

# Zoneamento e classificação das áreas de risco a inundação no município de Alegrete, RS

## Zoning and classification of the risk areas in flood Alegrete, RS

Daniel Junges Menezes\*, Luís Eduardo de Souza Robaina \*\*, Romario Trentin\*\*\*

\* Ministério da Economia, Secretaria do Patrimônio da União, e-mail: danieljunges@hotmail.com

\*\* Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, e-mail: lesrobaina@yahoo.com.br

\*\*\* Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, e-mail: romario.trentin@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v50i0.69424>

### Resumo

O risco é uma função da ocorrência de um evento potencialmente perigoso e do grau de exposição da população, definido pela vulnerabilidade. O objetivo desse trabalho é a identificação e mapeamento das áreas sujeitas à ocorrência de inundação que resultem em danos e ameaça à sociedade no município de Alegrete (RS). A integração do perigo de ocorrência de um evento, causador de danos, com os condicionantes de vulnerabilidade da área afetada permitiram a hierarquização de riscos. O índice é apresentado em valores agrupados em classes, sendo estabelecido Risco baixo, Risco moderado, Risco médio, Risco alto e Risco muito alto. O risco mais elevado (R5) ocorre para 32 edificações localizadas, principalmente, na foz do arroio Regalado quando deságua no rio Ibirapuitã, no bairro Canudos. Estas edificações se localizam em áreas com tempo de recorrência de 2 anos e vulnerabilidade de média a alta. Nas condições de risco alto (R4) mais 179 edificações são afetadas. Esse grau de risco é caracterizado por condições severas de tempo de retorno de 2 anos, mas com vulnerabilidade caracterizada por áreas bem estruturadas em termos de infraestrutura e padrão de construção e, também, associado a áreas de tempo de retorno de 5 anos e vulnerabilidades de médio a alta.

**Palavras-chave:** Inundação, Zoneamento de áreas de risco, Desastres

### Abstract

Risk is a function of the potentially dangerous event and the degree of exposure of the population, vulnerability. The objective of this work is the identification and mapping of areas subject to the occurrence of flooding that result in damage and threat to society in the municipality of Alegrete (RS). The integration of the danger of the occurrence of a damaging event with the conditions of vulnerability of the affected area allowed the risk hierarchy. The index is presented in values grouped into classes, establishing Low Risk, Moderate Risk, Medium Risk, High Risk and Very High Risk. The highest risk (R5) occurs for 32 buildings located mainly at the mouth of the Regalado stream when it flows into the Ibirapuitã river in the Canudos neighborhood. These buildings are located in areas with a recurrence time of 2 years and medium to high vulnerability. In high risk conditions (R4) over 179 buildings are affected. This degree of risk is characterized by severe 2-year recurrence, but with

vulnerability characterized by well-structured areas in terms of infrastructure and construction pattern. The high risk, also is associated with 5-year recurrence but with medium to high vulnerabilities.

**Keywords:** flooding, zoning of risk areas, disaster

## I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de aglomerados urbanos juntamente com crescimento e adensamento demográfico, característicos do século XX, ocasionaram profundas alterações na relação sociedade/natureza. Mudanças climáticas e desequilíbrios ambientais ocorridos em diferentes escalas, somadas às estruturas econômicas e sociais excludentes e desiguais, também têm contribuído para o aumento do número de desastres e para a intensificação de suas consequências.

As inundações, conforme apontam os dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, são eventos naturais que causam grande perdas e danos no Brasil. O número de pessoas diretamente expostas (deslocados, desabrigados ou desalojados) por desastres de origem hidrológica (inclusos também os alagamentos) é superior a 4 milhões de pessoas (UFSC / CEPED, 2012).

A abordagem do risco associado a inundações, demanda uma perspectiva integradora que englobe natureza e sociedade. Neste sentido, destaca-se que a Geografia aborda as relações sociais e as traduções espaciais presentes no risco, analisando as interações entre sociedade e natureza de forma espacialmente localizada, atribuindo valor aos lugares, aos seus habitantes e suas características, para compreensão dos desastres naturais (VEYRET, 2007; REBELO, 2008; CUTTER et al., 2003).

