nas encostas do Maciço. Destacam-se complexos de favelas distintos como: Salgueiro, Borel, Turano, Andaraí, entre outros (SANTOS et al, 2003).

Quanto a esta parcela da população, evidenciam-se ainda questões quanto ao seu processo de ocupação ilegal e, de forma associada, ao relevo, tendo em vista que está predominantemente instalada em áreas de risco de deslizamentos. Apenas recentemente as favelas têm recebido atenção do poder público: a partir da década de 1990, a Prefeitura implementou obras de infraestrutura urbana e projetos sociais dentro do Programa Favela-Bairro. A proposta era integrar as favelas aos bairros formais da cidade, dotando-as de uma melhor infraestrutura, serviços e equipamentos públicos e buscando também amenizar a problemática ambiental (SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO, 2004).

Percebe-se que a Grande Tijuca foi desde o período colonial e é até hoje alvo constante de modificações em sua extensão territorial. Além da proliferação de áreas de precária qualidade de vida, principalmente devido à falta de acesso aos equipamentos e infraestrutura urbana da cidade formal, ocorre ainda o desenvolvimento acelerado da criminalidade, como assaltos, tráfico de drogas, entre outros, reflexo da própria disparidade socioeconômica de seus habitantes.

As modificações da paisagem natural dessa localidade - e da cidade do Rio de Janeiro como um todo - sempre dizem respeito às necessidades e a lógica de reprodução em que a sociedade carioca se insere nos diferentes espaços de tempo, destacando a cristalização de processos sociais, trabalhados por inúmeros autores. A Grande Tijuca consegue, em seu espaço urbano, exemplificar todos esses aspectos.

O presente artigo tem como objetivos identificar as relações entre as intervenções antrópicas existentes na área de estudo, advindas do processo de crescimento urbano, com a ocorrência das enchentes

urbanas, e analisar diferentes propostas de mapeamento desse fenômeno, igualmente elaboradas para a área da Grande Tijuca. Espera-se que o avanço das pesquisas acadêmicas e institucionais na direção do entendimento das enchentes urbanas seja acompanhado do desenvolvimento de novas possibilidades de mapeá-las e espacializá-las, para que possam sinergicamente interagir no sentido de subsidiar propostas de planejamento e ação contra os seus efeitos negativos, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população envolvida nesse contexto.

Além da pesquisa bibliográfica relacionada às temáticas do trabalho, será necessário resgatar e analisar as propostas de mapeamento de enchentes existentes para a Grande Tijuca, observando os seus pressupostos teórico-metodológicos e instrumentais. Com essa análise de propostas, pretende-se ter um ponto de partida para a proposição de uma cartografia das enchentes urbanas, com o intuito de construir um conjunto de conhecimentos e procedimentos sobre o mapeamento desse fenômeno, a partir de diferentes ações existentes e futuras.

O processo de urbanização no Rio de Janeiro e as enchentes urbanas

Desde a fundação da cidade do Rio de Janeiro, as chuvas de grande altura e elevada intensidade estão presentes no cotidiano carioca e, intensificadas pelo processo de ocupação e crescimento da cidade, também são frequentes as enchentes. Muitas são as condicionantes naturais e antrópicas que favorecem a ocorrência de enchentes na cidade. A disposição da cidade, em planícies costeiras entre os maciços costeiros, determina, por um lado, a ocorrência de precipitações intensas, de efeito orográfico e, por outro lado, a formação de cheias devido às fortes declividades que resultam em escoamentos rápidos, com baixos tempos de concentração. A baixa permeabilidade, resultante de camadas pouco espessas de solos argilosos sobre rochas, de áreas de rocha exposta, e de áreas urbanizadas impermeabilizadas, também contribui para a formação dos picos de vazão, gerando grandes volumes de cheia nas áreas com reduzidas altitudes (FUNDAÇÃO RIO ÁGUAS, 2011).

Ao descrever o processo de evolução geomorfológica do Rio de Janeiro, Ruellan (1953) mostra-nos o quadro que recebeu os portugueses no século XVI: vales amplos e planícies de formação recente, mal

consolidadas, nas quais se destacavam alinhamentos e morros isolados. Daí até a metrópole nacional do século XXI, uma série de modificações fisiográficas tiveram lugar no sítio urbano inicial, as quais alteraram profundamente as características originais do ecossistema local.

O primeiro de muitos relatórios elaborados a partir de enchentes urbanas relevantes data de 1811, no qual João Manoel da Silva explicava a D. João VI as causas do episódio "Águas do monte": a topografia da cidade possui rupturas abruptas de inclinação - de encostas íngremes para terrenos planos ao nível do mar, o que contribui para o escoamento superficial rápido pelas vertentes e para o seu represamento igualmente acelerado na planície. Abreu (1987) aponta que o único sistema de drenagem existente era problemático, pois as valas tinham pouca declividade, já que estavam praticamente ao nível do mar. Assim, sua principal função - drenar as águas pluviais - não era atendida, principalmente quando havia a ocorrência de chuvas mais intensas. O estudo também apontava a população como responsável pelo episódio, visto que as valas estavam cobertas de lixo. Aliás, a responsabilização da população pelas enchentes urbanas, por diferentes motivos, está presente em diversos relatórios que se sucederam, até os dias atuais (BRANDÃO, 1997).

Com relação às causas de natureza antrópica, pode-se citar a ocupação das baixadas e várzeas, que resultou em uma grande quantidade de interferências concentradas em faixas estreitas, como sistema viário, ferroviário e equipamentos urbanos, além da impermeabilização do solo por asfalto. Some-se a isto o fato que a expansão urbana ocorreu, principalmente, pela construção de aterros sobre o mar e sobre áreas de mangue e pela ocupação das encostas dos morros. Os aterros sobre o mar e áreas de mangues implicaram em obras de retificação e prolongamento dos canais em trechos com declividades muito baixas. Em geral, as obras de canalização resultaram na concentração dos fluxos fluviais, agravando a ocorrência de enchentes urbanas. A ocupação dos morros, por sua vez, gerou incrementos na formação de sedimentos, com conseqüente redução de capacidade dos canais e seu assoreamento (FUNDAÇÃO RIO ÁGUAS, 2011).

