FORSCIENCE
ISSN: 2318-6356

DOI: 10.29069/forscience.2020v8n1.e594
Recebido em: 06/11/2018
Aprovado em: 26/11/2019
Publicado em: 21/08/2020

MANCHAS DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ-MG[1]

Caik Elisio Tonelli Faria[2]
Alexandre Augusto Barbosa[3]

RESUMO

Problemas e catástrofes geradas por ações da natureza são cíclicos na história de nosso planeta.Um desses problemas, se não o principal e mais recorrente, são as inundações que vêm ocasionando diversos prejuízos tanto para a população quanto para os municípios em geral. Com o município de Itajubá-MG não é diferente. Principalmente por ter se desenvolvido às margens do rio Sapucaí, tem passado por problemas com inundações desde a sua fundação em 1819. No ano 2000, foi registrada uma das suas maiores inundações, que afetou 80% da sua população urbana. Atualmente, devido aos avanços da tecnologia, problemas referentes às inundações podem ser diagnosticados e evitados, utilizando-se programas computacionais, como *Autocad e Global Mapper*, com os quais, dentro deste trabalho, pôde-se se ter a real noção das áreas dentro do município em estudo susceptíveis a enchentes e inundações. Como principal resultado, observou-se uma mancha de inundação ocupando 65% da área urbana total do município, o que pode servir como base para realizar obras de prevenção e permitir um avanço municipal controlado. A partir desse levantamento pode-se ter a representação da fragilidade da cidade quanto a problemas ambientais decorrentes das chuvas torrenciais. Percebe-se a necessidade de um maior e melhor planejamento do crescimento urbano, por parte dos órgãos regulamentadores, adotando-se estratégias para o desenvolvimento eficiente e sustentável da região.

Palavras-chave: Inundações. Planejamento. Problemas.

Flood spots in municipality of Itajubá-mg

ABSTRACT

Problems and disasters generated by nature actions are cyclical in the history of our planet. One of these problems , maybe the major and most frequent, are the flooding which has been causing many losses for both the population and the municipalities in general. In the city of Itajubá - MG it is not different. Mainly because the city is located in the banks of the Sapucai river, it has experienced problems with flooding since its foundation in 1819. In 2000, the city faced one of its biggest floods, which affected 80% of its urban population. Currently, due to advances in technology, problems related to flooding can be diagnosed and prevented by using computer programs such as *Autocad* and *Global Mapper*, which ones, in this work, allow us to have a good idea about areas in the studied city, that could be potentially affected by floods. As the best result, one flood spot occupying 65% of the urban area of the city was observed. The information can be used for preventing actions and as a base for a mediated growing. From this

[1] **Como citar este artigo:**
FARIA, C. E. T.; BARBOSA, A. A. Manchas de inundação no município de Itajubá-MG. **ForScience**, Formiga, v. 8, n. 2, e00594, jul./dez. 2020. DOI: 10.29069/forscience.2020v8n2.e594.

[2] **Autor para correspondência:** Caic Elisio Tonelli Faria, e-mail: caiktonelli@gmail.com.

results, it is possible to measure how fragile is the city regarding to environmental problems related to storms, which requires that regulatory organizations make a bigger and better growing planning for the urban areas, applying strategies for the efficient and sustainable development in the region.

Keywords: Floods. Planning. Problems.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem sofrido com a ocorrência de diversos desastres naturais, principalmente as inundações, fenômeno esse provocado geralmente por fortes chuvas contínuas. O Decreto Nº 7.257 de Agosto de 2010 considera as ações de prevenção de desastres naturais por meio da identificação, mapeamento e monitoramento de risco, perigo e vulnerabilidades (MONTEIRO; KOBIYAMA, 2013). Portanto, a elaboração do mapa de inundação é uma excelente forma de estar, parcialmente, de acordo com a lei.

Os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem inundações (TUCCI, 2002). Os danos são, na maioria das vezes, irreversíveis para famílias e economias de diversos países. Estima-se que 40% dos gastos econômicos causados por todos os tipos de desastres, são devido a inundações (FENG; LU, 2010). De fato, durante os eventos de inundações (2006-2007) em Johor (Malásia), um par de eventos incomuns de precipitações intensas causaram grandes inundações. O custo estimado total, em termos de perda de propriedade das inundações em Johor, soma vários bilhões, considerado um dos acontecimentos de enchentes mais caros da história da Malásia (KIA *et al*., 2012). No Brasil não é diferente, diversos casos de inundações foram registrados por todas as regiões do país. Como exemplos pode-se citar as enchentes em Minas Gerais e Espírito Santo em 1979 com 4.7776 desabrigados, que voltaram a ocorrer no ano de 2013 com menor magnitude, mas deixando grandes estragos. Outro município que vive com vários problemas quanto a enchentes é São Paulo capital, onde os problemas com inundações são corriqueiros e, quase, anuais.

Em Itajubá/MG não é diferente. Por estar localizada às margens do rio Sapucaí, a cidade vem passando por diversas inundações nas últimas décadas, sendo as principais ocorridas nos anos de 1929, 1945 e 2000 (BARBOSA, 2000). Segundo o Sistema de Monitoramento de Enchentes - SME (2012), citado por Carvalho (2012), aproximadamente 80% da área urbana do município se encontram na área de inundação do rio Sapucaí.

Por -se ter noção dos diversos problemas citados causados pelas inundações no município e a importância de realizar ações preventivas, o mapa das manchas de inundação torna-se uma importante ferramenta a ser usada pelos órgãos gestores conseguirem realizar

obras e projetos de prevenção bem como uma gestão mais eficiente da mancha urbana e crescimento da mesma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para determinar as áreas inundáveis do município de Itajubá é importante elaborar o mapa de inundação, para tal, foram necessários dados hidrológicos, aumento aerofotogramétrico do município, levantamento altimétrico, histórico das inundações, cotas de inundações de diversos períodos de retorno, delineamento dos rios que passam pelo município e programas computacionais *AutoCad* e *Global Mapper*.

