



Risco de inundação em áreas rurais: bacia do rio Luís Alves (SC)

Fernando Souza Damasco*

Thales Vargas Furtado**

Antônio José Bento-
Gonçalves***

Resumo: O presente trabalho identificou e mapeou as áreas inundáveis da Bacia do Rio Luís Alves. A bacia, de uso da terra predominantemente agrícola, possui um notável histórico de inundações, demandando estudos que subsidiem o planejamento e a gestão do território. A partir da coleta de dados pluviométricos e fluviométricos, associada ao processamento de dados espaciais, foi desenvolvida uma metodologia em ambiente de SIG, que possibilitou a simulação de eventos de inundação, bem como a determinação de áreas de risco.

* Mestrando em Geografia pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Graduado em Geografia pela UFF.

** Graduado em Geografia pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

*** Professor no Departamento de Geografia do Instituto de Ciências Sociais da Universidade do Minho (UMinho - Portugal). Doutor em Geografia Física e Estudos Ambientais pela UMinho.

Flood risk in rural area: Luís Alves river basin (SC)

Abstract: This study identified and mapped the Luís Alves watershed floodplains. The basin land use is predominantly agricultural and has a remarkable history of flooding, demanding studies that support the planning and management of the territory. From the collection of rainfall and fluviometric data associated with the processing of spatial data, a methodology was developed in a GIS environment, which enabled the simulation of flood events, and the determination of risk areas.

Palavras-chave:

Risco de inundação; geotecnologia ambiental; riscos naturais; dados fluviométricos; suscetibilidade morfométrica.

Key-Words:

Flood risk; environmental geotechnology; natural hazards; streamflow data; morphometric Susceptibility.

Introdução

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas, associados a novas geotecnologias, para a produção de mapas de áreas susceptíveis a riscos tem se mostrado uma eficaz ferramenta para prevenção, mitigação e gestão de riscos naturais. Desse modo, pode-se gerar uma cartografia confiável delimitando áreas com grande probabilidade de ocorrência de eventos catastróficos, o que permite uma gestão mais efetiva do território e um planejamento controlado para impedir danos maiores às populações afetadas. No que tange às inundações, essas ferramentas permitem o mapeamento de áreas inundáveis às margens do canal de drenagem, bem como das áreas onde o fluxo de água pode se acumular, o que pode auxiliar os gestores no planejamento da ocupação dos terrenos marginais.

Luís Alves, município localizado na porção nordeste do estado de Santa Catarina, sul do Brasil, vem sofrendo constantemente com desastres relacionados a inundações e a deslizamentos ao longo de sua bacia. Esses eventos afetam diretamente a população em suas habitações, como também indiretamente, por situar-se em uma área parcialmente rural, afetando-os também no que diz respeito aos seus campos agrícolas, frequentemente, sua única fonte de renda.

Dessa forma, esse estudo procura, a partir de uma análise sintética da morfologia e da morfometria do rio Luís Alves, com auxílio dos SIGs, do software ArcGis mais propriamente dito, avaliar, caracterizar e destacar as áreas susceptíveis a inundações dentro da bacia, de forma que se possa utilizar de apoio para a gestão e planejamento territorial da área e que também sirva como instrumento de metodologia aplicável para todas as áreas de planícies de inundação. Em termos gerais, objetiva identificar e mapear as áreas susceptíveis à inundação na bacia do Rio Luís Alves.

Além da identificação e do mapeamento das áreas susceptíveis, concernindo neste trabalho outros objetivos mais específicos, a saber: (1) Relacionar os aspectos biofísicos, a partir das análises morfológica e morfométrica da bacia, com os eventos de inundação; (2) Identificar a influência das características morfométricas da bacia na localização e na intensidade das inundações; (3) Relacionar os padrões de uso do solo com os eventos de inundação na área de estudo; (4) Estabelecer e espacializar a dinâmica de recorrência das inundações, de modo a estabelecer áreas com maior ou menor probabilidade de ocorrência de inundações.

Revisão teórica

Os riscos inerentes à existência humana sempre acompanharam a história humana e, também por isso, seu estudo envolve várias áreas do conhecimento que, interdisciplinarmente, constroem a Teoria do Risco. A teoria vem sendo formulada ao longo dos anos e aplicada às mais diversas ciências e aos mais variados estudos de caso.

Na Geografia, no entanto, parece haver certa resistência a utilizar uma teoria do risco, de modo que os geógrafos, ao estudar os riscos, sobretudo, naturais, vêm formulando seus próprios conceitos e noções. Esses conceitos e noções por vezes não estão articulados em uma teoria sobre os riscos e, portanto, não têm sustentação. Ademais, esta gama de conceitos iguais com diversas definições confunde a comunidade científica, não contribuindo para a coesão dos estudos sobre os riscos naturais, fundamentais ao ordenamento do território e à própria vida humana.

De acordo com Cutter (1993) e Teles (2010), a falta de estudos teóricos sobre os riscos naturais faz com que haja uma dificuldade incrível de se conceituar adequadamente as noções e os conceitos inerentes à esta temática. Some-se a este fato a dificuldade em se traduzir alguns termos que só têm verdadeiro sentido nas línguas inglesa e francesa. Quando traduzidas para a língua portuguesa, estas palavras tendem a perder o seu sentido ou terem uma considerável redução do

seu significado (TELES, 2010; MARANDOLA JR. & HOGAN, 2004; VARNES, 1984).

Para alguns autores, o risco seria equivalente ao produto de um perigo e da vulnerabilidade, isto é, o risco como uma relação ou produto (UNISDR, 1990; WESTEN et al., 2006):

$$R = H \cdot V$$

onde: R = risco, H = *hazard* e V = vulnerabilidade.

Equação 1

ou

$$Risco = \sum(H \sum(VA))$$

onde: H = *hazard*, V = vulnerabilidade, A = área.

Equação 2

Outros, encaram o risco de uma forma mais genérica, de modo a não esgotar as possibilidades conceituais. De acordo com a sua concepção, o risco pode ser entendido em função do *hazard* e da vulnerabilidade. Deste modo, aproximam-se da teoria de Faugères (1990, 1991), um dos únicos cientistas e se debruçarem na construção de uma teoria do risco (DAUPHINÉ, 2001; REBELO, 2003; TELES, 2010):

$$Risco = f(hazard, vulnerabilidade)$$

Relação entre o risco, o *hazard* e a vulnerabilidade.

Equação 3

Veyret (2007), insere a noção de “percepção” no conceito de risco, definindo-o como a “percepção de um perigo possível, mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele”.

Neste trabalho, partindo-se do pressuposto do “risco” como um conceito amplo e dependente de um “perigo” e de uma “vulnerabilidade”, serão utilizadas as seguintes conceituações (UNDRO, 1979; BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007; VEYRET, 2007):

Risco – É a possibilidade de ocorrência de consequências gravosas, econômicas ou mesmo para a segurança das pessoas, em resultado do desencadeamento de um fenômeno caracterizado como *hazard*.

Perigo – Desregulação de um estado de normalidade, causado pela ocorrência de um fenômeno com uma determinada magnitude (a que está associado um potencial destrutivo), num determinado período de tempo e numa dada área.

Vulnerabilidade – Grau de exposição, sensibilidade e fragilidade de uma população à ocorrência de um fenômeno (natural ou induzido pelo Homem) com determinada magnitude ou intensidade. Pode ser humana, socioeconômica ou ambiental.