A transformação foi (e é) tão intensa, a custos tão elevados, que repetidamente vem à pauta a discussão sobre a propriedade ou não da instalação e crescimento da cidade do Rio de Janeiro nesse

sítio. Abreu (1987) afirma que a posição estratégica da cidade, na entrada da Baía de Guanabara, foi fundamental na decisão portuguesa de fundar a cidade. Entretanto, o sítio se mostrava problemático, pela quebra abrupta de gradiente entre a encosta e a baixada situada ao nível do mar, e pela grande quantidade de brejos, pântanos e lagoas. Lamego (1964) descreve a intensa luta da cidade e de seus habitantes contra o brejo, o mar e a montanha, no processo de crescimento urbano. Com a carência de solo enxuto para expansão urbana, nos primeiros séculos as planícies e as lagoas iam sendo desseccadas sem técnicas saneadoras: colocava-se simplesmente, o aterro por cima. De acordo com Lamego (1964, p. 163), praticamente toda a planície onde se localizava o centro da cidade, do Cais do Porto à Praça Paris e desde a Rua Primeiro de Março ao Campo de Santana, se assenta “sobre uma esponja de velhos paludes aterrados”.

Como consequência, o volume de água que descia diretamente para a Baía de Guanabara sofreu um aumento, já que diminuíram as áreas de retenção e de evaporação dos alagadiços e já que a área coberta por impermeabilização aumentava. Vale lembrar que houve a construção de inúmeras valas, que contribuíram para o enxugamento do solo e que, até o final do século XIX, foram a única rede de drenagem urbana da cidade.

Mesmo após vencer a batalha contra os mangues e pântanos, o Rio de Janeiro ainda sentia a falta de espaço para a sua expansão, principalmente ao final do século XIX, quando se deu acelerado crescimento populacional. Sucessivos aterros foram realizados, em uma modificação constante do litoral carioca – assim surgiram o bairro da Urca, a área portuária e o Parque do Flamengo. O antigo Saco de São Diogo que alcançava de São Cristóvão até o Santo Cristo, incluindo o Bairro da Praça da Bandeira, se reduz hoje, ao Canal do Manguê, cujas obras terminaram em 1857.

As modificações continuaram: as desembocaduras dos rios Maracanã, Trapicheiros, Joana e Comprido recuaram, já que originalmente se localizavam nas proximidades da atual Praça da Bandeira, em função da construção de um canal de drenagem na Avenida Francisco Bicalho; além disso, as obras do porto avançaram de tal modo sobre a Baía de Guanabara que absorveram até várias ilhas afastadas da costa (BACKHEUSER, 1946).

Os aterros trouxeram mudanças para o escoamento das águas dos rios. Com essa expansão, houve o alongamento do percurso das águas e a diminuição da declividade, já excessivamente fraca (RUELLAN, 1953). Com uma distância maior a percorrer, a velocidade das águas se reduz mais ainda, pois esta já sofria considerável diminuição em função da abrupta ruptura de declive entre as íngremes encostas do Maciço da Tijuca e a planície. Isso agrava o problema do escoamento pela microdrenagem, pois, com a diminuição da velocidade do fluxo e da competência do canal, ocorre uma maior deposição de sedimentos; estes geralmente cobrem os ralos e entopem as caixas de retenção, reduzindo a capacidade de escoamento das galerias pluviais (AMARANTE, 1960). Ou seja, a cidade do Rio de Janeiro, em seu crescimento, ocupou áreas mal aterradas, mal niveladas, e com baixa altitude, exatamente as que se transformaram nas mais afetadas pelas inundações.

Paralelamente às conquistas de faixas de terra e mar, houve o ataque à montanha, dado de duas formas: pelo desmonte e pela ocupação das encostas. O desmonte, apesar de ter uma justificativa saneadora, vai propiciar na verdade, o ganho de espaço de duas maneiras: pela área resultante da destruição dos morros (houve o predomínio do desmonte nos morros do centro da cidade) e pelos aterros que serão realizados com o material resultante da destruição. A ocupação das encostas se dará primeiramente pelas culturas da cana-de-açúcar e do café, com a devastação da floresta nativa. Por volta de 1870, foi iniciado o reflorestamento do Maciço da Tijuca, até que no decorrer do século XX reiniciou-se o desmatamento e a ocupação das encostas, por meio de habitações. Apesar do predomínio das favelas com população de baixa renda, também as classes mais altas ocuparam as encostas com suas residências, principalmente em bairros de Zona Sul e na Grande Tijuca, no Alto da Boa Vista.

Também deve ser considerado que a cidade do Rio de Janeiro teve um crescimento demográfico lento até o século XIX. Comparando com o espaço urbano atual, era uma cidade pequena e, assim, os temporais atingiam com facilidade a totalidade da área urbana de outrora. Brandão (1997) afirma que em pelo menos metade dos anos do século XX são encontrados registros de chuvas intensas que resultaram em inundações de grandes proporções; aponta, ainda, que as enchentes aumentaram sua frequência a partir dos anos 1960. As áreas de ocorrência de episódios pluviais de maior intensidade são as mesmas onde se encontram as maiores taxas de ocupação urbana; as densidades demográficas

mais elevadas; a maior concentração de favelas e loteamentos irregulares e, finalmente - e como consequência lógica - a maioria das áreas de risco de deslizamento e de inundações.

Ao longo dos anos, várias foram as intervenções realizadas na bacia do Canal do Mangue, alterando significativamente a configuração original da macrodrenagem. Entre 1902 e 1906, os rios Joana, Comprido e Maracanã foram retificados e canalizados. Entre 1920 e 1922, foram feitas a Av. Maracanã e a desobstrução dos Rios principais. A foz do Rio Joana foi alterada para o Rio Maracanã. Mas não foram suficientes para a solução dos problemas.

A partir de 1940, a cidade inseriu-se em um quadro de intensificação dos problemas ambientais. Com o elevado aumento do valor do solo urbano, o crescimento vertical da cidade sofreu grande incremento e o processo de favelização se fortaleceu, o que gerou sucessivas crises nos setores de transportes e de habitação.

Os sucessivos aterros, canalização dos rios, a substituição da floresta por mansões, favelas, arruamentos, entre outras obras de urbanização, trouxe alterações na geração de escoamento superficial e subsuperficial, modificando profundamente a infiltração e o deflúvio, ocasionando um aumento no total da precipitação útil. Além disso, os próprios sistemas de águas pluviais e de esgotos contribuem para a maior rapidez e tamanho das vazões de pico, já que muitas galerias pluviais e de esgotos têm como destino os canais principais dos rios cariocas.