Veyret (2007, p. 30) adota a terminologia álea para caracterizar um acontecimento possível; podendo ser um processo natural, tecnológico, social, econômico e sua probabilidade de realização. Rebelo (2008, p.8), coloca que “o risco deverá ser considerado função de um processo potencialmente perigoso (álea, para os francófonos, ou hazard, para os anglófonos) e do modo como as populações se expõem a esse processo”.

Portanto o risco pode ser entendido como o resultado da ligação entre a ameaça ou a probabilidade de ocorrência de um evento, e a vulnerabilidade dos elementos expostos ou o fator interno de seletividade da severidade dos efeitos sobre esses elementos. Corroborando com estas concepções a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (CASTRO, 2016, p.28), entende que risco é “relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidentes determinados se concretize, com o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos”.

Neste mesmo sentido, Bertone e Marinho (2013) colocam que a condição de risco, é materializada na ocupação de áreas suscetíveis, expressando a relação do perigo e vulnerabilidade.

O risco não se torna estático ou imutável, no tempo ou no espaço, apresentando variabilidade a partir dos elementos que o configuram e relacionam-se entre si e estabelecem esta condição, como expressam Marandola Júnior e Hogan (2004). Nesse sentido, conforme Kuhnen (2009), dois grupos populacionais podem estar sujeitos ao mesmo perigo, mas podem não apresentar o mesmo risco por não estarem igualmente em situação de vulnerabilidade. Assim, quaisquer alterações que minimizem a vulnerabilidade minimizam os danos e, consequentemente, os riscos.

Considerando os conceitos de vulnerabilidade e de perigo e pressupondo da expressão espacial do risco (localização), por meio da suscetibilidade, Julião et al. (2009) propõem a determinação de diferentes graus de risco, por meio da avaliação do quanto provável é um perigo e estabelecendo valores de vulnerabilidade. Em consonância, Cunha e Leal (2011) colocam que o estudo de riscos naturais, visando o ordenamento do território, deve envolver o estudo da probabilidade temporal (probabilidade) e espacial (suscetibilidade) de ocorrência dos fenômenos perigosos, juntamente com o estudo da vulnerabilidade das comunidades potencialmente afetadas por esses fenômenos.

A configuração de áreas de risco, a partir da ocorrência de inundação (BRASIL – IPT, 2007, MORI E PERRINGS, 2012, ROBAINA E TRENTIN, 2013), está associado a toda área passível de ser atingida por inundação tendo em vista os prováveis danos causados em função da vulnerabilidade. Portanto, inundações tornaram-se mais perigosas à medida que mais e mais pessoas passaram a ocupar as várzeas dos rios gerando modificação de córregos e de toda a planície de inundação.