2.1 Características da área de estudo

O município de Itajubá possui as seguintes coordenadas: Latitude Sul – 22º:25':36,55" e Longitude Oeste - 45º:27':33,42" (Igreja Matriz de Soledade), na região do Sul de Minas Gerais. De acordo com censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade possuía em 2010 uma população de 90.658 habitantes, com uma área territorial 294,835 km² e o tipo de sua topografia é onduloso-montanhosa (IBGE, 2010).

A Prefeitura do município realizou em 1999 um levantamento aerofotogramétrico, com fotos e levantamentos altimétricos - um com curvas de nível de 10 em 10 metros e outro com 100 em 100 metros.

2.2 O rio Sapucaí

No município de Campos de Jordão/SP, nasce o rio Sapucaí. Essa nascente, na serra da Mantiqueira, tem uma altitude de aproximadamente 1.700 metros. Apesar de ser um rio federal, o rio Sapucaí tem quase toda a sua extensão – de 343 km – percorrendo o estado de Minas Gerais, banhando 46 municípios.

A bacia hidrográfica do Sapucaí pertence à bacia Paraná, sendo que essa última é uma sub-bacia do rio Grande.

O trecho de estudo em análise foi a bacia do Alto Sapucaí, que tem aproximadamente 120 km e área de 1000 km², da nascente até a cidade de Itajubá. Na Figura 1, pode ser visualizada a sub-bacia do Alto Sapucaí. Nela tem-se demonstrada a região de estudo (em verde) que engloba o rio Piranguçu, ribeirão Anhumas e ribeirão José Pereira e a bacia do Alto Sapucaí como um todo.

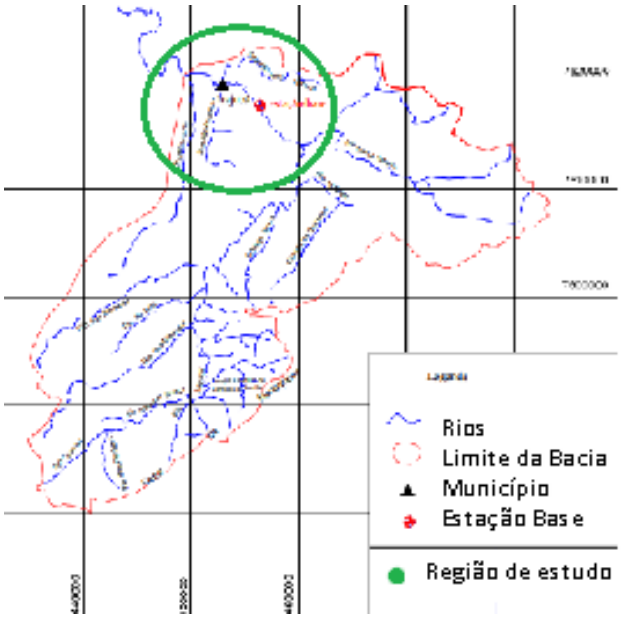


Figura 1 – Bacia do Alto Sapucaí
Fonte: Silva *et al.* (2007).

2.3 Histórico das inundações

As cheias no município de Itajubá são reportadas desde a sua fundação (em 1819) e é algo que tem preocupado as autoridades municipais, bem como a população que tem sofrido com esses eventos ao longo dos anos (PINHEIRO, 2005).

De acordo com Barbosa *et al*. (2000), as cheias têm ceifado vidas e recursos da população, como seus bens, adquiridos ao longo de vários anos de trabalho. Há habitantes que na última grande cheia, no ano 2000 e na qual 80% da população foram atingidas, perderam tudo, inclusive suas moradias.

Pinheiro (2005) denominou as cheias ocorridas em Itajubá de grande e de pequena magnitude, em função dos níveis atingidos em cada uma delas. Esse diagnóstico mostra o quanto a cidade é vulnerável às cheias: ao percorrer as margens do rio Sapucaí, no território do município de Itajubá, pode-se verificar por análise visual a vulnerabilidade em relação às enchentes. Assim que termina o percurso pelo trecho íngreme das encostas da Serra da Mantiqueira, o rio Sapucaí recebe os afluentes: rio de Bicas e rio Santo Antônio, pela margem direita, passando a percorrer um estirão inserido em uma planície aluvionar, com menores declividades. No desenvolvimento por essa planície, a morfologia fluvial fica caracterizada por uma calha menor, conformada pelas vazões médias e cheias mais frequentes, e por uma planície de inundação adjacente, por onde escoam as vazões de transbordamento das enchentes de maior magnitude (PINHEIRO, 2005).

Na Figura 2, encontram-se destacadas situações de algumas cheias: a fotografia, Figura 2ª, aconteceu em janeiro de 1957, na Avenida Coronel Carneiro Junior, com cota do terreno de 842,40 metros e cota de cheia de 843,30 metros; a Figura 2b ocorreu em janeiro de 2000, na marginal direita do conjunto Universitário da FEPI, com cota do terreno 843,70 metros e de cheia de 844,70 metros.



Figura 2 – (a) Inundação ano 1857; e (b) Inundação ano 2000, em Itajubá
Fonte: Pinheiro (2005)

2.4 Dados hidrológicos e as cotas de inundações

O Laboratório de Informações Hídricas da Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI (LIH) tem trabalhado com a questão de enchentes na região do rio Sapucaí. A série histórica de cotas em estações fluviométricas da região, a declividade do rio Sapucaí e a topobatimetria de seções hidráulicas estão disponíveis para os mais variados estudos. Para este trabalho, esses dados foram obtidos para o período entre 1874 a 2014.