Em relação ao abastecimento de água, de acordo com Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (FUNDAÇÃO RIO ÁGUAS, 2009), o município do Rio de Janeiro tem um índice de atendimento urbano de água de 99,4%. Entretanto, essa água é proveniente da Bacia do Rio Guandu, ou seja, um volume maior de água é despejado pelo sistema de esgoto nas bacias de drenagem da cidade. Por sua vez, o esgotamento sanitário dos bairros que pertencem à bacia do Canal do Mangue é lançado, “in natura” na Baía da Guanabara, por meio das Estações Elevatórias de São Cristóvão, Marechal Hermes (esgoto do bairro do Rio Comprido e adjacências) e do Mangue (região central da cidade). É comum a ocorrência de extravasamentos para o Canal do Mangue. Existem ainda

lançamentos diretos nos rios Maracanã e Canal do Mangue, por meio de inúmeros canais extravasores da rede de esgoto da região. Esse quadro representa o agravamento das condições de enchente nos bairros, uma vez que contribuem para o assoreamento dos canais e da foz do Canal do Mangue, reduzindo a capacidade de drenagem da bacia.

Atualmente, a bacia do Mangue registra inundações frequentes em todos os seus cursos d'água principais. A situação mais grave ocorre nos rios Joana, Trapicheiros e Maracanã que desaguam no Canal do Mangue, na altura da Praça da Bandeira. Não apenas essa área, mas, a quase toda a cidade convive em maior ou menor grau com as enchentes urbanas e assiste, de tempos em tempos, intervenções nas bacias de drenagem que apontam para a solução do problema e de seus efeitos socioeconômicos e ambientais. Por outro lado, no tocante às medidas não-estruturais, pouco se tem feito em relação a programas de educação ambiental; regularização e fiscalização do uso do solo urbano; e sistemas de alerta de enchentes, entre outras. Nessa direção, ao contrário dos deslizamentos de encostas, são raras as propostas de mapeamento das inundações; assim, ainda não existe em bases estruturadas o que denominamos uma cartografia das enchentes urbanas.

Cartografia de enchentes urbanas

Mapas e cartas temáticos são representações dos fenômenos existentes sobre a superfície terrestre. Geralmente utilizam outros produtos cartográficos como base, a exemplo dos mapas e cartas topográficas, os quais deverão assumir um papel de referência adequado a acomodar o tema (MARTINELLI, 2007).

Estes podem ser vistos como importantes instrumentos informacionais vinculados às etapas do processo de planejamento ambiental (subsidiando diagnósticos e prognósticos) e ao de gestão de desastres naturais (para a tomada de decisão).

A produção deste tipo de material, envolvendo desde a identificação dos pontos de ocorrência de determinados fenômenos relacionados aos desastres naturais ao zoneamento de áreas de inundações,

por exemplo, atualmente se dá a partir da utilização de recursos de geoprocessamento frente às investigações ambientais.

Segundo Xavier-da-Silva (2001, p. 2) geoprocessamento corresponde então a “um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de dados (que são registros de ocorrências) georreferenciados, para os transformar em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante”.

O autor supracitado identifica proposições universalmente aceitas no âmbito dos procedimentos de investigação espacial do meio ambiente relativas à localização, extensão, correlação e evolução dos fenômenos registráveis.

Todo fenômeno é passível de ser localizado, através da criação de um referencial conveniente;
todo fenômeno tem sua extensão determinável, a partir de sua inserção no referencial escolhido;
todo fenômeno está em constante alteração;
todo fenômeno apresenta-se com relacionamentos, não sendo registrável qualquer fenômeno totalmente isolado (XAVIER-DA-SILVA, 2001, p. 17).

As atividades envolvendo o geoprocessamento são geralmente executadas por sistemas específicos, mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). De acordo com Martinelli (2007, p. 28) SIGs “constituem dispositivos automatizados, para aquisição, gerenciamento, análise e apresentação dos dados georreferenciados [...], monitorados no tempo, além de propiciar simulações de eventos e situações complexas da realidade.” Tal concepção atesta o SIG como uma ferramenta básica para o geoprocessamento.

Rocha (2000, p. 48) define SIG:

[...] sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.

A estrutura topológica citada pelo autor representa os relacionamentos espaciais entre as suas entidades. As relações topológicas, a exemplo da proximidade e da interseção, correspondem às

relações espaciais entre os elementos geográficos, representados por feições geométricas (ROCHA, 2000).

Na prática, os SIGs podem ser utilizados de distintas maneiras: como ferramenta para produção de mapas (sobreposição e/ou representação dos dados); como suporte para análise espacial de fenômenos (cruzamento); e/ou como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial (consulta) (DAVIS e CÂMARA, 2001).

Objetivando possibilitar o desenvolvimento de modelos de análises ambientais complexas e/ou ainda contribuir cientificamente ao processo de planejamento ambiental na Grande Tijuca, pesquisadores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) vêm, ao longo dos anos, buscando estabelecer metodologias voltadas à elaboração de distintos mapeamentos relacionados à ocorrência de enchentes nesta área. Nesta perspectiva citam-se os trabalhos de Ribeiro (2000), Amante (2006) e Costa (2010). Técnicas e instrumentos para informação espacial também são adotados em estudos e relatórios desenvolvidos em meio governamental, objetivando a tomada de decisão e o direcionamento de ações. A exemplo, para o processo de elaboração do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro, em andamento, os gestores locais, responsáveis pela construção de diagnósticos do sistema de drenagem e proposição de intervenções, trabalharam na identificação espacial de áreas críticas de inundação e de alagamento em estudo desenvolvido para a bacia hidrográfica do Canal do Mangue (RIO-ÁGUAS, 2011), composta parcialmente por bairros da denominada Grande Tijuca (Figura 1).

