

# Mapeamento de Vias inundáveis na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville SC

André Bertoncini <sup>1</sup>  
Gabriel Daniel Conrath <sup>2</sup>  
Francisco Henrique de Oliveira <sup>3</sup>  
Mariane Alves Dal Santo <sup>4</sup>

UDESC – Laboratório de Geoprocessamento  
88035-001 Florianópolis SC  
<sup>1</sup>[andre.sbertoncini@gmail.com](mailto:andre.sbertoncini@gmail.com)  
<sup>2</sup>[gabrielc31@yahoo.com.br](mailto:gabrielc31@yahoo.com.br)  
<sup>3</sup>[chicoliver@yahoo.com.br](mailto:chicoliver@yahoo.com.br)  
<sup>4</sup>[m4rid4ls4nto@yahoo.com.br](mailto:m4rid4ls4nto@yahoo.com.br)

**Resumo:** Os danos e transtornos ocasionados pelas inundações são considerados como um entrave no desenvolvimento urbano. Com a crescente e desordenada ocupação urbana observada nas últimas décadas, os órgãos do governo não foram capazes de desenvolver planos de drenagem urbana, antes das mesmas serem ocupadas. O trabalho utilizou a extensão *Arc Hydro Tools* do software ArcGis (Esri) na identificação de zonas de alta acumulação de fluxo na bacia do Rio Cachoeira, Joinville/SC, área constantemente sujeita à inundações. Ao obter-se o resultado primário foi observado, através de fotografias aéreas, que alguns trechos da drenagem gerada pelo sistema não representavam a drenagem real e sim vias urbanas, como ruas e avenidas. Dessa forma, foram levantadas evidências que comprovassem o acúmulo de fluxo de água nesses trechos, através de uma busca on-line de imagens, vídeos e documentos. Com as evidências levantadas, foi possível comprovar que as vias analisadas apresentaram registros históricos de inundação, confirmando a validade do método.

**Palavras chaves:** Inundação, vias urbanas, acumulação de fluxo

**Abstract:** The damages and disorders caused by flooding are considered as a barrier in the urban development. With the increasing and disorderly urban occupation in the recent decades, the governmental agencies do not be able to developed urban drainage plans, before they are occupied. The work used the *Arc Hydro Tools* (Esri – ArcGis) extension in the high flow accumulation zones identification in the Cachoeira River watershed, Joinville/SC, area constantly susceptible to flooding. When obtained the primary results was viewed, through aerial photographs, that some sections of the drainage created by the system weren't represent the real drainage but rather urban pathways, as streets and avenues. Thus, evidences who proving the water accumulation flow in those sections were raised, through an on-line search of images, movies and documents. With the evidences raised, was possible prove that the analyzed pathways showed flooding historical records, confirming the method validity.

**Keywords:** Flooding, urban pathways, flow accumulation

## 1 Introdução

Os danos e transtornos ocasionados pelas inundações são considerados como um entrave no desenvolvimento, principalmente urbano. Com a crescente e desordenada ocupação urbana observada nas últimas décadas, os órgãos do governo não foram capazes de desenvolver planos de drenagem

urbana, antes das mesmas serem ocupadas. Intensificando a problemática, a urbanização de áreas verdes ainda contribui para a impermeabilização do solo, dificultando a infiltração e percolação e potencializando o escoamento da água precipitada.

No Brasil entre os anos de 1900 a 2006, MARCELINO (2007), mostra através dos dados do *Emergency Events Database*, que 59% dos desastres naturais ocorridos no país foram atribuídos as inundações, sejam elas bruscas ou graduais. Como consequência o Brasil gastou cerca de 10 bilhões de dólares em medidas emergenciais e de infraestrutura, bem como a perda de 8.183 vítimas.

No contexto catarinense não é diferente, no período de 1980-2003, ocorreram 1.229 episódios de inundações graduais e 555 bruscas. Sendo que segundo o Atlas de Desastres Naturais de Santa Catarina, organizado por Herrmann (2006), o município de Joinville tem a frequência “muito alta” em ambos os tipos de inundações: graduais (09-20) e bruscas (06-12).

A bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, localizada quase que em sua totalidade no perímetro urbano de Joinville, por muito tempo foi utilizada como porto de escoamento do município, o que favoreceu a ocupação desordenada das planícies de inundação da mesma, sendo desenvolvido ali o centro econômico da região.