A seção topobatimétrica do rio Sapucaí que foi selecionada para a elaboração das manchas de inundação na cidade de Itajubá encontra-se no bairro Santa Rosa, no próprio município. A área de drenagem para esse ponto é de 790 km^2. Ela se encontra na "entrada" (do ponto de vista hidrológico) do município de Itajubá. A seção escolhida é um local no qual já se encontra um posto fluviométrico operado pelo Laboratório de Informações Hídricas (LIH) da UNIFEI. Esse posto fluviométrico será, doravante, denominado de Estação-base. Na Figura 3 (a) e (b), encontram-se informações fotográficas e na Figura 3(c) topobatimétricas dessa estação de monitoramento.

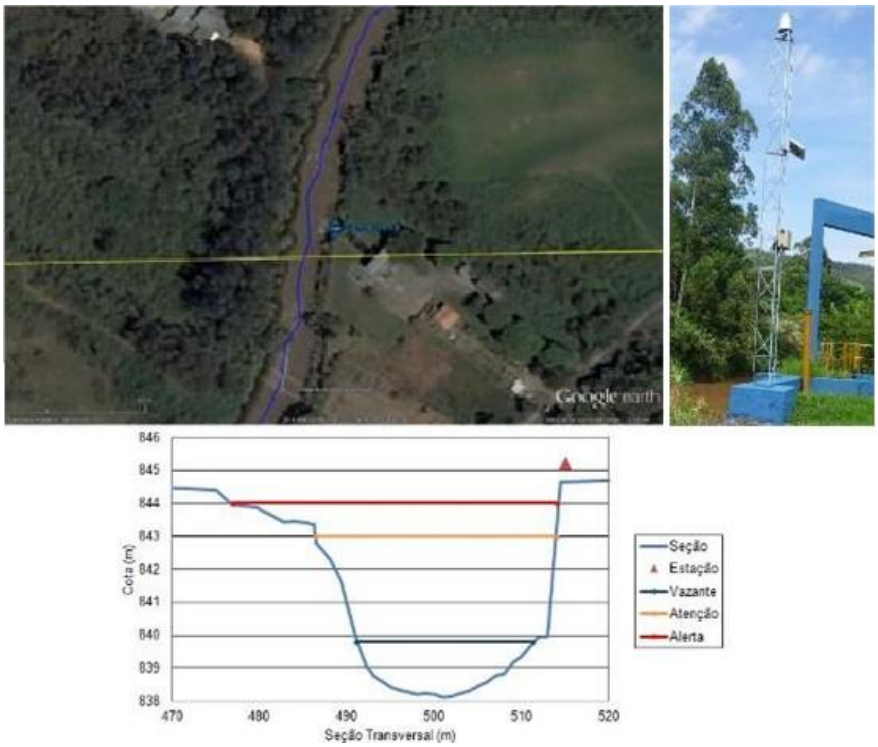


Figura 3 – (a) Imagem aérea, (b)estação de monitoramento e (c) seção topobatimétrica de estudo.
Estação Santa Rosa
Fonte: LIH – UNIFEI

Com trabalhos realizados no LIH, por meio da batimetria da Estação-base, a declividade do rio Sapucaí e a equação de Manning, foi elaborada a curva-chave do rio Sapucaí para esse local, mostrada na Figura 4, em que se pode ter uma estimativa para o transbordo da calha do rio, situação onde a vazão (m³/s) se encontra maior do que o volume ou capacidade total da calha do rio do presente estudo.

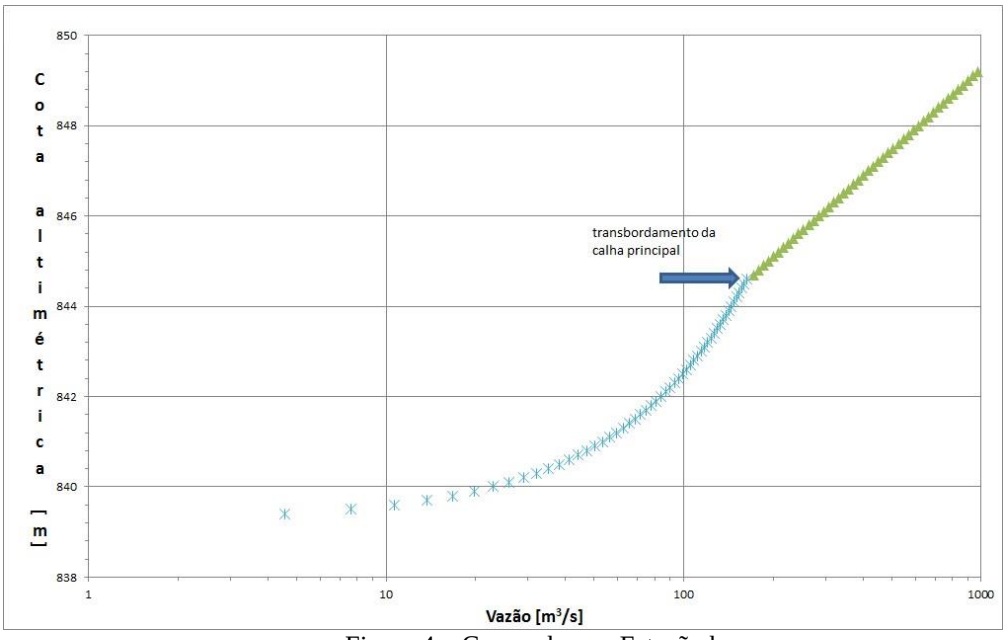


Figura 4 – Curva-chave - Estação base
Fonte: LIH – UNIFEI

2.5 Tempos de retorno para a Estação-base

A análise estatística, para o estabelecimento das probabilidades de ocorrência de uma dada vazão máxima e seus respectivos tempos de retorno, foi realizada por meio de um ajuste com auxílio da equação de Gumbel:

$$P = 1 - e^{-e^{\frac{(Q-\mu)^2}{2\sigma}}}$$

Onde tem-se como variáveis:

P = Probabilidade de ocorrência do evento (percentual)

Q = Vazão de cheia (m^3/s)

μ = Vazão máxima média da série histórica reconstituída (m^3/s)

σ = Desvio padrão associado à média obtida.