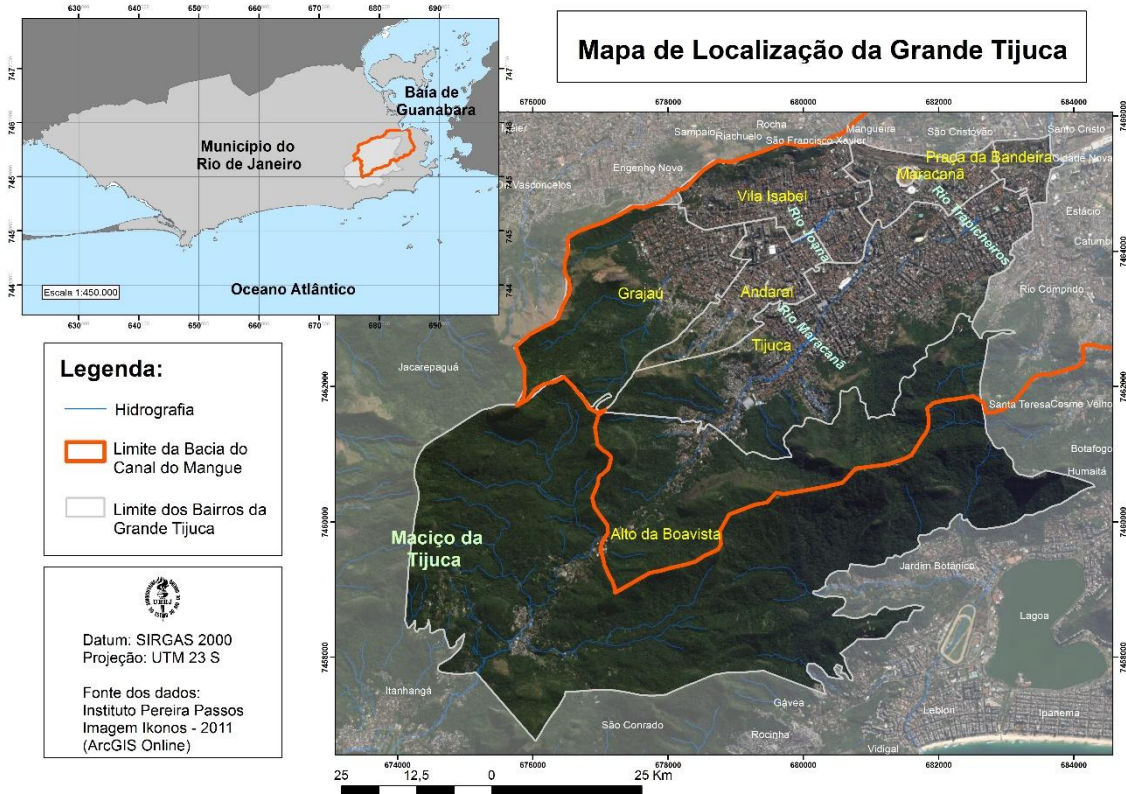


Figura 1. Mapa de localização da Grande Tijuca (RJ)

Tais iniciativas, em meio acadêmico-científico e governamental, devem ser descritas levando em consideração, primeiramente, o objetivo de cada trabalho, o que, certamente, definiu a proposta dos mapeamentos e temática associada (em função dos conceitos), o tipo de representação (em função da escala) e as técnicas empregadas em cada um (desde o levantamento dos dados até a operacionalização sobre os mesmos). Esta descrição acaba por envolver um método comparativo, ressaltando semelhanças e diferenças entre os mapeamentos, no que se refere principalmente ao seu processo elaborativo.

Deve-se indicar ainda que, a partir dos mapeamentos, a serem analisados a seguir, podem ser extraídas informações de um recorte temático comum, neste caso, a Grande Tijuca. No entanto, ainda que possam compartilhar de dados levantados em períodos comuns, os trabalhos aos quais se vinculam tais mapeamentos são temporalmente distintos. Neste sentido, a construção de tais mapeamentos pode ser analisada sob uma perspectiva cronológica.

O mapeamento elaborado por Ribeiro (2000) refere-se à década de 1990, e foi estruturado a partir de levantamentos da Fundação Rio-Águas identificando os pontos críticos de enchentes na Grande Tijuca.

Buscou-se conhecer os setores censitários¹ adjacentes a ruas ou localizados em áreas sujeitas a enchentes. Com tal mapeamento a autora objetivou a obtenção de novos dados que contribuíssem para a caracterização das condições socioeconômicas na Grande Tijuca. Ou seja, este mapeamento forma parte de um conjunto voltado à análise espacial integrada, em SIG, da qualidade de vida neste recorte.

Conforme explicita Ribeiro (op. cit.), a partir do comportamento das informações geradas em nível setor censitário, é possível obter a distribuição espacial das condições socioeconômicas, a qual pode ser observada e representada na escala intraurbana, o que permite verificar diferenças internas existentes nos bairros quanto aos parâmetros considerados.

Os pontos de enchentes foram lançados em carta topográfica, na escala 1:10.000, de acordo com a escala de levantamento dos limites dos setores censitários (referentes ao censo de 1991). A sobreposição do mapa com os limites dos setores censitários, em papel vegetal, com a carta topográfica, igualmente neste formato, permitiu verificar a correspondência espacial dos setores com os pontos críticos de enchente.

Neste sentido, tal mapeamento, diferentemente do contexto das análises geradas pela autora, foi produzido com um menor nível de automação. Isto se explica pelo fato de que, naquele momento, os recursos para manipulação de dados gráficos eram restritos em termos de infraestrutura.

No mapeamento (Figura 2) são representadas ainda as áreas de ocorrência de enchentes provocadas por transbordamento do canal (determinação das áreas de influência) ou por enxurradas provenientes das encostas, além localizar também os pontos críticos de acúmulo de materiais após enxurradas, com base em estudos anteriores e em conhecimento ad hoc.

¹ Menor unidade criada para fins de controle cadastral da coleta de dados censitários em território brasileiro.