Para o município, o maior problema ocasionado pelas inundações é o fechamento de vias urbanas inundadas. O bloqueio dessas vias nos momentos de inundação impede o escoamento da produção industrial. Tomando a importância econômica de Joinville para o estado catarinense, o entrave desse escoamento da produção traz prejuízos imensuráveis à região. Essa dependência do transporte terrestre acontece desde que o escoamento da produção não é mais realizado diretamente pelo exutório do Rio Cachoeira, e sim pelo porto de São Francisco do Sul e/ou Itajaí, assim, a logística de mercadorias é realizada por esse meio.

Diante do exposto, o presente trabalho utilizou a extensão *Arc Hydro Tools* (Esri – ArcGis), o qual é aplicado na extração de drenagem a partir de dados topográficos, na identificação de zonas de alta acumulação de fluxo na bacia do Rio Cachoeira, Joinville/SC, ou seja, zonas de alta suscetibilidade à inundação. Porém, também analisou a consistência dos dados de drenagem obtidos pelo software, através de levantamento on-line do registro histórico de inundações da área de estudo, por imagens, vídeos e documentos.

## **2 Referencial Teórico**

### **2.1 Inundações**

Segundo o Ministério das Cidades/IPT (2007), inundação é definida pelo extravasamento das águas do canal principal de um rio, o que é considerado como desastre natural. Já o conceito de enchente é definido pelo o aumento do nível do rio até o limite máximo do canal principal, não sendo necessário o seu extravasamento. As enchentes são fenômenos comuns e não representam risco a sociedade.

Já para Christofletti (1981), inundações são fenômenos naturais decorrentes do extravasamento dos rios sobre as planícies adjacentes ao leito em eventos de cheias. Estas planícies são construídas a partir de sedimentos depositados pelos próprios rios.

O processo da inundação acontece da seguinte maneira: à medida que a vazão de um rio aumenta a velocidade do fluxo também apresenta um acréscimo, assim, o nível da água sobe gradualmente e preenche todo o canal. Se o aumento continuar a água extravasa sobre as margens, e inundam as planícies de inundação. Existem inundações de grande magnitude, com uma ocorrência de cerca de 10 a 30 anos. As inundações menores são mais frequentes, a cada 2 ou 3 anos, porém devido à sua periodicidade causam onerosos danos às populações ribeirinhas (PRESS, 2006).

### **2.2 Inundações Urbanas**

A urbanização de bacias hidrográficas é tanto causadora das inundações devido ao aumento da

impermeabilização do solo, na pavimentação asfáltica de vias, nas obras de drenagem pluvial mal projetadas e na canalização/retilinização dos canais dos rios. Bem como é vítima do fenômeno, na inundação de áreas de ocupação urbanas situadas dentro das planícies de inundação.

Os problemas ocasionados pelas inundações dependem do grau de ocupação do leito maior, e da sua frequência (TUCCI, 2002). Infelizmente, as planícies de inundação enfrentam intensa urbanização, devido à fatores físicos favoráveis a ocupação, como: relevo plano, solos férteis e disponibilidade de água. Muitos centros urbanos foram desenvolvidos próximos ou dentro dessas planícies de inundação, o que ainda aumenta a impermeabilização do solo (SILVEIRA, *et al.* 2009).

Segundo Tucci (2007), um dos principais fatores que resultam em inundações urbanas é o dimensionamento incorreto das obras de drenagem secundária (microdrenagem) de loteamentos e projetos de habitação. Nesse processo as prefeituras não exigem ou fiscalizam se a drenagem projetada leva em conta o aumento do volume de água na macrodrenagem. Um terreno que antes não apresentava impermeabilização, agora ocupado representa um aporte muito maior de água para o canal principal. O Impacto de diferentes loteamentos gera um aumento das inundações a jusante, extravasando a água para as drenagens pluviais e posteriormente para as vias urbanas.

### 2.3 Geotecnologias

Como as características do terreno são de fundamental importância para determinação espacial da hidrodinâmica dos fenômenos de inundação, fica imprescindível a utilização do Geoprocessamento como ferramenta de estudo (MONI, 2006). Com a utilização de SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) é possível obter-se as características de uma bacia hidrográfica, bem como a relação entre um Modelo Digital de Elevação (MDE) e as cotas de inundação, com diferentes probabilidades de excedência (CPRM, 2004).