O tempo de retorno TR (anos) de cada vazão máxima é dado pelo inverso da probabilidade P:

$$TR = \frac{1}{P}$$

Na Tabela 1, são mostradas, para a Estação-base, as características de vazões e tempos de retorno para todos os níveis d´água, que nada mais são do que a altura do fundo do rio até a cota de estudo, adotando-se assim a cota 0,00 m de profundidade sendo localizada no fundo rio.

Tabela 1 – Tempos de retorno para a Estação-base

Cota (m)	Profundidade (m)	Vazão (m^3/s)	TR (anos)
843,00	3,2	86,9	1,9
843,50	3,7	106,4	2,2
844,00	4,2	133,6	2,7
844,50	4,7	160,2	3,3
845,00	5,2	195,4	4,3
845,50	5,7	235,2	5,8
846,00	6,2	286,0	8,5
846,50	6,7	346,45	13,4
847,00	7,2	420,6	23,4
847,50	7,7	510,4	46,0
848,00	8,2	619,2	104,3
848,50	8,7	751,2	281,6

Fonte: LIH – UNIFEI

Na Figura 5, é evidenciado a relação entre vazão e tempos de retorno.

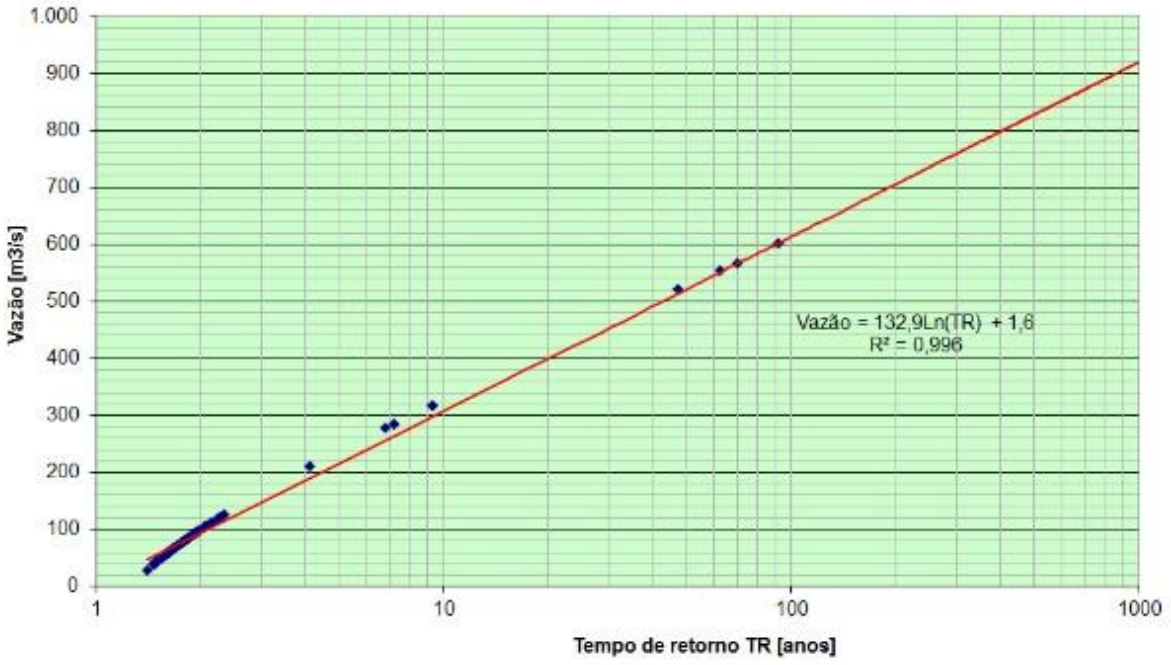


Figura 5 – Tempos de retorno para a Estação-base
Fonte: LIH – UNIFEI

2.6 Programas computacionais

O *AutoCad* é um programa robusto que tem se mostrado útil nas diversas áreas de engenharia. Levantamentos topográficos são comumente elaborados nesse programa. A versão utilizada foi *AutoCad* 2006®. O programa foi utilizado para trabalhar com dados altimétricos, de drenagem e de arruamentos do Município de Itajubá.

Para análise da topografia, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) disponibiliza gratuitamente modelos digitais. Os dados desses modelos são oriundos de *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM4), uma rede de células quadradas de 90 metros de lado contendo valores acurados de altimetria.

Para criar uma delimitação da mancha de inundação usando o software *Globbal Mapper* são necessárias informações da topografia da área de estudo estruturada em uma imagem de superfície, a rede de rios gerada por programas específicos e as cotas de inundação. O programa é uma ferramenta de aplicação SIG de fácil processamento e gerenciamento de dados espaciais. Possui suporte para vários formatos de arquivos e conversão destes.

2.7 A geração da mancha de inundação

O método proposto utiliza um processo simples de subtração de imagens de superfícies utilizando-se o *Spring (SIG)*. Essa subtração de imagens será o resultado da superfície gerada pelas declividades dos níveis d´água – para vários tempos de retorno - dos rios na região de estudo descontada a superfície proveniente da topografia. Desse processo, resulta uma mancha de inundação em três dimensões – para cada tempo de retorno.

Do ponto de vista hidráulico, a proposição central para a geração da superfície com as declividades das linhas d´água configura-se como sendo a peça fundamental para a geração da mancha de inundação. Para que se faça essa superfície, toma-se o nível d´água na Estação-base (acoplado, obviamente, à uma vazão e um tempo de retorno) e, por meio de um decaimento linear da linha d´água – considerando que é o mesmo decaimento da linha de energia e do fundo do canal – obtém-se um armazenamento ao longo da trajetória de qualquer rio estudado. Para os afluentes (rio Piranguçu, ribeirão Anhumas e ribeirão José Pereira) inscritos na região de estudo, as suas declividades de linha d´água são utilizadas para a conformação do armazenamento ao longo de seus trajetos.