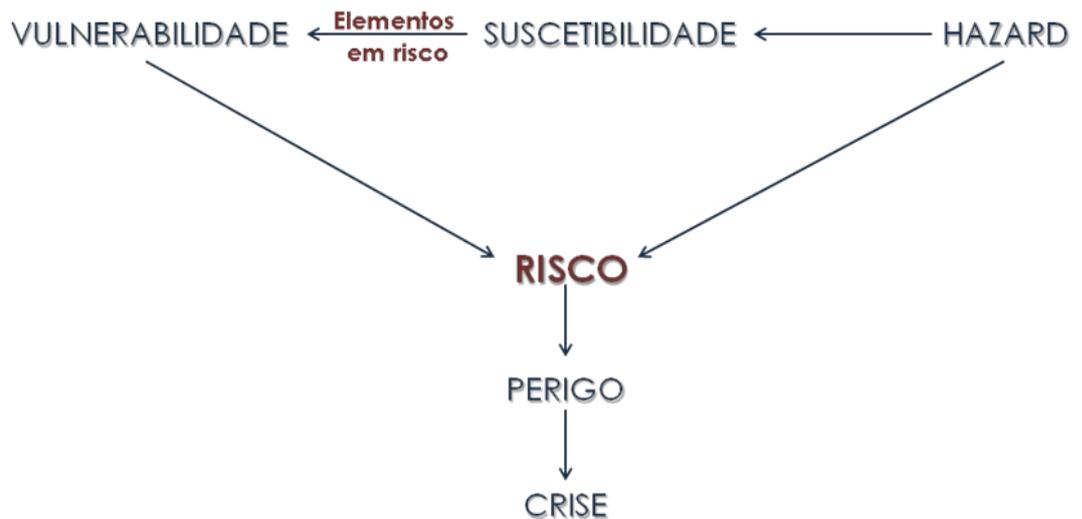
Suscetibilidade – Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.

Também é necessário estabelecer uma ordem conceitual entre as categorias propostas. Dentro das várias conceituações, há várias correlações e ordenações metodológicas entre os conceitos. Partindo-se da teoria dos riscos de Faugères, muito trabalhada por Rebelo (2003), mas com algumas modificações, o modelo conceitual adotado neste trabalho está exposto na figura 1. Nele, percebemos a confluência do *hazard* e da vulnerabilidade para a ocorrência do risco. A partir

do risco, têm-se a deflagração do perigo e conseqüentemente da crise.

Os riscos naturais são comumente referidos como aqueles no qual o fenômeno que gera os danos tem sua origem na natureza. Os riscos de origem natural foram os primeiros a assolar a vida humana, sobretudo, a ocorrência de tempestades, incêndios e outros que assustavam e mudavam a rotina das comunidades primitivas.

Figura 1 – Modelo conceitual adotado na pesquisa, ressaltando a relação sequencial dos conceitos de risco, perigo e crise.



Fonte: elaborado pelos autores.

Na atualidade, a ocorrência de riscos naturais é motivo de estudo e investigação pela comunidade científica. Embora a humanidade não possua a veleidade de eliminá-los, os riscos podem ser previstos, geridos e analisados nos seus pormenores, de forma que o planejamento e o ordenamento do território, a partir de uma análise *ex-ante* dos cenários, possam criar estratégias de prevenção e controle de conseqüências danosas.

Diversos autores têm abordado os riscos inerentes aos corredores fluviais, bem como àqueles relacionados aos processos hidrológicos especificamente, não havendo um consenso sobre a nomenclatura a ser utilizada.

Alguns autores, dentre eles Varnes (1984), Teles (2010) e Plate (2002), utilizam a terminologia 'risco hidrológico', referindo-se aos riscos que derivam de possíveis perturbações no ciclo hidrológico, em variadas escalas de análise e envolvendo os mais variados processos hidrológicos (precipitação, infiltração, percolação, escoamento superficial, evaporação etc.).

Arnaud-Fassetta et al. (2009) destacam-se por referir-se ao 'risco fluvial', definindo-o como

a integração de riscos direta ou indiretamente relacionados com a ação de fluxos de água superficiais: inundação, erosão vertical ou lateral e assoreamento do canal, avulsão do canal sobre a planície fluvial, poluição e grandes enxurradas.

No trabalho, foi utilizada a conceituação de 'risco hidrológico', por ser mais ampla e por contemplar maior número de variáveis, coerente com as inundações que são causadas por inúmeros fatores que se relacionam dinamicamente.

A gestão dos riscos naturais requer um aparato técnico considerável. Antes, no entanto, é necessário que se discuta os pressupostos teóricos para a sua realização. Muitos autores têm insistido na necessidade de articular o ordenamento e o

planejamento do território com a gestão dos riscos, de modo a oferecer diretrizes seguras para o uso e ocupação do solo.

Para Plate (2002), a gestão do risco deve constar de duas frentes principais: o controle do risco e o controle do desastre. Na verdade, o autor entende o risco como um processo de ação/reação, um sistema, ao qual você deve responder com medidas cabíveis. Sua metodologia conta, então, com a determinação do *hazard*, com a análise da vulnerabilidade e com a determinação do risco.

Arnaud-Fassetta et al. (2009), no entanto, veem o risco a partir de uma perspectiva mais holística. Para os autores, a gestão do risco deve abranger fatores sociais e humanos em paralelo aos danos físicos. Em seu estudo sobre a relação da Geomorfologia Fluvial e a ocorrência de inundações, os autores dedicaram grandes parágrafos aos impactos das inundações sobre a crise dos vinhos na França.

Aliada à gestão do risco hidrológico, está a modelagem de cenários de inundação. Estas predições, apesar de não revelarem a realidade, que é dependente de múltiplos fatores, dão princípios que podem servir de base para a gestão do território.

A modelagem dos eventos de inundação, segundo Apel et al. (2009),

possui um grande número de problemas metodológicos, que são normalmente associados com a seleção do modelo apropriado, a consideração de anomalias, e a validação destes modelos. Dependendo da escala da análise do perigo ou do risco, a complexidade do modelo aplicado pode variar desde uma simples interpolação metodológica até sofisticados modelos, espacialmente detalhados, que consideram as diversas equações da Hidrologia e da Mecânica dos Fluidos.

Os modelos subdividem-se em três tipos principais: os modelos estatísticos, os modelos teóricos e conceituais e os conceitos mistos (GILARD, 2002).

Os modelos estatísticos apoiam-se em métodos estatísticos para estimar a ocorrência de inundações, bem como seu potencial destrutivo.

Pradham (2009) utilizou o método da “regressão logística” para analisar a possibilidade de ocorrência dos eventos de inundação na Malásia, através da máxima:

$$Z = (-0,00179 \cdot \text{declividade} \cdot 10000) + (0,00562 \cdot \text{curvatura} \cdot 10000) + (0,00537 \cdot \text{precipitação} \cdot 10000) + (-0,00002 \cdot \text{densidade de drenagem} \cdot 10000) + (-0,00080 \cdot \text{densidade hidrográfica} \cdot 10000) + (0,0001 \cdot \text{fluxo acumulado} \cdot 10000) + \text{direção do fluxo} + \text{cobertura da terra} + \text{solo} - 3,98050 - 34,4228$$

Possibilidade de ocorrência de inundações (Z) (Pradham, 2009).

Equação 4

Também Souza (2005) utilizou-se do método de “Complete Linkage” para definir classes de suscetibilidade morfométrica em bacias hidrográficas brasileiras.