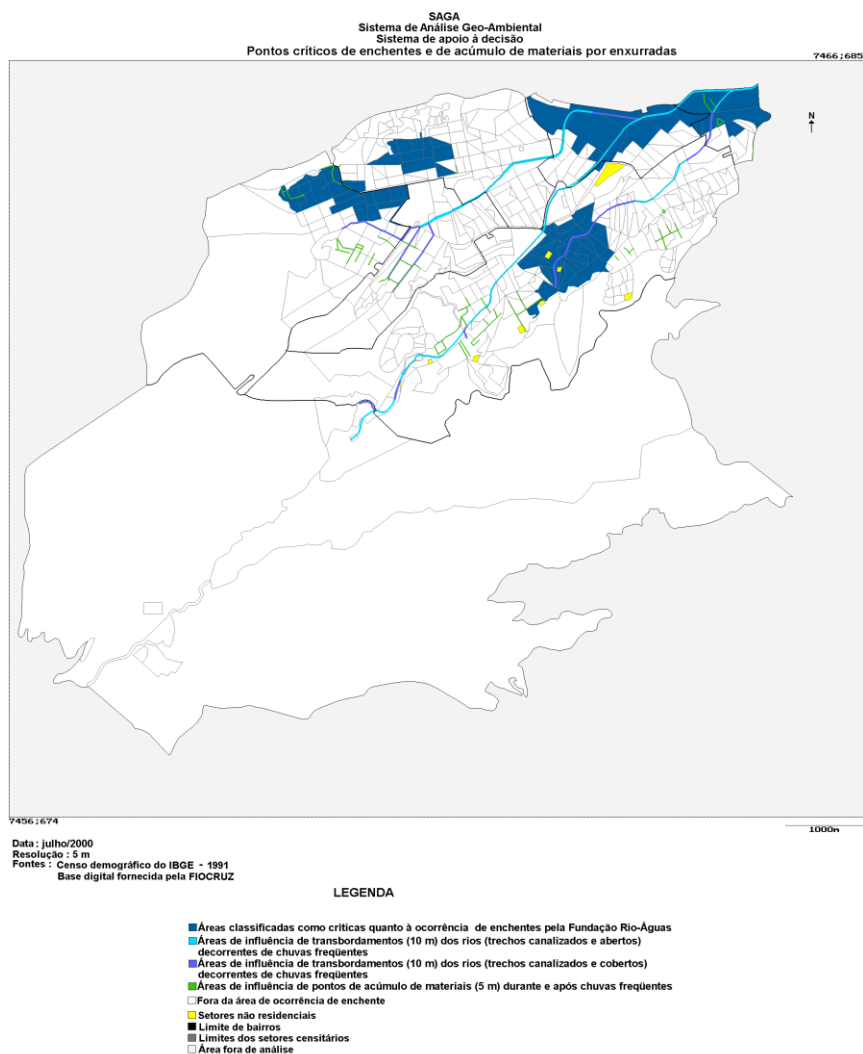


Figura 2. Mapa de pontos críticos de enchentes e de acúmulo de materiais por enxurradas da Grande Tijuca (RJ) – Década de 1990. Fonte: Ribeiro (2000)

Já Amante (2006), em seu trabalho, objetivou, especificamente, a elaboração de uma carta de enchentes da Grande Tijuca, a fim de espacializar a problemática recorrente das enchentes urbanas na área.

A opção metodológica adotada por Amante (2006), para a espacialização das áreas inundadas na década de 2000, baseou-se na percepção da população atingida (que vivencia o problema em seu cotidiano). Em um primeiro momento, a autora da pesquisa recorreu à realização de trabalhos de campo (em diferentes períodos dos anos de 2004, 2005 e 2006) para um levantamento prévio da percepção ambiental da população, por meio da aplicação de questionários, contando com um universo

de mais de 600 entrevistas direcionadas a moradores e comerciantes das áreas consideradas críticas às enchentes urbanas.

A aplicação destes se deu em áreas identificadas como inundáveis pelo trabalho de Ribeiro (2000), tornando possível inferir graus de aproximação entre o real e o percebido. Assim, em um segundo momento, foi possível a demarcação cartográfica das ruas atingidas pelas enchentes, a partir de cartas digitais, em uma escala de detalhe de 1:2.000. A partir de tais produtos obtiveram-se ainda os pontos cotados das ruas, bem como a visualização de escolas, hospitais, corpo de bombeiros, Defesa Civil, áreas comerciais - para a verificação do acesso ou restrição a esses pontos pela população em dias de chuva.

Ao definir uma maior precisão da localização e distâncias na representação gráfica dos objetos de interesse, em função da escala de detalhe, o produto gerado pôde ser destinado a fins práticos. Tais características reforçam o perfil do produto cartográfico, enquanto uma carta temática.

Amante (op. cit.) recorreu à utilização de sistemas para a manipulação da informação georreferenciada, no que se refere à alimentação do banco de dados produzido, contemplando as informações coletadas em campo e vinculadas à malha de logradouros; e aquelas de fontes secundárias, tais como as informações topográficas.

Em relação aos níveis de inundação do mapeamento (Figura 3), os mesmos estão classificados pela altura atingida pela água ao longo da extensão das ruas, levando em considera o as diferentes cotas encontradas ao longo das mesmas. Desta maneira as manchas estão divididas através das classes: 1) 0,1 cm a 20 cm; 2) 21 cm a 50 cm; 3) 50 cm a 1m; e 4) acima de 1m, diferenciadas pela gradua o de cores (tons de azul).

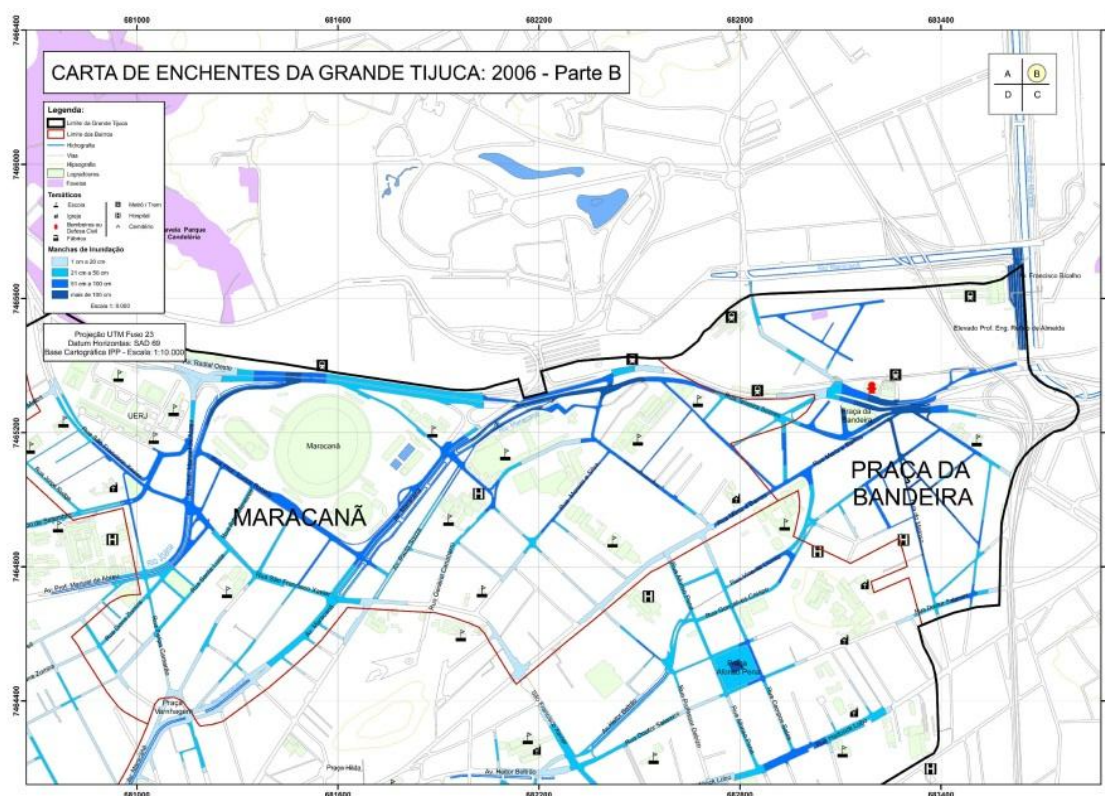


Figura 3. Cartas de Enchentes da Grande Tijuca –2006. Fonte: Amante (2006).