A mancha de inundação será sobreposta com o plano de informações urbanas, que permitirá uma avaliação do nível de inundação em cada ponto da malha urbana da cidade de Itajubá.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As manchas de inundação geradas foram estabelecidas por meio da variação de 50 cm no nível d´água na estação-base, iniciando em 843,0 metros de cota altimétrica e terminando em 848,5, com os tempos de retorno apresentados na Tabela 1.

Na Figura 6, são apresentados os principais resultados de simulações efetuadas.

Nas próximas Figuras, 6 a 11, foram evidenciados os principais resultados das simulações de várias manchas de inundação com a variação dos tempos de retorno (TR) e variação das cotas base do programa.

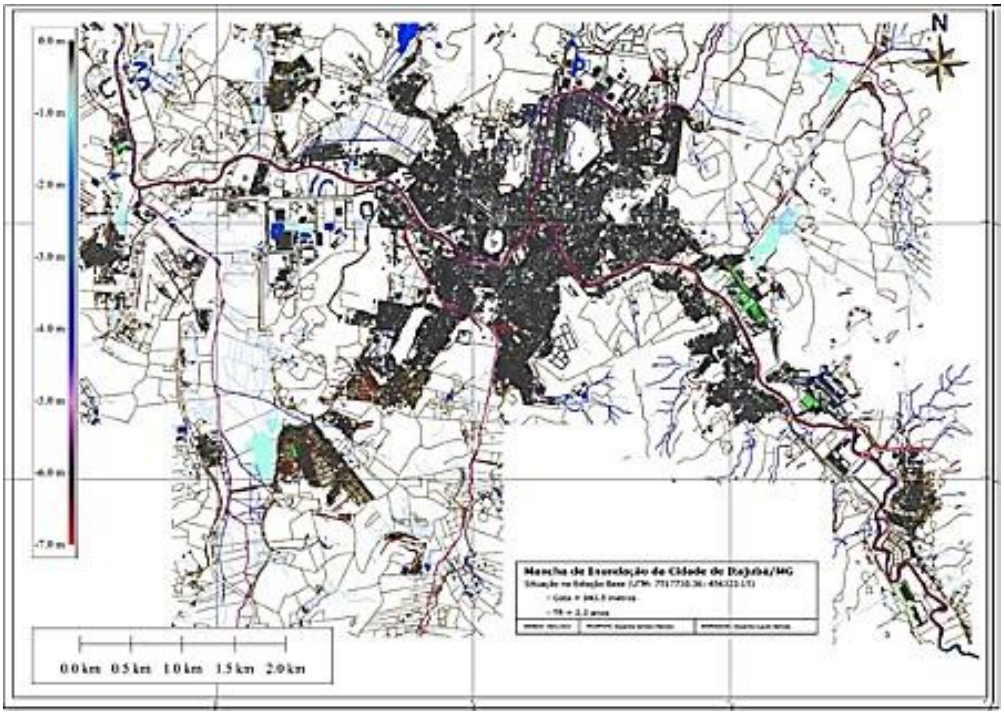


Figura 6 – Mancha com o tempo de retorno de 2,2 anos e cota de 843,5 metros
Fonte: Silva *et al.* (2007).

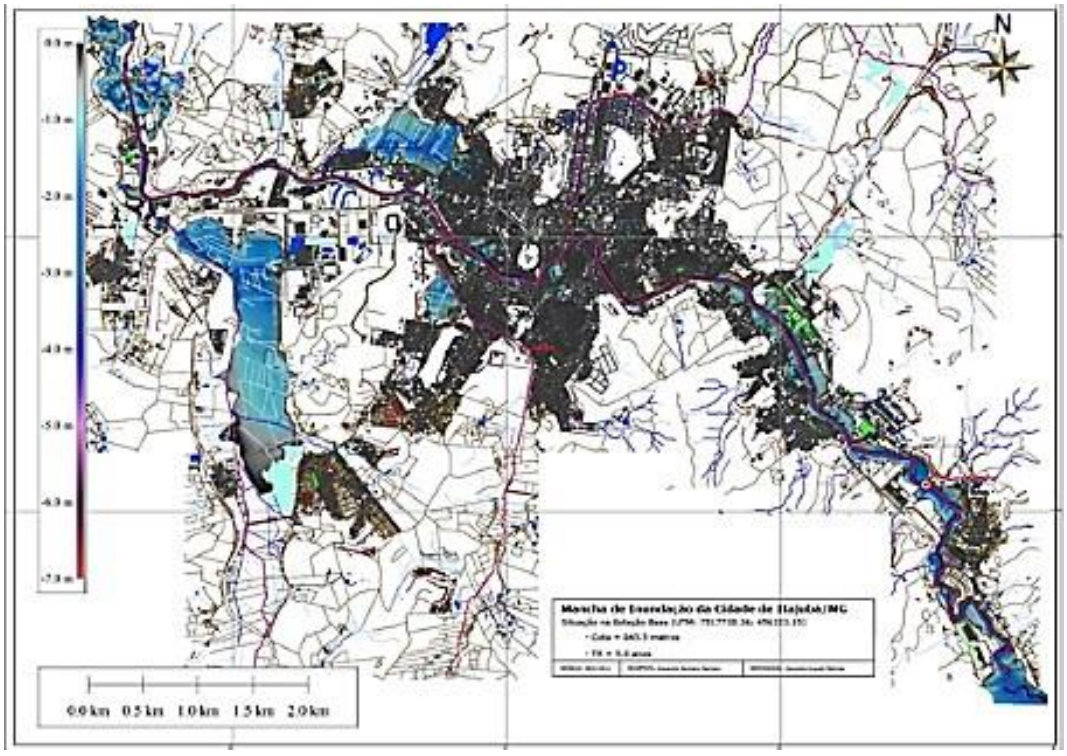


Figura 7 – Mancha com o tempo de retorno de 5,8 anos e cota de 845,5 metros
Fonte: Silva *et al.* (2007).