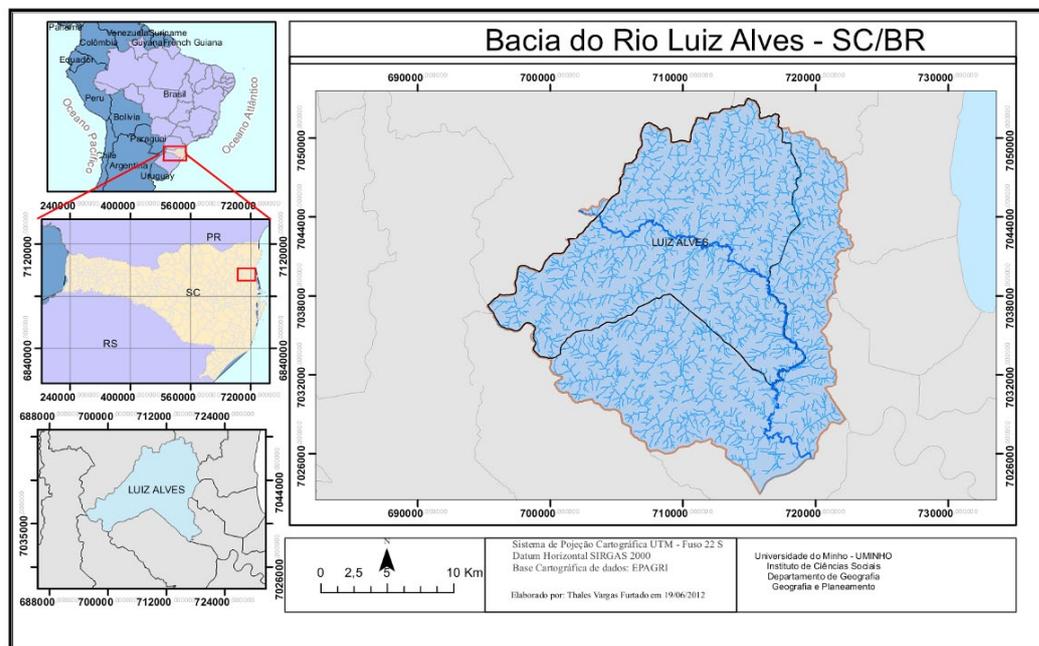
Já os modelos teóricos e conceituais permitem a identificação de processos, formas e estruturas que intensificam ou mitigam a ocorrência de riscos. No entanto, têm limitação, pois não podem identificar áreas suscetíveis com exatidão.

Os modelos mistos consistem em uma combinação das características dos modelos estatísticos, com características dos modelos teóricos e conceituais. Tendem a ser mais eficazes, pois debruçam-se sobre o aparato conceitual, apoiados com as importantes ferramentas matemático-estatísticas.

Área de Estudo

A área de estudo escolhida para a realização deste trabalho consiste em um trecho da bacia hidrográfica do Rio Luís Alves (figura 2). A bacia do Rio Luís Alves vem sendo constantemente atingida por fenômenos de inundação, sobretudo nas grandes chuvas de 2008 e 2011.

Figura 2 – Localização da bacia do rio Luís Alves.



Fonte: elaborado pelos autores.

Optou-se pela escolha da Bacia do Rio Luís Alves, localizada na porção nordeste do Estado de Santa Catarina, Brasil devido aos constantes eventos climáticos e desastres que a bacia vem sofrendo nos últimos anos. A região da bacia do Rio Luís Alves, que corta o município de Luís Alves é predominantemente rural, cuja principal atividade econômica da região é a agricultura, principalmente de banana, o que faz do Município de Luís Alves o segundo maior produtor do Estado. A agricultura na região de modo geral, ocorre de maneira desordenada, principalmente em áreas susceptíveis a riscos geomorfológicos, como as encostas declivosas e às margens de rios.

O Estado de Santa Catarina como um todo apresenta grande diversidade climática, o município no qual está inserida a área de estudo é caracterizado como Mesotérmico Úmido, segundo classificação de Thorthwaite. A temperatura média no município pode variar de 26°C no verão a 17°C no inverno, com chuvas bem distribuídas durante o ano inteiro, com um total anual médio de 1415,5 mm, de acordo com dados cedidos pela Prefeitura Municipal de Luís Alves.

O sistema hídrico do município é cortado pelo rio Luís Alves, que é um afluente do rio Itajaí-açu que deságua no oceano atlântico, junto com mais outros 15 afluentes que cortam o município. A bacia do rio Luís Alves é composta por 11 sub-bacias divididas de acordo com a função de drenagem principal de cada uma delas. Na figura 3, vê-se a localização da área de estudo no contexto da bacia hidrográfica do Rio Luís Alves.

A paisagem da Bacia do Rio Luís Alves caracteriza-se por vales que se alternam com áreas planas formadas pela acumulação fluvial.

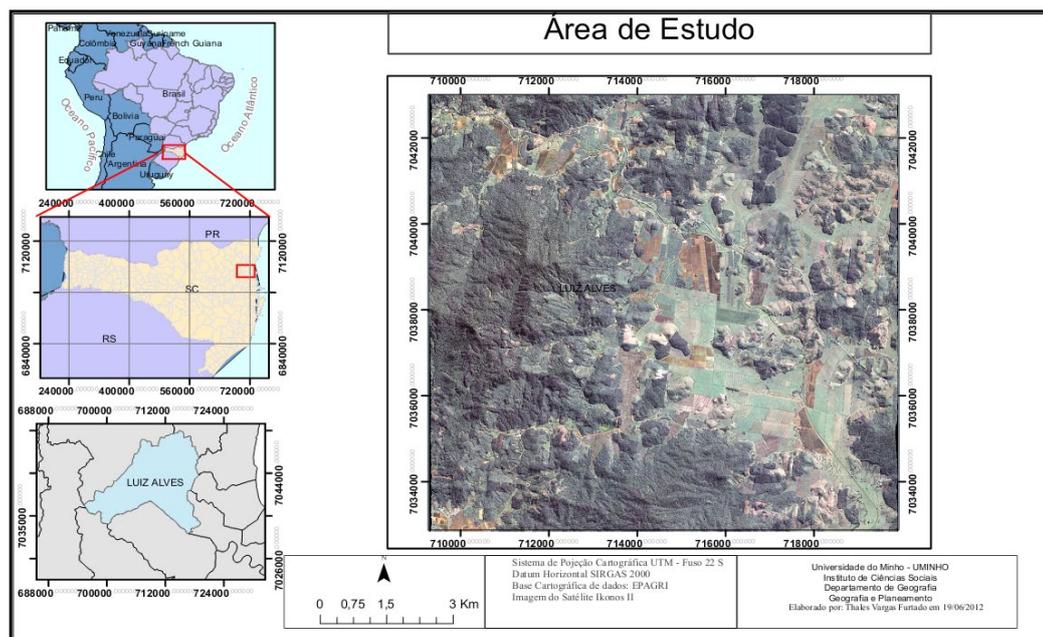
A vocação agrícola da região se expressa na paisagem, sendo muitas planícies de inundação ocupadas por hortas e pomares, destacando-se a bananicultura. A presença do gleissolo pouco úmido distrófico, que tem defasagens de drenagem, é muito aproveitada para a rizicultura e para a olericultura.

A topografia é fortemente ondulada, tendo o município instalado sua sede no vale do Rio Luís Alves. O rio corta todo o município e é fundamental para a economia regional.

O Rio Luís Alves drena, juntamente com seus afluentes, os terrenos cristalinos, apresentando um perfil longitudinal razoavelmente acidentado em seu curso superior, perdendo esta característica na planície de acumulação junto à área urbana, aonde chega a formar alguns meandros.

Quanto à drenagem, a bacia do Rio Luís Alves apresenta principalmente padrão dendrítico, sendo possível observar também a drenagem retangular em áreas em que interagem dois fatores fundamentais: ajustamentos e falhas geológicas que serão explicadas devidamente mais adiante e pelos desvios e retificações de canais fluviais para o uso agrícola.

Figura 2 – Localização da área de estudo.



Fonte: elaborado pelos autores, com base em dados da EPAGRI e em imagem de satélite Ikonos II.