O processo de delimitação de bacias hidrográficas em ambiente SIG, utiliza informações de relevo representadas em um Modelo Digital de Elevação (MDE), ou (MDT) Modelo Digital de Terreno. O MDE pode ser extraído da interpolação de curvas de nível ou através de imagens de sensores remotos (SOBRINHO, *et al.*, 2010). Segundo JESON e DOMINGUE (1988), as variáveis extraídas de MDE's têm maior acurácia e são mais compatíveis, do que as extraídas a partir de métodos manuais, que ainda despendem maior esforço de trabalho.

As geotecnologias têm significativa importância para o entendimento destes fenômenos, possibilitando a coleta, armazenamento e análise de grande quantidade de dados, que devido à complexidade destes eventos, seriam praticamente inviáveis de serem tratados utilizando métodos analógicos e/ou tradicionais. Com estas ferramentas produzem-se informações rápidas e com baixo custo, através da combinação de dados espaciais oriundos de diferentes fontes, a fim de analisar as interações existentes entre as variáveis naturais e de ocupação humana, elaborar modelos preventivos e dar suporte as tomadas de decisões (BONHAM-CARTER, 1996 *apud* MARCELINO, 2007).

## 3 Área de Estudo

Segundo IPPUJ (2009), a bacia hidrográfica do Rio Cachoeira – Joinville/SC está totalmente inserida na área urbana do município e sua foz está na baía da Babitonga a qual se liga ao oceano atlântico. Ela drena uma área de 83,12 km<sup>2</sup>, que representa 7,3% da área do município. Apesar de apresentar uma área de contribuição pequena, as inundações na bacia são condicionadas por outros aspectos, tal como as chuvas abundantes e regulares na região (Figura 1).

O clima na qual esta área está inserida é o subtropical úmido, com predominância de chuvas frontais no inverno e por chuvas decorrentes de outros sistemas atmosféricos no verão, outono e primavera. Os totais pluviométricos anuais no município de Joinville estão entre 1900-2500 mm (KNIE, 2003).

A bacia está inserida em dois grandes compartimentos de relevo: o de dissecação em colinas, morros e montanhas, modelados em rochas cristalinas antigas, e o de acumulação, modelado em sedimentos recentes de origem marinha, lacustre, coluvionar e fluvial.