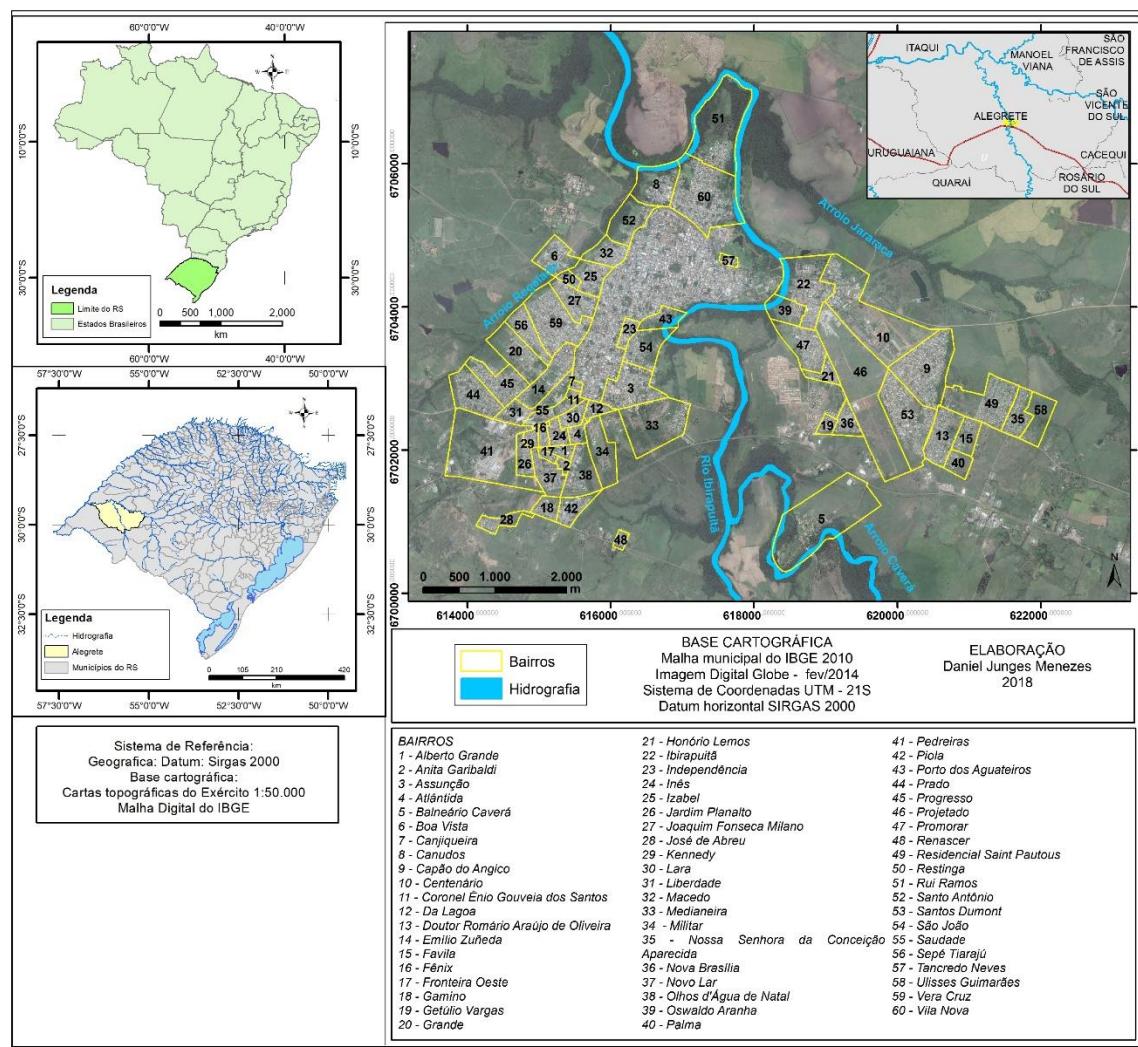
A partir da determinação dos conceitos e definições associados a áreas de risco, o presente trabalho pretende determinar o perigo de inundação com base no tempo de retorno do processo, na identificação da vulnerabilidade da população afetada, estabelecendo o zoneamento e mapeamento das áreas sujeitas à ocorrência de processos de inundação que resultem em danos e ameaça a sociedade na área urbana de Alegrete (RS).

## **II. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

A área urbana do município de Alegrete está posicionada junto ao médio curso da bacia hidrográfica e alocada às margens do rio Ibirapuitã, sendo frequentemente atingida em períodos de extravasamento das águas do rio e de seus tributários. A figura 1 apresenta a localização do município e a espacialização dos diferentes bairros que formam a área urbana.

Os eventos são recorrentes, estendendo-se por grande parte do sítio urbano e afetando uma parte expressiva da sua população, conforme apontam os trabalhos realizados por Kormann et al. (2011), Robaina et al. (2013), Menezes e Scotti (2013).



## Procedimentos metodológicos

A integração do perigo de ocorrência de um evento, causador de danos, com os condicionantes de vulnerabilidade da área afetada permitiram a hierarquização de riscos. Assim, a identificação e avaliação de

risco (R) se deu a partir da análise dos perigos (P) em função do estudo da vulnerabilidade (V), sendo esta relação expressa pela equação 1.

$$R = P \times V \quad (1)$$

O zoneamento das áreas de perigo de inundação foi realizado utilizando as imagens de satélites obtidas gratuitamente a partir do aplicativo SAS Planet, sendo exportadas imagens GeoEye, datadas de agosto de 2016 e fevereiro de 2018, com resolução espacial de 0,5 metro, já mosaicas e georreferenciadas no sistema de coordenadas SIRGAS 2000 - UTM – 21S. A obtenção de um arquivo de estrutura vetorial, se deu por meio da criação de poligonais utilizando-se as ferramentas de vetorização e edição disponíveis no software ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012).