Em alguns trechos de seu curso, o Rio Luís Alves foi retificado, no intuito de desviar uma parte de suas águas para a inundação, bem como para a diminuição das enchentes que assolavam comumente as culturas agrícolas situadas no leito de cheia. A figura 4 apresenta um trecho retificado, bem como a presença de meandros abandonados que, além de permitir a reconstrução da evolução geomorfológica da paisagem, permitem também a reconstituição do curso original do rio.

Figura 4 – Trecho do rio retificado.



Fonte: imagem Ikonos II.

Os remanescentes vegetais da bacia do Rio Luís Alves são principalmente de Floresta Atlântica de início de encosta (floresta ombrófila densa sub-montana) e a floresta atlântica (floresta ombrófila densa). Nas áreas de menor altitude e próximas aos leitos dos rios, encontra-se vegetação de várzea, caracterizada por serem formações pioneiras com influência fluvio-lacustre herbáceo-arbustiva.

Materiais e métodos

A metodologia do presente trabalho contempla seis passos fundamentais: o levantamento bibliográfico, o resgate histórico, a análise morfológica da área de estudo, a análise morfométrica da bacia, a análise do uso e cobertura do solo e o mapeamento das áreas susceptíveis. Apesar de delimitados no início da produção da investigação, estes passos metodológicos cruzaram-se no decorrer do trabalho, devido à íntimas correlações entre si.

No levantamento bibliográfico, foram levantadas obras, sejam empíricas ou teóricas, sobre os riscos naturais e, mais especificamente, sobre os riscos hidrológicos e fluviais. Foram consultados livros, revistas científicas, periódicos e trabalhos publicados em anais de congressos.

No passo subsequente foram de grande auxílio os dados do comportamento hidrológico do Rio Luís Alves desde 1946, colhidos pela estação fluviométrica do Rio Luís Alves, pertencente à Rede Fluviométrica Nacional e cedidos gentilmente pela Agência Nacional de Águas (ANA).

A análise morfológica foi feita em relação à bacia hidrográfica como um todo, tendo em vista que, para o entendimento da dinâmica morfológica da área de estudo, dever-se-ia entender todo o contexto no qual está inserida. Para tanto, usou-se o shapefile de Geologia cedido pelo Serviço Geológico Nacional (CPRM) e transformado em mapa geológico da bacia pelos autores. Também utilizou-se o mapa de cruzamento do relevo sombreado com o lineamento geológico, no intuito de verificar controles estruturais na bacia. Este mapa também foi elaborado pelos autores. Para a análise da Geomorfologia foi utilizada a carta geomorfológica *Joinville* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala 1:250.000. Nesta fase, teve importante função, a análise da imagem de satélite IKONOS-II. O satélite IKONOS II opera com sensores no visível e infravermelho próximo, obtendo imagens com resoluções de 1 metro, pancromáticas, e 4 metros multiespectral. Sua resolução radiométrica é de 11 bits (2048 níveis de cinza), aumentando o poder de contraste e de discriminação dos alvos. Outras imagens de satélites, como SPOT, CBERS, IRS, ou LANDSAT, têm resolução radiométrica de 8 bits (1 byte) ou 256 níveis de cinza, e, portanto, o nível de detalhamento radiométrico é menor que as imagens geradas pelo IKONOS.

Para a análise morfométrica da bacia hidrográfica foram utilizadas as fórmulas apresentadas e sintetizadas por Souza (2005) e Lourenço (1988). A obra de Souza teve especial importância porque relaciona diretamente os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica e a sua expressão na ocorrência de eventos de inundação.

Para a análise dos regimes climatológicos da região, foram utilizados os dados meteorológicos da Estação meteorológica do Rio Luís Alves, operada pela Agência Nacional de Águas (ANA), e cedidas gentilmente pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI).

Para a análise do uso e da cobertura do solo foi feita a análise da imagem de satélite IKONOS-II, que possui as características já descritas no antepenúltimo parágrafo.

Para o mapeamento das áreas susceptíveis à inundação foram utilizados os dados fluviométricos, em correlação com o mapa de declives gerado nas análises morfológica e morfométrica e com o mapa de uso e cobertura do solo.

Resultados e discussões

Os fatores que controlam a dinâmica hidrológica de uma bacia estão diretamente relacionados com as suas características geomorfológicas e geológicas (LIMA, 1986). Os processos hidrológicos são diretamente afetados pelas variações na morfologia, podendo ser intensificados ou mitigados de acordo com os diferentes estágios de evolução da paisagem.

Os embasamentos cristalinos seriam menos permeáveis do que os demais, devido ao próprio ajustamento de seus materiais constituintes. No caso da bacia em estudo, ela está, principalmente nas cabeceiras dos rios, assentada sobre o complexo granulítico de Santa Catarina. Esta situação pode corroborar o fluxo hortoniano intenso.

A Geomorfologia da bacia é fundamental para o entendimento da ocorrência de inundações. Mais a montante, predominam vales em “V”, com elevado desnivelamento altimétrico, que vêm a encontrar a jusante com as planícies fluviais formadas por milhares de anos de ação fluvial. Essa característica faz com que, em eventos de inundação, as trombas d’água adquiram maior energia, aumentando o seu potencial destrutivo e seu impacto sobre as paisagens.

A cobertura vegetal da bacia também já está bastante comprometida. A destruição das matas de várzea, localizadas originalmente no leito de cheia, foi crucial para o aumento do potencial destrutivo das grandes inundações. A vegetação de várzea possui altos níveis de percolação da água, de modo a suavizar a potência do escoamento superficial. Uma vez substituída por campos agrícolas, a infiltração diminui e o fluxo superficial tende a se intensificar, além das culturas ali desenvolvidas serem drasticamente afetadas.

Análise morfométrica

A partir da análise da rede de drenagem e com apoio do software ArcGIS 10, foram calculados alguns parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica, que permitem uma melhor análise dos seus processos e das suas potencialidades naturais.

Em termos de dimensões a bacia do Rio Luís Alves abrange uma área de 490,775 km², apresentando um perímetro igual a 114,766 km. O canal principal – Rio Luís Alves – desde sua foz até o exutório percorre cerca de 5,7 km. A bacia tem uma boa capacidade de drenagem através dos seus 1490 segmentos, que juntos perfazem um comprimento total dos canais de 987,58 km.

A bacia hidrográfica do Rio Luís Alves é, de acordo com a classificação de Strahler, de 7ª ordem. A largura máxima aferida da bacia foi igual a 22,867 km e o comprimento igual a 23,758 km.

O índice de circularidade compara a forma da bacia a uma figura geométrica na forma de um círculo, ou seja, relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual a da bacia em questão. Utiliza-se formulas matemáticas para encontrar um padrão aproximado da forma da bacia, tendo um como valor máximo, que neste caso seria exatamente a forma circular. Quanto menos se aproximar do valor 1, menos circular é a bacia. Obtem-se esses valores através da formula matemática a seguir: $I_c = 4\pi A/P^2$, na qual A = Área da bacia; P = Perímetro da bacia e para π utiliza-se o valor 3,14.

O valor obtido para a bacia em questão foi 0,4680, um valor intermediário, o que faz a bacia não se aproximar de uma forma circular.

Já o fator de forma compara a forma da bacia hidrográfica com a forma de um retângulo, representada pela relação da área da bacia hidrográfica pelo quadrado do seu comprimento. Tendo como referência o valor 1, sendo quanto menor o valor

obtido mais aproximado à forma alongada de um retângulo. $K_f = A/L^2$, que neste caso foi igual a 0,8700.