Costa (2010), em sua pesquisa, promoveu a elaboração de novos mapeamentos para a Grande Tijuca. Seu trabalho objetivou o estabelecimento dos índices de “Risco Hídrico”, de “Vulnerabilidade Socioeconômica” e de “Vulnerabilidade Hidrossocial”².

Assim como Ribeiro (2000), o autor retomou os estudos ambientais na Grande Tijuca viabilizados por análises espaciais integradas com base em SIG. No entanto, os mapeamentos relacionados à ocorrência de enchentes puderam ser estruturados de maneira totalmente automatizada.

Os mapeamentos base de áreas inundadas por enchentes na Grande Tijuca utilizados por Costa (2010) referem-se aos elaborados por Ribeiro (2000) e Amante (2006), respectivamente utilizados para a elaboração do índice aplicado aos anos de 1991 e 2000. Tais mapeamentos foram editados e tratados a

² O Índice de Vulnerabilidade Hidrossocial foi elaborado a partir da reunião de informações relativas aos índices de Risco Hídrico e de Vulnerabilidade Socioeconômica, ou seja, a sobreposição espacial entre áreas que estão expostas a riscos relacionados à água (doenças de veiculação hídrica, enchentes e deslizamentos) e grupos populacionais muito pobres e com alta privação.

partir da utilização de funções de entrada de dados em SIG, visando a compatibilização das informações e alimentação do banco de dados.

Em um primeiro momento, foram definidas as zonas de proximidade a partir das áreas identificadas por níveis de inundação, definidas no mapeamento gerado por Amante (2006)³, de acordo com o respectivo valor de altura da água, na tentativa de se identificar zonas de impacto. A partir de então, por meio de ferramenta voltada às análises de proximidade em SIG (“buffers”), pôde-se gerar as zonas de proximidade das classes.

Em um segundo momento, a partir destes “buffers”, foi possível, por intermédio das operações de consulta em SIG (pautadas em relações topológicas), a associação de setores censitários atingidos a cada buffer das classes de enchente. Os procedimentos foram realizados para ambos os mapeamentos, de cada período (Figura 4).

Para a visualização das classes de setores, convencionou-se que os setores com interseção com as zonas de proximidade da classe de enchente com maior nível (maior zona de impacto) estariam destacados em relação à sobreposição com as demais classes. E assim por diante, com relação às demais classes. Isto é justificável pelo fato de que alguns setores possuem zonas de impacto comuns, porém prevaleceu o maior valor de abrangência da zona de impacto das enchentes.

³ Em medida de adaptação, para o mapeamento produzido por Ribeiro (2000) foram associados os níveis de inundação definidos por Amante (2006).

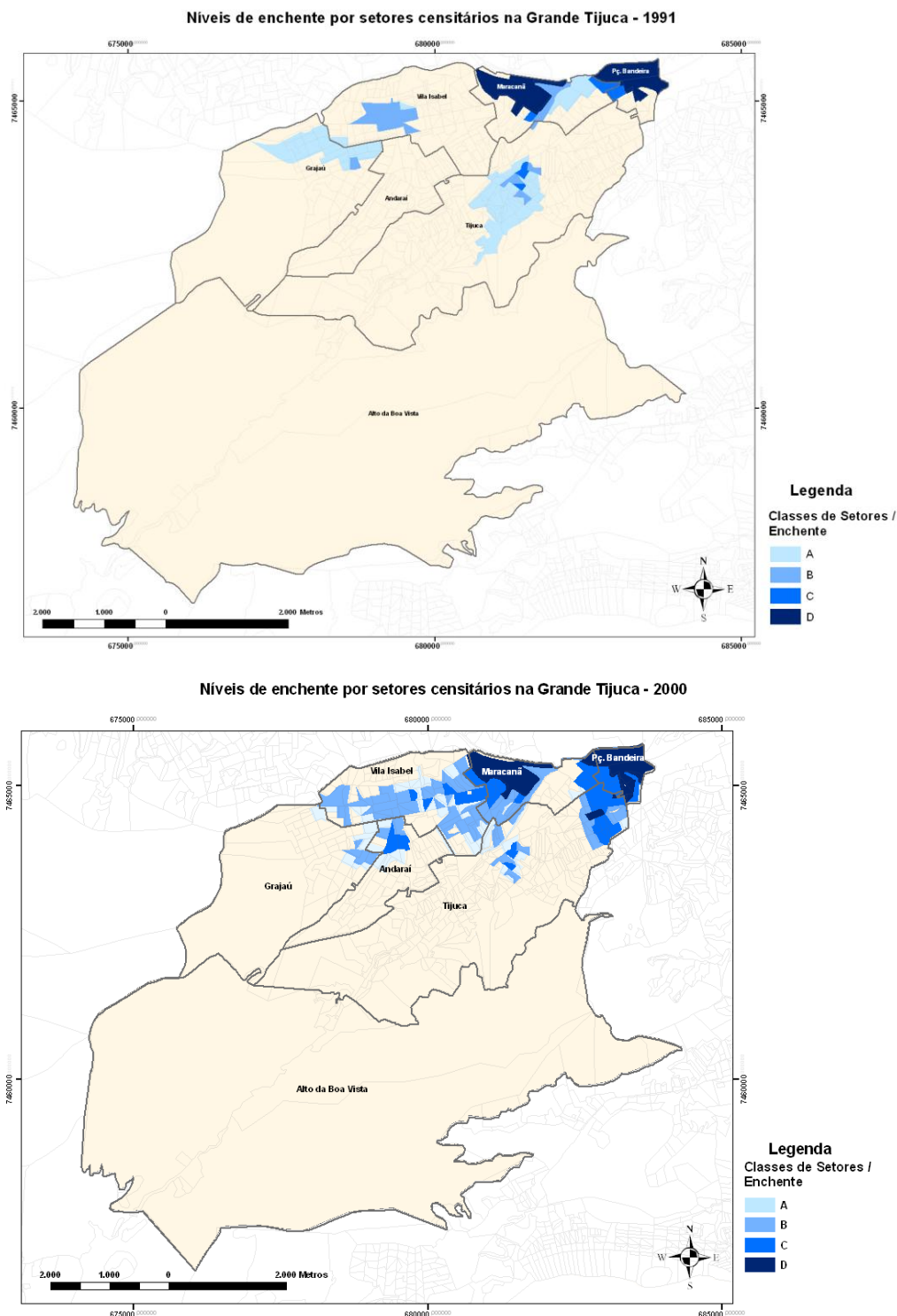


Figura 4. Mapas de níveis de enchente por setores censitários na Grande Tijuca – 1991 e 2000. Fonte: Costa (2010).