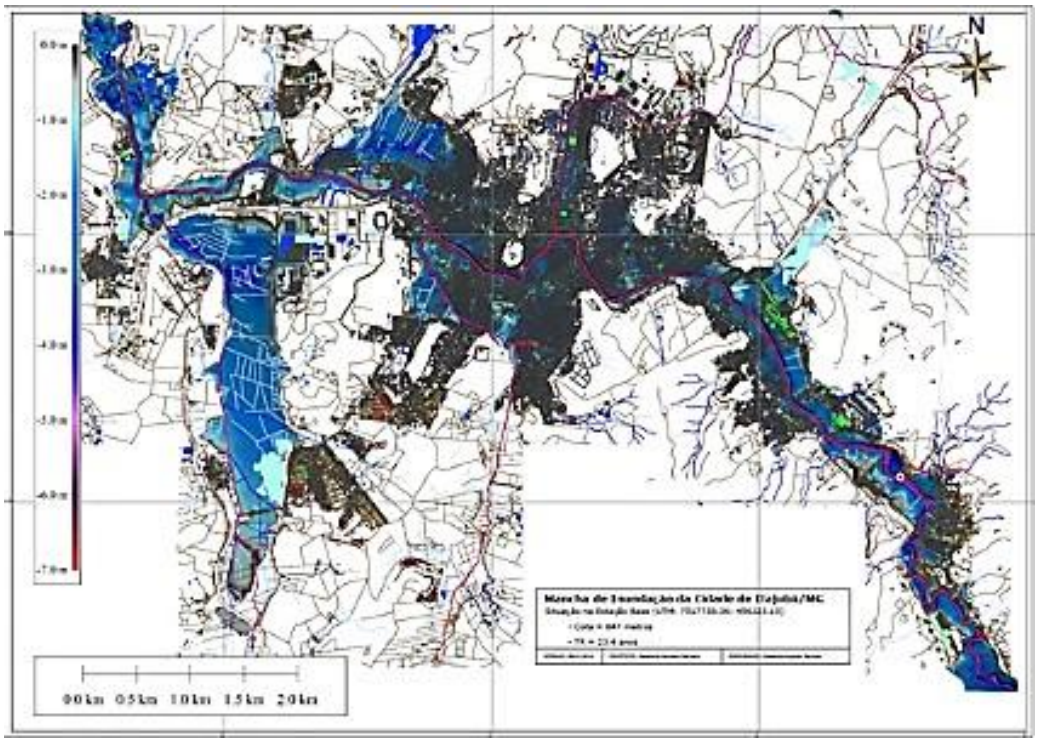


Figura 8 - Mancha com o tempo de retorno de 23,4 anos e cota de 847 metros
Fonte: Silva *et al.* (2007).

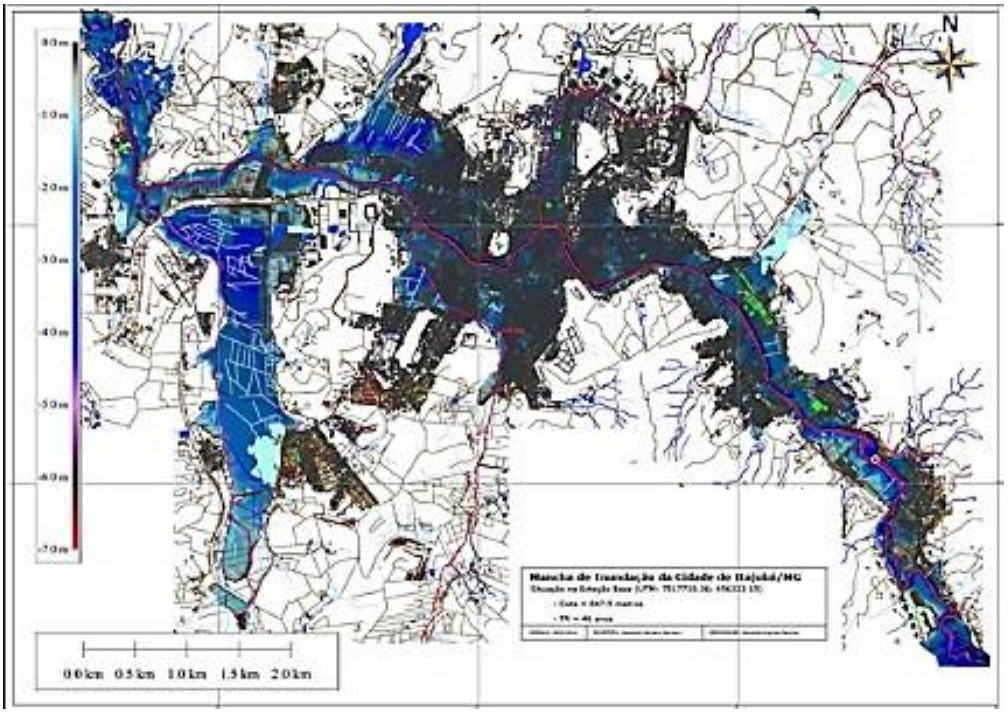


Figura 9 – Mancha com o tempo de retorno de 46 anos e cota de 847,5 metros
Fonte: Silva *et al.* (2007).