O coeficiente de compacidade compara a forma da bacia hidrográfica com um círculo, ou seja, compara o perímetro da bacia com o perímetro de um círculo de área igual a da bacia. O valor de referencia é 1, sendo este, característico de uma Bacia circular compacta. Neste caso esta bacia apresentou pouca compacidade, apresentando um coeficiente igual a 1,4506.

A densidade hidrográfica, de acordo com Horton (apud SOUZA, 2005), é a relação entre o número total de segmentos da bacia e a área total da bacia. Esse parâmetro possibilita a identificação da capacidade de resposta da bacia, em relação ao escoamento superficial, quanto é capaz de gerar cursos d'água para cada km² da bacia. Segundo os cálculos, esta bacia apresenta Densidade Hidrográfica igual a 3,0360 canais/km², ou seja, em cada km² existem 3,03 canais de drenagem.

A densidade de drenagem é um dos parâmetros quantitativos mais relevantes em termos geomorfológicos e hidrológicos, relaciona o comprimento total de todos os cursos d'água com a área da bacia, ou seja, calcula-se a média da rede de drenagem por km². Para esta bacia obteve-se o índice de drenagem 2,0123 km/km², um valor considerado baixo.

O coeficiente de torrencialidade afere a predisposição natural da bacia hidrográfica a sofrer inundações. Multiplica-se o valor da densidade de drenagem pela densidade hidrográfica. Obteve-se valor igual a 6,1093.

A relação comprimento/área compara a forma da bacia com a forma geométrica de um quadrado, sendo o valor de referencia 1 para a forma semelhante a um quadrado, quanto menor que esse valor, tem-se uma bacia mais alargada e quanto maior que esse valor, caracteriza uma bacia alongada. Obteve-se o valor 1,0722. Este valor deve-se ao fato de a Bacia do Rio Luís Alves ser amorfa, e situar-se entre a alargada e a alongada.

Tabela 1– Compilação dos parâmetros morfométricos calculados para a bacia do rio Luís Alves.

Parâmetro	Índice
Área	490,775 km ²
Perímetro	114,766 km
Comprimento total do canal principal	5,7 km
Nº total de segmentos	1490
Comprimento total dos canais	987,58 km
Ordem hierárquica (Strahler)	7 ^a
Largura máxima	22,867 km
Comprimento máximo	23,758 km
Índice de Circularidade	0,468
Fator de forma	0,87
Coeficiente de compacidade	1,4506
Densidade Hidrográfica	3,03 canais/Km ²
Densidade de Drenagem	2,0123 km/km ²
Coeficiente de Torrencialidade	6,1093
Relação área/perímetro	1,0722

Fonte: elaborado pelos autores.

A morfometria revela uma predisposição natural da bacia ao desenvolvimento de inundações. A bacia é de 7ª ordem, indicando uma extensa e ramificada rede de drenagem. Diversos autores concordam que a descarga aumenta exponencialmente em função da ordem hierárquica do canal, ou seja, bacias de ordem elevada tendem a drenar um volume de água também muito elevado, como é o caso da bacia do Rio Luís Alves.

A área da bacia (490,775km²) tem sido muito relacionada com a sua descarga. Anderson (1957 apud ACREMAN & SINCLAIR, 1986) identificou uma relação entre a área da bacia e muitos índices de inundação. A área muito extensa indica uma vazão máxima muito grande, mas, no entanto, sem grande tolerância a perturbações no sistema.

O perímetro da bacia (114,766 km²) é muito elevado. Zãvoianu (1985) demonstrou que quanto maior o perímetro da bacia, maior o número de canais de primeira ordem. Como o escoamento superficial se inicia por estes canais, têm fundamental importância na análise da intensidade dos eventos de inundação. Foi muito relacionado com o “pico da descarga” (SOUZA, 2005 apud MORISAWA, 1962), de modo que um grande número de canais de 1ª ordem conduz a um rápido fluxo de água para fora da bacia, bem como mais chuva sendo conduzida para fora das cabeceiras, muito mais do que pela infiltração no solo.

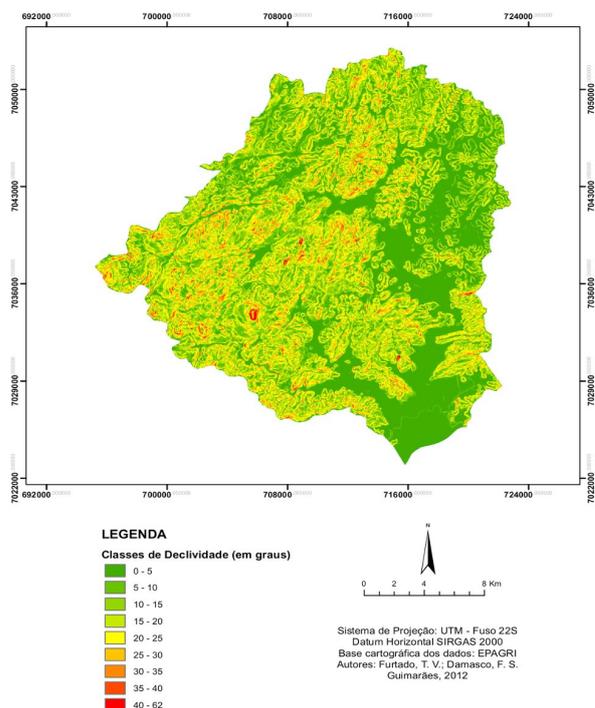
O canal principal – Rio Luís Alves – tem um comprimento considerável. Passando por 5,7 km, o rio cruza dois municípios drenando uma série de canais secundários. O comprimento máximo da bacia encontrado foi de 13,758km. Alguns autores utilizaram o comprimento canal principal para modelar a duração do pico de uma inundação em hidrógrafas (ACRAMAN & SINCLAIR, 1986 apud SOUZA, 2005), porque há uma relação com o tempo que as águas de inundação levam para percorrer toda a bacia, das cabeceiras até sua foz (ZĂVOIANU, 1985).

O Índice de Circularidade da bacia foi igual a 0,468. Este índice foi considerado por Morisawa (1962) como a expressão areolar que melhor relaciona-se com o fluxo hortoniano. No entanto, o índice de circularidade pareceu não aplica-se muito bem ao caso desta bacia, pois indicaria uma forma mais linear do que circular, enquanto a bacia do Rio Luís Alves, é mais circular. Isto pode ser melhor percebido através do fator de forma (0,87) que, quando alto, indica bacias mais circulares e com mais suscetibilidade ao desenvolvimento de inundações.

A densidade hidrográfica (3,03 canais/km²) e a densidade de drenagem (2,0123 km/km²) são importantes parâmetros para averiguar a predisposição natural de uma bacia ao desenvolvimento de inundações. O seu produto gera o coeficiente de torrencialidade, que é o parâmetro mais utilizado na predição de inundações. A densidade hidrográfica traz indicações sobre a resposta da bacia aos processos de escoamento superficial. A densidade hidrográfica indica um pequeno número de canais para uma grande área o que, em momentos de torrencialidade, pode gerar problemas para talvegues. De igual modo, bacias com alta densidade de drenagem, como é o caso da bacia em estudo, e portanto, com baixa capacidade de infiltração, declividades médias e pouca cobertura vegetal, possuem rápida concentração de inundações, corroborando a ocorrência de *flash floods*.

A análise morfométrica engloba também o estudo dos declives, que são de vital importância para o entendimento da dinâmica da paisagem, uma vez que às diferenças de nível estão associados inúmeros processos geomorfológicos. Pela análise da figura 5, pode-se inferir que as áreas mais declivosas são as localizadas na porção oeste/noroeste da bacia, caracterizadas pela formação gnaisse-granulítica Luis Alves, ou seja, uma área de embasamento cristalino, muito antiga e com elevadas altitudes. Já na porção leste/sul da bacia predominam os pequenos declives, devido às extensas planícies de alúvio-colúvio formadas. Algumas declividades maiores podem ser aí também encontradas e justificam-se pela ocorrência das cabeceiras de drenagem em anfiteatro.