A análise de tempos de retorno das inundações, estabelecida a partir da série histórica de cotas do rio Ibirapuitã, permitiu hierarquizar a ocorrência conforme a probabilidade cumulativa e consequente probabilidade de excedência, sendo então estimados os valores entre 0 a 1 para ocorrência de inundações (onde 1 é probabilidade máxima de ocorrência e 0 a de não ocorrência). Estes índices foram estabelecidos para os seguintes tempos de retorno: TR2, TR5, TR20, TR50 e maior que 50 anos.

Considera-se severidade a capacidade do evento para geração de perdas e danos avaliada, por meio de parâmetros de magnitude do evento, como área atingida e altura da lâmina d'água. Tendo em vista estas duas grandezas, limite máximo de inundação e a elevação do nível da água em metros registrado nas réguas limimétricas, as estimativas de submersão das áreas afetadas puderam ser obtidas. Assim, a diferença entre a cota altimétrica numa dada área e a cota atingida por uma inundação, caracterizam o quanto a água se elevou em dado recorte espacial.

O esquema abaixo (FIGURA 2) representa um perfil simplificado, onde conforme medições de campo, a inundação tem o seu limite na cota de 84 metros, associadas a um rio cuja calha está na cota de 80 metros. A amplitude entre estes dois pontos, rio e cota máxima, marcam a planície de inundação. Projetando-se o valor de 84 metros para todo o terreno até o rio, para toda e qualquer medida altimétrica entre estes dois pontos, a diferença em metros entre essa medida, em relação ao limite de inundação, terá como resultante o nível de submersão ou a altura da lâmina da água naquele ponto, indicando a severidade do processo.

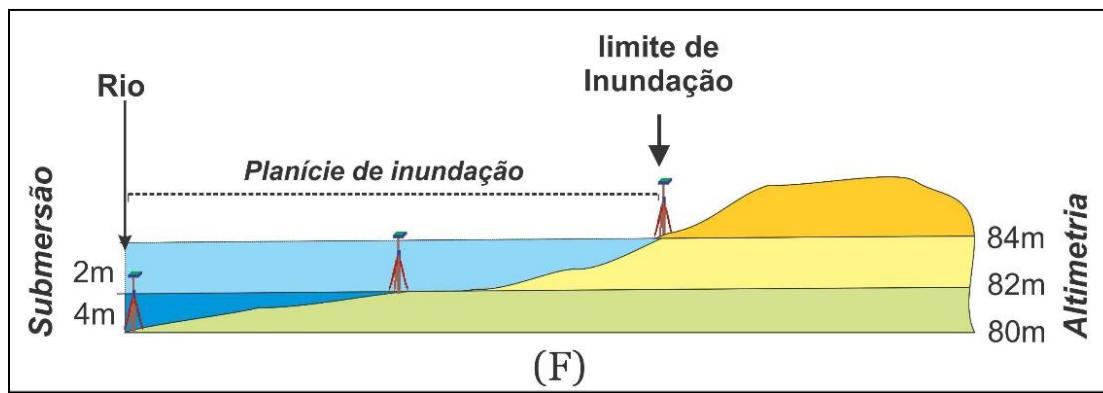


Figura 2 - Cálculo do nível de submersão de áreas inundáveis.  
 Org.: Menezes, 2018.

Deste modo, estabeleceu-se para as inundações o índice de perigo considerando: o tempo de retorno (expresso em probabilidade) e magnitude (severidade). Esta proposta metodológica pode ser expressa a partir da seguinte equação 2:

$$P = [p(TR)] + [Sp] \quad (2)$$

onde, o Perigo “P” é a soma da probabilidade “p” associada a um determinado Tempo de Retorno “TR” e da severidade “Sp”, sendo  $P = (0 \leq P \leq 1)$ .

A análise de tempos de retorno das inundações, foi estabelecida a partir da série histórica de cotas do rio Ibirapuitã. Os índices foram estabelecidos para os seguintes tempos de retorno: TR2, TR5, TR20, TR50 e maior que 50 anos (Tabela 01). Para um tempo de retorno de 2anos a probabilidade de ocorrência é de  $1/p$ , ou seja, de 50% a para cada ano.