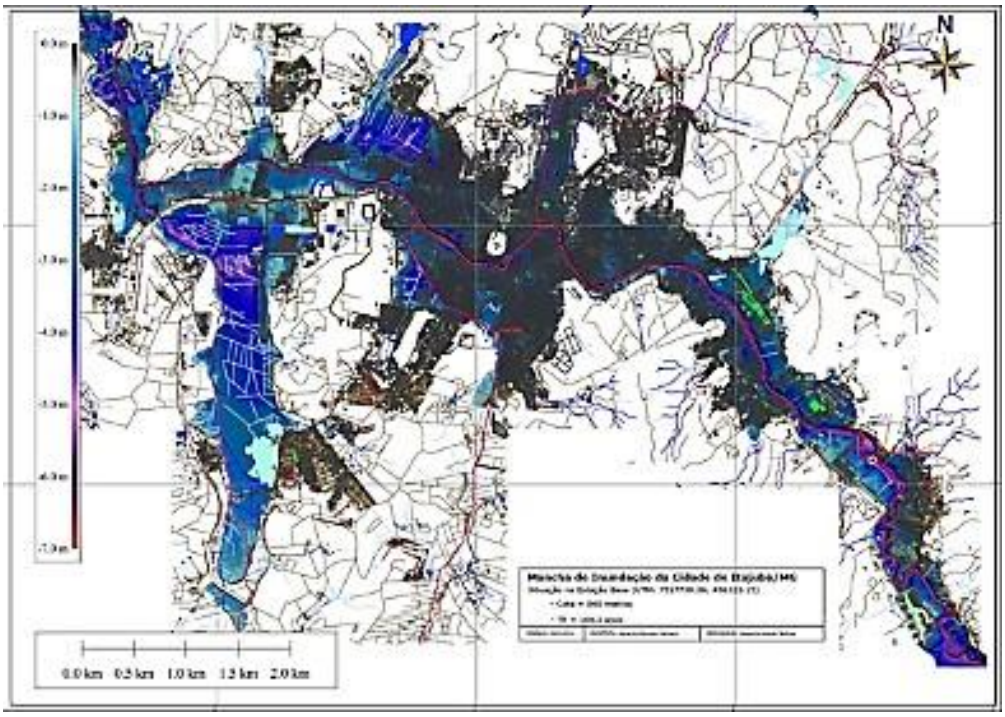


Figura 10 – Mancha com o tempo de retorno de 104,3 anos e cota de 848 metros
Fonte: Silva *et al.* (2007).

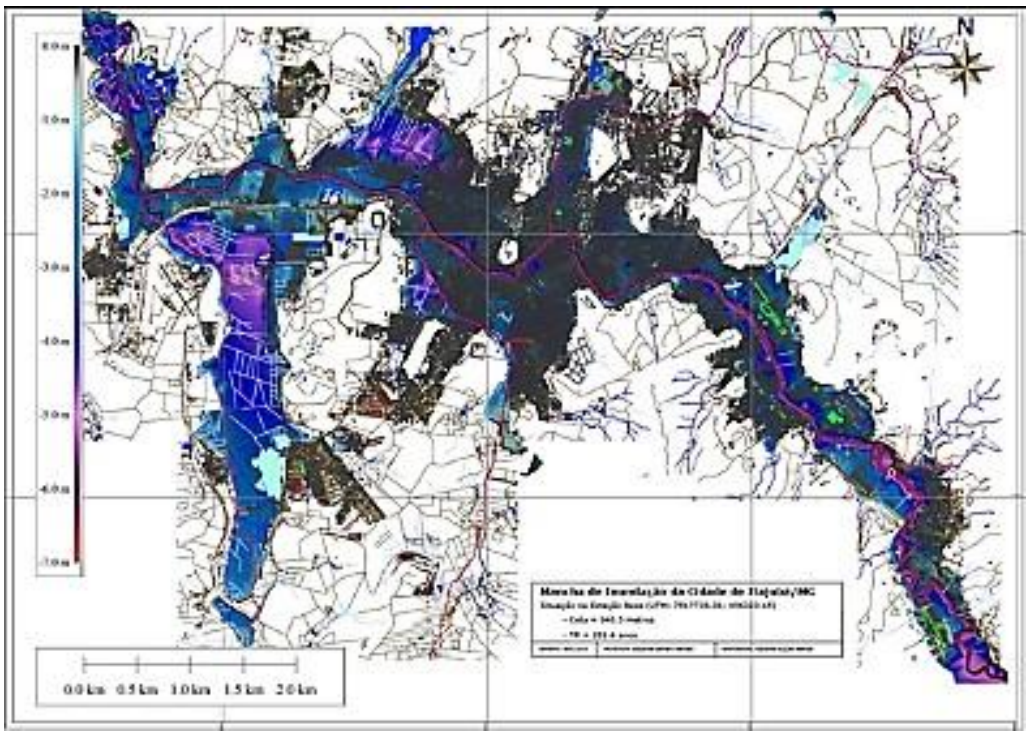


Figura 11 - Mancha com o tempo de retorno de 281,6 anos e cota de 848,5 metros
Fonte: Silva *et al.* (2007).

De acordo com Pinheiro (2005), a cota 848,5metros já foi atingida pela enchente de 1874. Com a mancha de inundação gerada para essa cota, pode-se inferir o tamanho da área

urbanizada sujeita à ocupação pelo transbordamento do rio Sapucaí. Na Figura 12, há a comparação gráfica dessas áreas.