Figura 5 – Declividade da bacia do Rio Luís Alves.



Fonte: elaborado por Thales Furtado e Fernando Damasco, 2012.

Regime pluviométrico

As análises pluviométricas demonstraram que o número de dias de chuva está entre 140 a 150 dias/ano na região mais ao norte do município de Luís Alves, ficando entre 130 e 140 dias/ano na área sul e central e aumentando em direção a oeste, atingindo 150 dias/ano. O total anual de precipitação está entre 1600 a 1800 mm na porção leste do município e, apesar do número de dias de chuva ser maior na região oeste, a precipitação total anual é menor que na região leste (entre 1.400 e 1.600 mm), podendo sofrer variações significativas na série histórica.

Para análise neste trabalho, foi analisada uma série histórica cedida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina, relativa à estação meteorológica de Luís Alves. A série é composta de valores de precipitação desde 1941. Na série, há alguns anos com falhas na aferição dos valores, motivo pelo qual não foram considerados na análise.

No tratamento dos dados, foi utilizado o valor máximo de chuva de cada mês, de modo a identificar os picos de chuva ao longo dos anos. Depois, estes dados foram ordenados em ordem decrescente, de modo que ficassem claros os maiores valores de precipitação já registrados na bacia. A partir dos dados ajustados, foi calculado então o Índice de Recorrência, que, neste caso, será aplicado às precipitações. Como definiu Christofolletti (1981), através da seguinte fórmula:

$$TR = \frac{N + 1}{M}$$

na qual TR = tempo de retorno, N = número total de eventos considerados na série, M = número de ordem na escala organizada

Pelos resultados analisados, percebe-se que a chamada precipitação centenária aconteceu em 2008, sendo possível perceber uma periodicidade de 50 anos e depois de 25 anos. Acerca desta última, vêm a confirmar a conclusão a que chegou Ab'Sáber (2009), quando defendeu uma periodicidade das chuvas destruidoras em Santa Catarina de 26 em 26 anos:

(...) A revanche das águas se traduz por “bigornas” causando pancadas de gravíssimos impactos sobre o mundo urbano. O mais importante é saber, porém, que essas incontroláveis “trombas-d’águas” têm uma periodicidade de 12 em 12 anos (ou 26 e 26 anos) em razão da influência multiespacial provocada por “El niño”. As primeiras notícias sobre chuvadas agressivas na região de Blumenau dizem respeito ao ano de 1961.(...) Os acontecimentos do ano de 1984, entretanto, ficaram nas recordações tristes de pessoas que ainda vivem (2008). (...) Somente 25 anos depois aconteceram os incríveis e impensados desastres de novembro de 2008. É essa periodicidade que precisa ser mais bem analisada, já que, entre 1961 e 1984, decorreram 26 anos, enquanto entre 1984 e 2008 o interespaço de tempo envolveu 24 anos, uma periodicidade perfeita.

A bacia do Rio Luís Alves é muito propensa ao desenvolvimento de inundações, sobretudo, aquelas que convencionamos chamar de *flash floods*, isto é, inundações bruscas, caracterizadas pelo grande volume do fluxo e pelo pequeno tempo de concentração. Esta grande propensão deve-se a uma série de fatores em interação dinâmica, os quais serão discutidos nos próximos parágrafos.

A periodicidade climatológica da bacia também é fundamental. Em um sistema muito influenciada pela ocorrência do *El Niño*, e pela manifestação da Zona de Convergência do Atlântico Sul, a extração de normais climatológicas torna-se muito complicada e, por vezes, não são suficientes para a detecção de padrões. De acordo com Ab'Sáber (2009), há uma periodicidade de 25 anos nas inundações, o que representa um dado fundamental para os sistemas de ornamento e gestão do território.

Uso da terra

A área de estudo é considerada zona rural do Municípios de Luís Alves, onde ainda existem estradas não pavimentadas e muita agricultura na região, sendo esta a principal atividade econômica da área em questão. A bananicultura é o cultivo que recebe maior destaque, no qual faz do município o segundo maior produtor do Estado. A banana é cultivada no sopé das elevações cristalinas, em áreas muitas vezes considerada de riscos, além do que a banana é uma espécie com raiz pouco profunda, não fixa ao solo, fato que faz com que aumente o escoamento superficial e consequentemente o risco tanto de movimento de massa quanto de inundação. Além da banana, são cultivados também na região, principalmente nas planícies fluviais, cana-de-açúcar, palmeiras e arroz, que em casos de inundação bruscas, são completamente danificados.

As áreas de planícies fluviais são vulneráveis e suscetíveis aos riscos relacionados a inundação, primeiramente devido a própria geomorfologia local, que causa um estrangulamento no contato das áreas altas com a planície fluvial, no qual aumenta a energia de chegada dos fluxos e e por apresentar muitas zonas de contribuição para a planície fluvial.

Esses fatores ligados a falta de planejamento da região, no que diz respeito a ocupação humana em áreas de alto risco na planície fluvial, às margens do leito do rio e em terraços dentro da planície de inundação, além do próprio uso da terra para a agricultura fazem aumentar expressivamente as áreas de risco nessa localidade.

A bacia do Rio Luís Alves tem característica predominantemente agrícola e pecuarista. A área urbana é pequena, no entanto, encontra-se situada ao longo do vale do rio principal.

A vocação agrícola do território não mitiga os riscos de inundação. Pelo contrário, a ocorrência de inundações tem causado uma série de prejuízos, tanto humanos como econômicos, aos produtores rurais.

Apesar de poucos autores terem já se dedicado aos estudos sobre o impacto da ocorrência de inundações sobre o ambiente rural, estes eventos são um risco para o equilíbrio do sistema agrícola e pastoril. No âmbito da agricultura, as enchentes são um enorme risco devido à fragilidade de alguns gêneros agrícolas ao forte escoamento superficial, como é o caso da olericultura. No caso da pecuária, o afogamento do gado é um problema frequente.

Ademais, na sede do município, onde a mancha urbana é mais densa, a ocorrência de inundações tem ocasionado muitos danos à população. Deve-se somar ao risco de inundação, o fato de que muitas edificações estarem localizadas em vertentes instáveis, o que significa um risco tanto hidrológico, como também geomorfológico.

Carta de inundações

A elaboração da carta de inundações é muito difundida nos meios científicos e nas instituições responsáveis pela gestão territorial, entretanto, pouco se tem escrito sobre a metodologia de sua realização.

Para este estudo de caso, a carta de inundação foi elaborada a partir dos dados fluviométricos da Estação Fluviométrica do Rio Luís Alves. Para efeito de análise, foi trabalhada uma série histórica da cota atingida pelo rio, que vinha sendo colhida desde o ano de 1929. De modo a oferecer maior fiabilidade ao resultado, somente foram utilizados dados referentes a anos em que a aferição foi feita durante todos os meses, de modo a excluir anos com problemas de aquisição de dados.

Os dados foram, então, elencados e, a partir do campo “cota máxima por mês”, a série foi classificada em ordem decrescente. Como resultado na parte superior da série, tínhamos os maiores valores de inundação já registrados no Rio Luís Alves. Foi calculado, então, o índice de recorrência de inundações. A partir do cálculo do IR, teve-se o período de recorrência de cada metro de inundação registrado, conforme ilustra a tabela 2.

Tabela 2– Relação entre a cota do rio e o tempo de recorrência

Cota atingida	Tempo de recorrência aproximado
7m	61 anos
6m	7 anos
5m	1,5 ano
4m	Todos os anos
3m	Todos os anos
2m	Todos os anos

Fonte: elaborado pelos autores.