Tabela 01 – Tempo de retorno, cotas atingidas e área afetada nas inundações

Tempo de retorno	Cota limimétrica (m)	Cota altimétrica (m)	Área afetada (ha)	Área afetada (%)	Grau de Perigo
TR 2	11,2	77,69	475,1	47,38%	0,918
TR 5	12,7	79,19	151,4	16,10%	0,453
TR 20	13,872	80,36	222,1	21,15%	0,186
TR 50	14,412	81,01	51,3	5,66%	0,101
TR >50	>14,4	> 82	77,2	7,70%	0,073
Total	-	-	1002,5	100%	

Para a análise da vulnerabilidade das áreas afetadas por processos de inundaçõe foram consideradas características dos usos e atividades expostas e padrão das construções (Vus), além de informações

socioeconômicas da população(Vs). Utilizou-se dados do Censo do IBGE (2010), Cadastro Geo Alegrete (escala 1:2.000) da Prefeitura Municipal e Levantamento de Campo e vetorização de feições via interpretação de imagens orbitais.

Foram selecionados 51 setores censitários cuja área intercepta porções sujeitas a inundações, do total de 129 setores que configuram o censo para a área urbana de Alegrete. Dentre o conjunto de variáveis disponíveis, foram selecionadas as variáveis: renda per capita, estratificadas por faixas de salário mínimo. A unidade de quantificação da variável é o número de domicílios.

O padrão da ocupação e tipologia de uso estão definidos na tabela 02 e as informações do Censo estão apresentados na tabela 03.

Para as condições de padrão de ocupação e tipologia de uso utilizou-se 03 níveis de vulnerabilidade (Vus): alto (1), médio (0,75) e baixo (0,5).

As informações retiradas dos setores censitários foram divididas em cinco níveis de vulnerabilidade (Vs): muito alto (1), alto (0,8), médio (0,6), baixo (0,4) e muito baixo (0,2). O cálculo se deu partir do percentual de domicílios em cada uma das classes de renda, multiplicado pelo respectivo peso, sendo o somatório dos percentuais ponderados, o índice de vulnerabilidade para o setor (Vs), conforme a equação 3:

$$Vs = \sum (\%)1 + (\%)0,8 + (\%)0,6 + (\%)0,4 + (\%)0,2 \quad (3)$$

O cálculo do índice de vulnerabilidade foi realizado partir de um banco de dados georreferenciado, onde às edificações foi conferida uma tabela de atributos contendo em suas colunas os critérios analisados e respectivas ponderações. O somatório dos dois valores de vulnerabilidade (Tabela 02 e Tabela 03), dividido por dois, resultou na Vulnerabilidade da área (V), conforme a equação 4:

$$V = (Vs + Vus) / 2 \quad (4)$$

A vulnerabilidade mais elevada ocorre em um setor com moradias de baixo padrão e com 92% de domicílios particulares sem rendimento nominal mensal domiciliar per capita ou com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário mínimo.

Tabela 02 – Agrupamento e pesos utilizados para análise da vulnerabilidade por tipologia de uso (Vus)

Categoria	Agrupamento/Descrição dos critérios	Peso em relação à vulnerabilidade
Residencial	Uso residencial formado por moradias regulares e urbanização ordenada ou semi-ordenada.	0,75
Comércio e serviços	Edificações destinadas à serviços e comércio, públicas ou privadas.	0,5
Residência de baixo padrão	Associadas a ocupações irregulares construídas pelos próprios moradores de maneira rústica e com a presença de um ou dois cômodos. Padrão urbano desordenado	1
Especial	Serviços públicos de infraestrutura muito vulneráveis. Redes de gás e telefone. Estações de abastecimento de água e de tratamento de esgoto, subestações de energia elétrica. Hospitais, clínicas, postos de saúde.	1

Tabela 03 – Agrupamento e pesos utilizados para análise da vulnerabilidade por setores censitários (Vs)