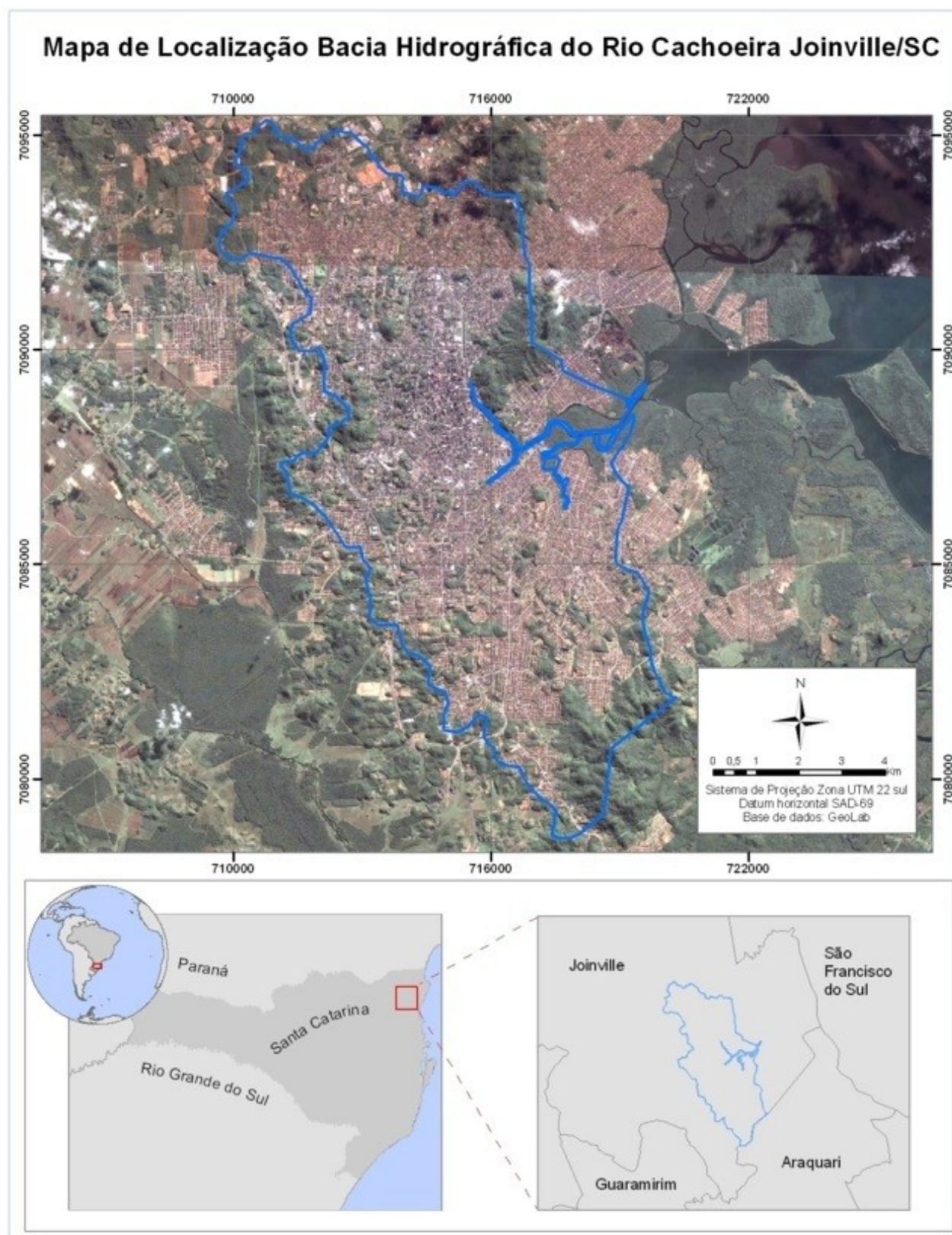


Figura 1



As feições do modelado de acumulação se configuram em planícies e terraços. Nas planícies, encontram-se rios meandantes, porém muitos segmentos já foram canalizados em função do processo de urbanização. Junto à foz do rio Cachoeira na baía, a planície apresenta 35 km de largura e possui origem flúvio-marinha (planície de maré).

A foz encontra-se numa região estuarina sob a influência das marés, onde se encontram remanescentes de manguezais. Durante os períodos de amplitude da maré, pode-se verificar a inversão do fluxo da água do rio (remanso) até quase a metade de seu percurso causado pelo ingresso de água salgada através do canal. As baixas altitudes junto à foz, associadas ao efeito das marés astronômicas e meteorológicas, e das precipitações pluviométricas, causam frequentes problemas de inundações na região central.

Atualmente, a impermeabilização do solo na bacia do Rio Cachoeira é de, aproximadamente, 55 % de sua área total, concentrando-se nas áreas de menor declividade e de ocorrência de feições geomorfológicas de terraço lagunar e fluvial, consequentemente, áreas mais suscetíveis aos fenômenos de inundação (IPPUJ, 2009).

## 4 Metodologia

Através da extensão *Arc Hydro Tools* – ArcGis (Esri), utilizando como base um Modelo Digital de Elevação (MDE), foi extraída a drenagem correspondente a bacia hidrográfica do Rio Cachoeira. Os dados para a confecção do MDE foram disponibilizados pela Secretária de Planejamento do Município de Joinville (SEPLAN). O produto é resultado de um levantamento realizado pela tecnologia do *Laser Scanner* aerotransportado, e foram cedidos na forma de *grids* regulares com 2 metros de resolução espacial.

Como o MDE executado obteve alta resolução espacial (2 m) o processo de extração automática da drenagem foi capaz de identificar as vias e drenagens pluviais, objeto do presente estudo. A escala de extração de drenagem utilizada na pesquisa foi de 145.561 células para a geração de um canal, valor ao qual é utilizado como padrão no sistema e é definido de acordo com o número de células do MDE inserido.



Figura 2



Figura 3



A partir do MDE, a função Fill Sinks preenche as depressões do grid. Quando uma célula de menor valor de elevação é rodeada por células de maior valor, o fluxo de água não necessariamente acontecerá em direção dessa célula. Após a correção das depressões, é possível a aplicação da função Flow Direction, que determina através dos valores de declividade, do maior para o menor valor, a direção do fluxo de água, ou seja, para qual direção geográfica a vertente está voltada (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO).