Paralelamente, com os dados de hidrografia, pontos cotados e curvas de nível da área de estudo, foi gerado o Modelo Digital de Elevação. O modelo foi gerado pela ferramenta *Topo to Raster* do *software ArcGIS*.

Para a modelagem de cenários de ocorrência de inundação, foi feita a hierarquização dos corpos d'água de acordo com a metodologia de Strahler. Na modelagem, foram excluídos os canais que apresentavam uma ordem igual ou inferior à terceira. Isso deve-se ao fato de que os canais de ordens inferiores não apresentam quadros de inundação.

Os vetores de hidrografia, originalmente arquivos de linhas, foram transformados em pontos através da ferramenta *Feature to point*. Seguidamente, foi realizada a extração dos valores dos pontos, com base no MDE anteriormente gerado. Esse procedimento foi possível através da ferramenta *Extract values to point*.

A partir de então, foram criados novos campos na tabela de atributos do arquivo de pontos, de modo a registrarem as cotas atingidas pelo rio, em termos dos valores do MDE. Para tanto, para cada campo da tabela de atributos foi adicionada a seguinte expressão:

$$C = CR + AN$$

na qual C = cota atingida, CR = cota normal, NA = aumento do nível

Equação 6

A partir de então os pontos foram interpolados através do método *Inverse Distance Weighted* (IDW). Como resultado, obteve-se 6 superfícies, nas quais cada célula possui um valor interpolado da cota que é atingida pelas águas.

A espacialização das áreas atingidas pelas águas se dá pelo cruzamento de cada superfície com o seu MDE. Esse procedimento foi feito pela ferramenta *Raster Calculator*. A operação foi: $\text{Altitude MDE} \leq \text{Cota de inundação}$.

Com esta operação, se o pixel apresentar altitude inferior à cota de inundação é tido como “inundado”. Caso contrário, é classificado como “seco”. O produto cartográfico desta metodologia está representado na figura 6.

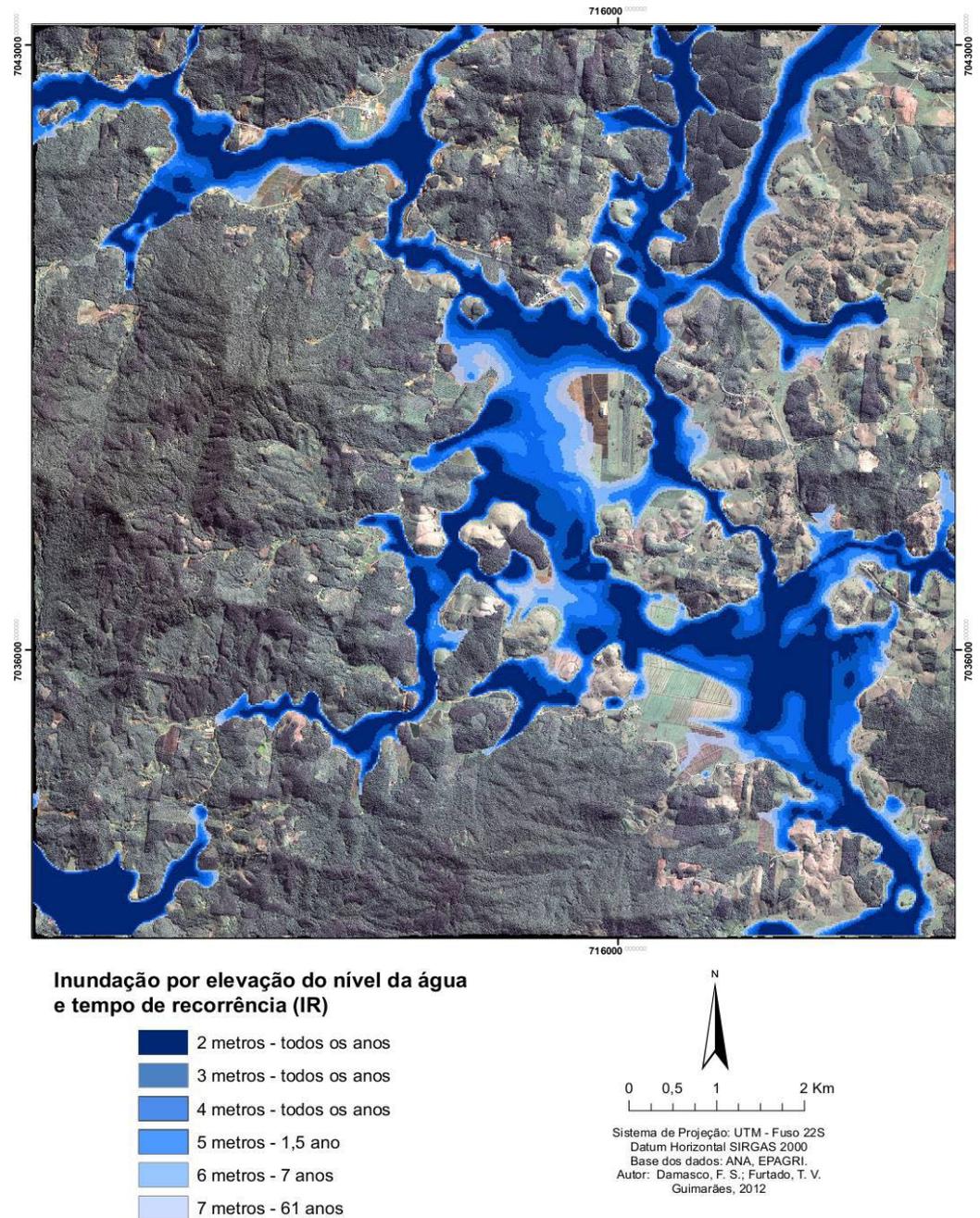
Os produtos cartográficos produzidos denotam a gravidade da ocorrência de inundações na área de estudo. Pela carta de inundação, percebe-se que a população que vive no leito cheia pode ser muito atingida, bem como extensas áreas de cultivo agrícola podem ser devastadas.

A área onde está localizada a sede do município de Luís Alves, bem como a mancha urbana mais significativa, seria inundada em um evento de inundação de ordem frequente.

Nas áreas onde o rio Luís Alves foi retificado com fins de aumento da área agrícola, onde os sinais da ação antrópica são marcantes ainda na imagem de satélite, com a presença de meandros abandonados e desviados, o risco é intensificado, sendo a mancha que representa as inundações muito alargada. Isto pode ser um indicativo dos impactos da interferência do homem no sistema fluvial. Os canais retificados tendem a apresentar um fluxo mais veloz, do tipo enxurrada. A falta de meandros faz com que a água escorra com mais velocidade e energia, o que aumenta o potencial destrutivo das grandes enxurradas. Ademais, com o canal retificado e o aumento repentino do nível do rio, as águas do rio podem atingir o seu leito maior, de modo a corroborar a erosão laminar, o que muito prejudicial às hortas e arrozais presentes na região. De igual modo, a presença de canais perpendiculares ao rio principal para auxiliar na irrigação pode ser um atenuante deste cenário, pois podem fazer o efeito inverso, carregando grandes volumes de água misturada com sedimentos lamosos para os campos agrícolas.

Já na área mediantemente urbanizada do município de Luís Alves, o aumento do nível do rio pode ser extremamente prejudicial aos pequenos agricultores. Há que destacar que nesta área passa uma importante via de acesso ao município que, em cenários de inundação, fica completamente tomada pelas águas, dificultando o acesso à sede municipal.

Figura 6 – Carta de inundação para a área de estudo.