Segundo Costa (2010), nos mapeamentos elaborados podem ser observadas diversas áreas impactadas pelas enchentes nos bairros da Grande Tijuca, o que prejudica a organização e o funcionamento não só

da população desses bairros, mas chegando a influenciar os bairros próximos, no contexto da Bacia do Canal do Mangue.

De acordo com Ribeiro (2000), normalmente os setores não sujeitos a enchentes estão localizados na base das encostas, principalmente aquelas com geometria côncava/ côncava, as quais propiciam a convergência de fluxo superficial, aumentando a energia das enxurradas e a remoção de materiais desencadeada frequentemente no verão, durante e após as chuvas intensas. O entupimento de galerias pluviais por esses materiais agrava os efeitos das enxurradas.

Em 2011, a Fundação Rio-Águas, em parceria com um Consórcio formado por outras empresas e fundações especializadas em engenharia hidráulica, produziu um diagnóstico do sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue, o qual compõe parte do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da cidade do Rio de Janeiro (RIO-ÁGUAS, 2011).

Para o relatório foi elaborada uma planta, em escala de máximo detalhe, apresentando os pontos críticos de inundação observados no Canal do Mangue. Além destes, outros pontos são também apresentados, correspondendo às áreas de alagamento provenientes de deficiências pontuais no sistema de microdrenagem.

As informações do mapeamento produzido foram obtidas por meio de visitas a campo, orientadas a partir dos pontos de inundação observada registrados pela Rio-Águas e por câmeras da Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro (CET-Rio).

Segundo Canholi e Graciosa (2011) foram realizadas ainda entrevistas junto aos moradores a fim de delimitar as áreas de inundação frequente, de modo a orientar e calibrar a modelagem hidráulica da bacia. Sendo assim, para o mapeamento recorreu-se à opção metodológica adota por Amante (2006), no que diz respeito à percepção da população atingida.

Estudos hidrológicos e hidráulicos foram conduzidos para avaliar as vazões de projeto e a capacidade dos canais da macrodrenagem, subsidiando intervenções propostas para o controle de inundações na bacia. No entanto, em comparação aos mapeamentos elaborados por Amante (2006) e Costa (2010), tal produto governamental não avançou em direção à definição dos níveis de cheia vinculados aos pontos críticos de inundação (Figura 5).

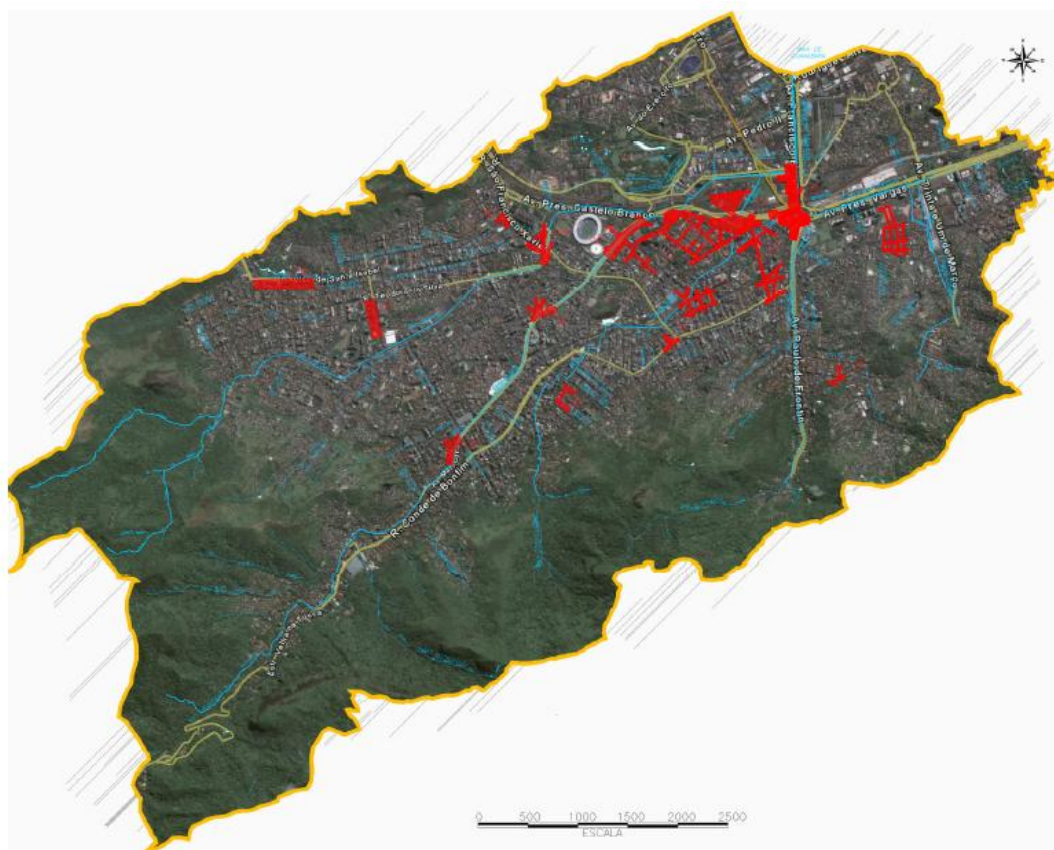


Figura 5. Imagem contendo as manchas de inundação observadas na bacia hidrográfica do Canal do Mangue.
Fonte: Rio-Águas (2011).

De acordo com as propostas apresentadas, percebe-se o potencial de utilização de mapeamentos representativos de objetos e fenômenos relacionados às enchentes urbanas no auxílio para a tomada de decisão em termos de intervenções de diferentes naturezas. Somente a continuidade de tais estudos, somadas às contribuições de novos profissionais - inclusive de outros campos científicos além da Geografia - irá possibilitar a criação de uma base científica consolidada no tocante aos mapeamentos das enchentes urbanas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enchentes urbanas não são um fenômeno específico de determinadas localidades, podendo ocorrer em diversas áreas urbanas do Brasil e do mundo. O problema é antigo, frequente e recorrente em diferentes trechos da cidade do Rio de Janeiro, e, apesar dos inúmeros prejuízos de diferentes naturezas causados, ainda parece estar longe de ser resolvido ou mesmo atenuado.

O crescimento da cidade esteve (e está) diretamente relacionado a grandes intervenções no ambiente, o qual naturalmente já apresenta um grau de instabilidade elevado, em função de suas características climáticas, geomorfológicas e hidrológicas. Daí, pode-se afirmar que o processo de urbanização intensificou a questão das enchentes urbanas no município.

Como se não bastassem as diversas condicionantes envolvidas, esse complexo quadro se agrava em função da forte desigualdade socioeconômica existente na cidade e na área de estudo, com a população pobre sofrendo de forma mais incisiva as consequências negativas do fenômeno das inundações.