Na função Flow Accumulation, a ferramenta calcula o valor da área drenada a montante de uma célula, e determina a área de acumulação de fluxo, calculando quantas células do raster inserido drenam para uma determinada célula, ou seja, qual é a área de contribuição da drenagem do terreno. Utilizando esse último dado como entrada, o Stream Definition define os cursos de água em um arquivo vetor.

Através da análise da drenagem gerada pelo *Arc Hydro Tools* sobreposta à fotografias aéreas, foi possível identificar que alguns trechos da drenagem resultante do sistema não representavam a drenagem real e sim vias urbanas, como ruas e avenidas. Dessa forma, foram levantadas evidências que comprovassem o acúmulo de fluxo de água nesses trechos de drenagem.

Inicialmente, uma busca na base Google Maps foi realizada para a identificação do nome das vias que coincidiam com as linhas de drenagem geradas pelo *Arc Hydro Tools*. Identificado o nome das vias um levantamento histórico, em meio on-line, foi realizado através de imagens, vídeos e documentos para a confirmação da inundação dessas vias. Em seguida, sete pontos foram elencados ao longo da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, para melhor exemplificar a geração de drenagem pelo sistema em vias urbanas suscetíveis a inundação.

## 5 Resultados e Discussões

Na Figura 2, é possível observar que a rua V. Pref. Luiz Carlos Garcia foi identificada como drenagem urbana, porém como a imagem mostra se trata de um ponto de inundação. O mesmo acontece para a esquina da R. João Vogelsanger com a R. Guia Lopes e também para a rua Marcílio Dias.

Já a Figura 3, mostra quatro pontos de inundação de vias urbanas: a esquina da R. dos Atletas com a R. Max Colin, a rua Timbó, a Avenida Nove de Março e a rua Rio Grande do Sul, mais ao Sul do município.

A rede de drenagem gerada pelo *Arc Hydro Tools* mostrou que o uso de MDE's de resolução espacial alta, como o utilizado no presente estudo (2 m), podem gerar interpretações topográficas artificiais. O refinamento do modelo consegue identificar avenidas, ruas e até mesmo obras de drenagem pluviais, além do mais, obras como canais de drenagem e pontes servem como barreiras na identificação da drenagem de forma automatizada.

Assim, foi possível afirmar que alguns trechos da drenagem automatizada não representavam a drenagem real, como citado anteriormente. Porém, as vias identificadas como drenagem, devido à topografia rebaixada, representam justamente os pontos de possível inundação, quando acontece o extravasamento da água da drenagem secundária para essas vias.

## 6 Referências

- MARCELINO, E. V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. Santa Maria, CRS/INPE, 2008.
- HERRMANN, M. L. P. (Orgs.). Atlas de Desastres Naturais de Santa Catarina. **Governo do Estado de Santa Catarina, Secretária de Segurança Pública e Defesa do Cidadão. Florianópolis, 2006.**
- Brasil. Ministério das Cidades/IPT. Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios. Ministério das Cidades, Brasília, 2007.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial: o canal fluvial. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1981.

**PRESS, S.** Para Entender a Terra: rios – o transporte para os oceanos. 4 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006.

**TUCCI, C. E. M.** Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH/Editora UFRGS, 2002.

**TUCCI, C. E. M.** Inundações Urbanas. Porto Alegre: ABRH/Editora Rhama, 2007.

**SILVEIRA, W. N. et al.** História das Inundações em Joinville: 1851 – 2008. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2009.

**MONI SILVA, A. P.** Elaboração de Manchas de Inundação para o Município de Itajubá, utilizando SIG. UNIFEI. Engenharia da Energia. 2006.

**CPRM, ANA & IGAM.** Definição da Planície de Inundação da Cidade de Governador Valadares. Belo Horizonte, 2004.

**SOBRINHO, et al.** Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Dados SRTM. Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 2010.

**JENSON, S. K. DOMINGUE, J. O.** Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, 1988.

**MARCELINO, E. V.** Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. Santa Maria, CRS/INPE, 2007.

**KNIE, J. L. W.** Atlas ambiental da região de Joinville: Complexo hídrico da Baía da Babitonga. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2003.

**IPPUJ - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE.** Joinville Cidade em dados 2009. Joinville: Prefeitura Municipal, 2009.