Fonte: elaborado por Fernando Damasco e Thales Furtado, 2012.

Considerações finais

No Brasil observa-se a cada ano um aumento relativo a ocorrência de desastres naturais em seu território, muito automaticamente o associam a uma possível alteração climática ou ao próprio “aquecimento global”, mas isso pois não estão a observar detalhadamente os fatos, a ocorrência desses eventos ao longo da história e ao aumento populacional e a respectiva ocupação desordenada do território, em locais já susceptíveis a riscos naturais.

As inundações consistem em um dos riscos naturais com maior frequência de ocorrência no Brasil e o que causa mais danos, incluindo mortes em muitos casos. O evento é um episódio natural de ocupação do curso d'água à sua planície de inundação, em momentos extremos em que o fluxo de água supera a capacidade de vazão dentro do leito, não é um processo comum, acontecendo apenas com excesso de precipitação e assoreamento do canal de drenagem. Porém pode ser potencializado com a interferência das atividades humanas, no que diz respeito ao seu uso e ocupação, da planície de inundação, e das encostas, impermeabilizando o solo e aumentando o escoamento superficial para dentro dos canais de drenagem assim também como algumas outras obras de engenharia efetuadas dentro do leito do rio.

A identificação de áreas inundáveis na planície de inundação, através de produtos cartográficos e modelos de simulação de inundação, serve eficazmente como ferramenta para a gestão e ordenamento do território assim como para prevenção e mitigação de desastres e socorro em casos inevitáveis. Um sistema de gerenciamento de áreas inundáveis dentro de uma bacia hidrográfica, implica conhecer o problema através do mapeamento dos riscos, hierarquizados em seus diferentes níveis de potencialidade perigosa, para poder planejar e estabelecer medidas preventivas, corretivas e administrativas para controlar o uso e ocupação dessas áreas.

Dessa forma, através dos cruzamentos dos dados, de uso e ocupação do solo, declividade, modelos de simulação de inundação com base nos eventos de inundação históricos, e através de análises morfométricas da bacia hidrográfica, tudo com a contribuição das geotecnologias, mais propriamente dita, com a ajuda do Sistema de Informação Geográfica com o software ArcGis, foi possível estabelecer um produto cartográfico com a delimitação das áreas inundáveis e de risco de inundação para a área de estudo, podendo ser utilizada a mesma metodologia para qualquer outra bacia hidrográfica, fazendo-se as devidas adaptações.

Agradecimento

À ANA e à EPAGRI pelos dados cedidos, fundamentais ao nosso trabalho.

Ao Departamento de Geografia da Universidade do Minho, onde desenvolvemos esta pesquisa, pela acolhida em nossa mobilidade acadêmica internacional.

Referências

AB'SÁBER, A. N. A propósito da periodicidade climato-hidrológica que vem provocando grandes crises em Santa Catarina. **Estudos Avançados**, 23 (67): 298-306, 2009.

ACREMAN, M. C. & SINCLAIR, C. D. Classification of drainage basins according to their physical characteristics and application for flood frequency analysis in Scotland. **Journal of Hydrology**, 1986, 84: 365-380.

APEL, H. et al. Flood risk analysis – how detailed do we need to be? **Nat Hazards**, 49: 79-98, 2009.

ARNAUD-FASSETTA, G. et al. Fluvial geomorphology and flood-risk management. **Rev. Géomorphologie**, 2: 109-128, 2009.

Geografia Ensino & Pesquisa, v. 18, n.1, p. 99-118, jan./abr. 2014.

Damasco, F. S.; Furtado, T. V.; Bento-Gonçalves, A. J.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

CUTTER, S. L. **Living with risk: the geography of technological hazards**. Edward Arnold, 1993.

DAUPHINÉ, A. **Risques et catastrophes**. Observer-spatialiser-comprendre-gérer. Paris: Armand Colin, 2001.

FAUGÈRES, L. **La dimension des faits et la théorie du risque: le risque et la crise**. Malta: Foundation for International Studies, 1990.

_____. La géo-cindinique, géo-science du risque. **Bulletin de l'association de Géographes Français**, Paris, 1991. p. 179-193.

FIGUEIREDO, M. C. H. et al. O complexo granulítico de Santa Catarina: um arco insular arqueano? **Boletim IG-USP**, São Paulo, 9: 35-40, nov. 1991.

FERNANDES, S. O uso da imagem do satélite IKONOS II para mapeamento de cenários suscetíveis à risco de deslizamentos estudo de caso: sub-bacia Ribeirão Sorocaba, Santa Catarina. 130 f. **Dissertação** (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GILARD, O. Flood risk management: flood cartography for objective negotiations. In: BOGARDI, J.J. et al. **Risk, reliability, uncertainty, and robustness of water resources systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

HARTMANN, L. A.; SILVA, L. C.; ORLANDI FILHO, V. Complexo granulítico de Santa Catarina - Descrição e implicações genéticas. **Acta Geológica Leopoldensia**, v.3, n.6, p.93-112, 1979.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986.

LOURENÇO, L. **Cadernos de trabalhos práticos de Geografia Física**. Coimbra: Faculdade de Letras, 1988.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambient. soc.**, Campinas, v. 7, n. 2, Dec. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2004000200006&lng=en&nrm=iso>. access on 10 Feb. 2014.

MORISAWA, M. E. Quantitative Geomorphology of Some Watersheds in the Appalachian Plateau. **Geological Society of America Bulletin**, 73: 1025-1046, 1962.

PLATE, E. J. Flood risk and flood management. **Journal of Hydrology**, 267: 2-11, 2002.

PRADHAN, B. Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, **GIS and remote sensing. Journal of Spatial Hydrology**, vol. 9, n. 2, 2009.

REBELO, F. Riscos naturais na legislação portuguesa. **Territorium**, 10: 5-8, 2003.

SERRANO, I. G. Modificações impostas às atividades agropecuárias pelo desastre de 2008, nas planícies do Ribeirão Sorocaba, Luís Alves /SC. 68 f. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Departamento de Geografia, Centro de Ciências da Educação, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SIGA JÚNIOR, O. Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal. 212f. **Tese** (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

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

SOUZA, C. R. G. Suscetibilidade Morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6, 1: 45-61, 2005.

TELES, V. M. B. A (In)consciência dos Riscos Naturais em Meio Urbano. Estudo de Caso: O Risco de Inundação no Concelho de Braga. **Tese de Doutorado**. Portugal: Uminho, 2010.

UNDRO (1979) **Natural Disasters and Vulnerability Analysis, Report of Expert Group Meeting** 9-12 July 1979. Geneva: Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, 1979.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION, UNISDR . Terminology on Disaster Risk Reduction. In: _____. **Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives**. Geneva: Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, 2009.

UNISDR – UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION, UNISDR . Terminology on Disaster Risk Reduction. In: _____. **Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives**. Geneva: Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, 1990.

VARNES, D. J. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. **Natural Hazards**, 3, UNESCO, 1984.

VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

WESTEN, C.J.; VAN ASCH, T.W.J.; SOETERS, R. Landslide hazard and risk zonation: why is it still so difficult? **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, 2006, p. 167 – 184.

ZĂVOIANU, I. (1985) Morphometry of Drainage Basins. **Developments in Water Science**, v. 20. Elsevier, 1985.

Geografia Ensino & Pesquisa, v. 18, n.1, p. 99-118, jan./abr. 2014.

Damasco, F. S.; Furtado, T. V.; Bento-Gonçalves, A. J.

Correspondência

Fernando Souza Damasco

E-mail: fernandodamasco@id.uff.br

Recebido em 7 de maio de 2013.

Revisado pelo autor em 10 de fevereiro de 2014.

Aceito para publicação em 5 de março de 2014.