Objetivando contribuir para a compreensão do fenômeno e para o avanço do conhecimento científico acerca da temática, julga-se fundamental apresentar e incentivar diferentes propostas de mapeamento das enchentes urbanas, não só por esse ser um atributo primordial da Geografia, mas também pela importância da espacialização de processos e fenômenos para o encaminhamento de soluções integradas com outros campos de conhecimento.

Mesmo com todo o recente avanço tecnológico e teórico-conceitual de mapeamento, inclusive com o amplo desenvolvimento de sistemas de informação, nem o poder público, nem a comunidade científica demonstram o interesse que a temática merece.

Espera-se que o surgimento de novas contribuições na direção de espacializar esse fenômeno possa ajudar na construção de um conjunto de técnicas, ferramentas e conhecimento teórico-metodológico que tenha a capacidade crescente de atuação na resolução dos problemas vivenciados pelos habitantes da Grande Tijuca e de outras áreas que sofram com inundações, ou seja, a construção coletiva de uma Cartografia das enchentes urbanas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. de A. *Evolução Urbana no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: IPLANRIO/ZAHAR, 1987. 147 p.
- _____. (org). *Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes, Departamento Geral de Documentação e Informação Cultural, Divisão de Editoração, 1992. 333 p.
- AMADOR, E. da S. *Baía de Guanabara: um balanço histórico*. In: ABREU, M. de A. (org). *Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes, Departamento Geral de Documentação e Informação Cultural, Divisão de Editoração, 1992. 336p. p.201-258.
- AMANTE, F. de O. *A Água No Espaço Urbano: Uma Abordagem Sócio-Ambiental e sua Aplicação à Grande Tijuca – Rio de Janeiro (RJ)*. 202f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- AMARANTE, A. P. *Problemas de erosão e do escoamento das águas na cidade do Rio de Janeiro*. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, ano XXII, n.4, p. 637-665, out-dez. 1960.
- ANTUNES, D. P. *Transformações do quadro urbano e evolução do Rio de Janeiro*. In: ASSOCIAÇÃO DE GEÓGRAFOS BRASILEIROS (org.) *Aspectos da Geografia Carioca*. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia, 1962. 284p. p.19-32.
- BERNARDES, L M C. *Notas sobre as características fisiográficas do Estado da Guanabara*. *Boletim Geográfico*, Rio de Janeiro, ano XXV, n.192, p. 368-370. 1966.
- BACKHEUSER, E. *Geografia Carioca: O litoral da Guanabara*. *Boletim Geográfico*, Rio de Janeiro, ano IV, n. 44, p. 972-981. 1946.
- BRANDÃO, A. M. *As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência*. In: ROSA, L. P., LACERDA, W. A. (orgs). *Tormentas Cariocas – Seminário Prevenção e controle dos efeitos dos temporais no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997. 162p. p.21-38.
- CANHOLI, A. P.; GRACIOSA, M. C. P. *Enchentes na cidade do Rio de Janeiro – Causas e soluções – Estudo de caso: Bacia do Canal do Manguê*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. *Anais... Maceió: ACQUACON*, 2011. p. 1-20.
- COELHO NETTO, A. L. *O Geoecossistema da Floresta da Tijuca*. In: ABREU, M. de A. (org). *Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes, Departamento Geral de Documentação e Informação Cultural, Divisão de Editoração, 1992. 336p. p. 104-142.
- COSTA, A. J. S. T. *Áreas potenciais de produção de escoamento e enchentes urbanas no município do Rio de Janeiro*. 106f. Monografia (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1989.
- _____. *Modificações no Comportamento Hidrológico das Bacias Hidrográficas no Município do Rio de Janeiro (RJ) em Função da Urbanização*. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.
- _____. *Os caminhos da exclusão hidrológica no Rio de Janeiro (RJ)*. 210 f. Tese (Doutorado em Ambiente e Sociedade) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. 345p. p. 1-35.

FAZENDA, J. V. Antiquilhas e memórias do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IHGB, 1927. 197 p.

FERREIRA, S M. Análise das séries hidrológicas de chuva e vazão das bacias contribuintes à Lagoa Rodrigo de Freitas – RJ. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA/ UFRJ. 1994, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ, 1994, p. 357-372.

GALVÃO, M. do C. Focos sobre a questão ambiental no Rio de Janeiro. In: ABREU, M. de A. (org). Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes, Departamento Geral de Documentação e Informação Cultural, Divisão de Editoração, 1992. 336p. p. 13-26.

GUERRA A. J.; CUNHA, S. B. (orgs). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 416 p.

LAMEGO, A. R. O homem e a Guanabara. Rio de Janeiro: IBGE/CNG, 1964. 249 p.

MARTINELLI, M. Mapas da geografia e cartografia temática. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2007. 112 p.

RIBEIRO, M. F. Áreas de Produção Potencial de Sedimentos no Maciço da Tijuca – RJ. 90f. Monografia (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1989.

_____. Análise da Qualidade de Vida por meio do Geoprocessamento na Grande Tijuca, Município do Rio de Janeiro (RJ). 214f. Monografia (Pós-graduação lato sensu em Geoprocessamento) – CAGEOP – Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

RIO-ÁGUAS. Plano Diretor de controle de enchentes da bacia do Canal do Mangue. Disponível em: www.rio.rj.gov.br/rioaguas. Acesso em: 02 agosto 2004.

_____. Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue. Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Plano Diretor Preliminar. In: Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Rio-Águas, 2009. 23 p.

_____. Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue: Intervenções propostas pelo PDMAP e projeto do túnel extravasor. Rio de Janeiro: Rio-Águas, 2011. 15 p.

_____. Obras de combate a enchentes na Grande Tijuca e no Maracanã. Disponível em: www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas. Acesso em: 20. Set. 2014.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000. 220 p.

RUELLAN, F. Estudos Geomorfológicos na Zona Urbana do Rio de Janeiro. Boletim Carioca de Geografia, Rio de Janeiro, ano VI, n. 3-4. 1953.

SANTOS, A. A. M. et. al. Quando memória e história se entrelaçam: a trama dos espaços da Grande Tijuca. Rio de Janeiro: IBASE, 2003. 96 p.

SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO. O Projeto Favela Bairro. Disponível em: www.rio.rj.gov.br/habitacao/.htm. Acesso em: 07 julho 2004.

SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS. O Projeto Rio Cidade. Disponível em: www.rio.rj.gov.br/smo. Acesso em: 18 julho 2005.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento para Análise Ambiental. Rio de Janeiro: Ed. do Autor, 2001. 228 p.