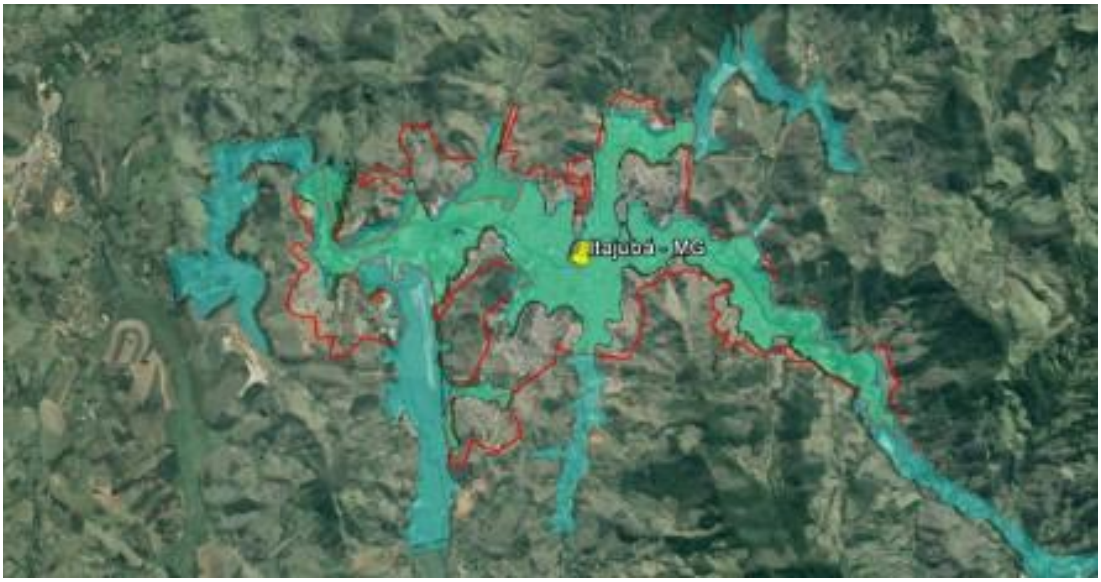


Figura 12 – Comparações entre área de inundação e área urbanizada para a simulação da enchente de 1874
Fonte: Autor

Essa comparação resultou nos valores:

Área da mancha (em azul) –19,25 km²

Área urbanizada utilizada (contorno em vermelho) -16,33 km²

Área da mancha dentro da área urbanizada utilizada (em verde) - 10,567 km²

Nota-se, através da Figura 12, que aproximadamente 65% da área urbanizada estariam dentro da mancha de inundação, observado por meio da sobreposição de legendas, tendo a mancha de inundação apresentada pelas cores verde e azul com recobrimento, já a demarcação do município de Itajubá encontra-se representada pelo traçado vermelho, evidenciando, assim, a fragilidade do município para com as inúmeras inundações ocorridas e que poderão ocorrer posteriormente.

Estudos estão sendo atualmente feitos pelo LIH para a comprovação dos níveis atingidos pelas diversas cheias no município de Itajubá com aqueles obtidos pelas presentes simulações. Têm-se obtidos resultados satisfatórios para a metodologia aplicada.

Por meio de levantamentos como neste trabalho, pode-se auxiliar os gestores a providenciar metodologia de prevenções impedindo, ou reduzindo, eventuais catástrofes, além de permitir uma gestão para ampliação da mancha urbana com melhor eficiência.

4 CONCLUSÃO

Avanços das tecnologias com o passar dos anos estão tornando possíveis algumas análises que anos atrás não se tinha ideia da existência, estas podem gerar melhorias e até mesmo maiores confortos a sociedade como um todo.

Programas como *Global Mapper* com apoio do *AutoCad* tornam factíveis a geração de manchas de inundação, ferramentas eficazes para um avanço ordenado de novos bairros e residências, tornando exequível o gerenciamento e planejamento destes, impedindo eventuais problemas.

Análises feitas no presente trabalho permitem que se faça um plano diretor, com itens e subitens correlacionando as áreas de ampliação da área urbana com as manchas de inundação, impedindo problemas futuros com enchentes e inundações, problemas corriqueiros na cidade, fazendo com que o crescimento desordenado dos novos bairros seja freado pelo mesmo, auxiliando assim a população do município de Itajubá/MG se precaver contra os problemas anteriormente citados, facilitando a gestão dos mesmos pelos órgãos regulamentadores, por meio dos dados de mancha de inundação estudados, sendo de suma importância para população municipal em geral.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, A. A. *et al* (org). **Relatório da Comissão de Avaliação Técnica para Recuperação e Urbanização das Margens do Rio Sapucaí e seus Afluentes da Área Urbana**. Itajubá: UNIFEI. p. 61, 2000.

CARVALHO, P. S. R. **Estudo da propagação de ondas de cheias no Ribeirão José Pereira, em Itajubá, utilizando HEC-RAS. Itajubá**. UNIFEI, p. 12, 2012.

FENG, L.; LU, J. **The practical research on flood forecasting based on artificial neural networks**. Elsevier, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. [On-line] Disponível no endereço eletrônico: http://www.ibge.gov.br. Acesso em: 20 mar. 2018.

KIA, M. B. *et al.* **An artificial neural network model for flood simulation using GIS**: Johor River Basin, Malaysia. Environ Earth Sci, p. 2, 2012.

MONTEIRO, L. R.; KOBIYAMA, M. Proposta de mapeamento de perigo de inundação. **Revista de Gestão de Água da América Latina,** Porto Alegre, v. 10, n. 2, p 13-25, 2013.

PINHEIRO, M. V. **Avaliação técnica e histórica das enchentes em Itajubá – MG**. 2005. 122 f. Dissertação de (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, 2005.

SILVA, A. P. M.; BARBOSA, A. A. Validação da função mancha de inundação do SPRING. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 5499-5505, 2007.

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENCHENTES (SME). 2012. Disponível em: https://meteorologia.unifei.edu.br/hidrologia/. Acesso em: 15 abr. 2018.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: UFGRS/ABRH. 2002.

DADOS DOS AUTORES

Caik Elisio Tonelli Faria
E-mail: caiktonelli@gmail.com
Curriculum lattes: http://lattes.cnpq.br/0919865797988547
Mestrando em Ciência e Tecnologia da Madeira Universidade de Lavras (UFLA), Pós-graduado em Gerenciamento de Projetos (PUC/BH) e Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

Alexandre Augusto Barbosa
E-mail: barbosa@unifei.edu.br
Curriculum lattes: http://lattes.cnpq.br/3079634479646035
Doutorado em Engenharia Ambiental (USP), mestrado em Engenharia Mecânica e graduação em Engenharia Mecânica pela (Unifei), e professor titular da Unifei desde 1993. Atividades principais: ensino, controle de enchentes e tutor de PET.