Variável	Agrupamento/Descrição	Peso em relação à vulnerabilidade
V1	Percentual de domicílios particulares sem rendimento nominal mensal domiciliar per capita ou com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário mínimo.	1
V2	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1/2 a 1 salário mínimo	0,8
V3	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários mínimos.	0,6
V4	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 2 a 3 salários mínimos.	0,4
V5	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 3 salários mínimos.	0,2

A estruturação das informações sobre perigo e vulnerabilidade em um banco de dados espacialmente organizado, permitiu a configuração de um cadastro, sendo possível verificar pontualmente situações de risco, por edificações. A espacialização do número de residências, tendo em vista o risco, permitiu estimar o contingente atingido por inundações, considerando o setor censitário que contém cada moradia.

O índice é apresentado em valores agrupados em classes, sendo estabelecido, para a área urbana de Alegrete, os seguintes graus de risco: Risco baixo (R1: < 0,05), Risco moderado (R2: 0,05 - 0,10), Risco médio (R3: > 0,10 - 0,30), Risco alto (R4: > 0,30 - 0,60) e Risco muito alto (R5: > 0,60), conforme a tabela 04.

Foi utilizada a ferramenta *field calculator*, disponível no ArcGIS® (ArcMap 10.1) (ESRI, 2012), que permite operações com valores das variáveis disponíveis na tabela de atributos de arquivos vetoriais. A avaliação da

metodologia proposta para a análise de risco foi realizada através de observações de campo, sendo verificadas as respostas de critérios ou ponderações utilizados, em observância com a área de estudo e hipóteses iniciais a respeito da espacialização do risco e seus componentes relacionados à dinâmica das inundações e elementos expostos.

Tabela 04 - Graus de risco de inundações em função do perigo e vulnerabilidade

Vulnerabilidade	Perigo a partir de diferentes tempos de retorno – TR				
	TR 2 (0,918)	TR 5 (0,045)	TR 20 (0,185)	TR 50 (0,101)	TR >50 (0,073)
+alta	0,877	0,433	0,178	0,097	0,070
0,96	0,763	0,376	0,154	0,084	0,061
0,91	0,648	0,320	0,131	0,071	0,052
0,86	0,803	0,397	0,163	0,088	0,064
0,81	0,689	0,340	0,139	0,076	0,055
0,76	0,574	0,283	0,116	0,063	0,046
0,71	0,689	0,340	0,139	0,076	0,055
0,66	0,574	0,283	0,116	0,063	0,046
0,61	0,459	0,227	0,093	0,051	0,037
0,56	0,606	0,299	0,123	0,067	0,048
0,51	0,491	0,242	0,099	0,054	0,039
0,46	0,376	0,186	0,076	0,041	0,030
+baixa	+alto Perigo			+baixo Perigo	
	Graus de Risco				
MUITO ALTO	ALTO	MÉDIO	MODERADO	BAIXO	

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Risco de inundações na área urbana de Alegrete

O risco expressa tanto a probabilidade de ocorrência, como as consequências causadas pelos eventos. Deste modo, o grau do risco é dado pela combinação da probabilidade de ocorrência do evento, em termos da sua magnitude e, de suas consequências, a partir do impacto nos elementos expostos.

Um ponto capital a compreensão dos riscos associados a inundações na área urbana de Alegrete é o fato que não são apenas os eventos naturais e o regime hidrológico dos rios Ibirapuitã e seus tributários que são determinantes, mas também são o produto de envolventes sociais, políticos e econômicos, que interferem na forma como se estrutura a vida dos distintos grupos de pessoas e como se dá a ocupação no espaço.

Para cada grau de perigo associa-se um cenário de inundações, com variabilidade na área afetada e consequentes danos. Assim, para cada tempo de retorno, existiram variações na estimativa da área e do número

de residências afetadas, com características distintas de vulnerabilidade, acarretando, consequentemente em distintos graus e níveis de risco de inundação na área urbana de Alegrete, essencialmente um produto dessas variáveis.

A distribuição espacial dos processos e análise de risco é dada pela análise do mapa de risco de inundação apresentados na figura 3 (geral), Figuras 4 e 5 (detalhes) da área urbana de Alegrete e na tabela 05, onde está apresentado o número de edificações e população atingida nos diferentes graus de risco.

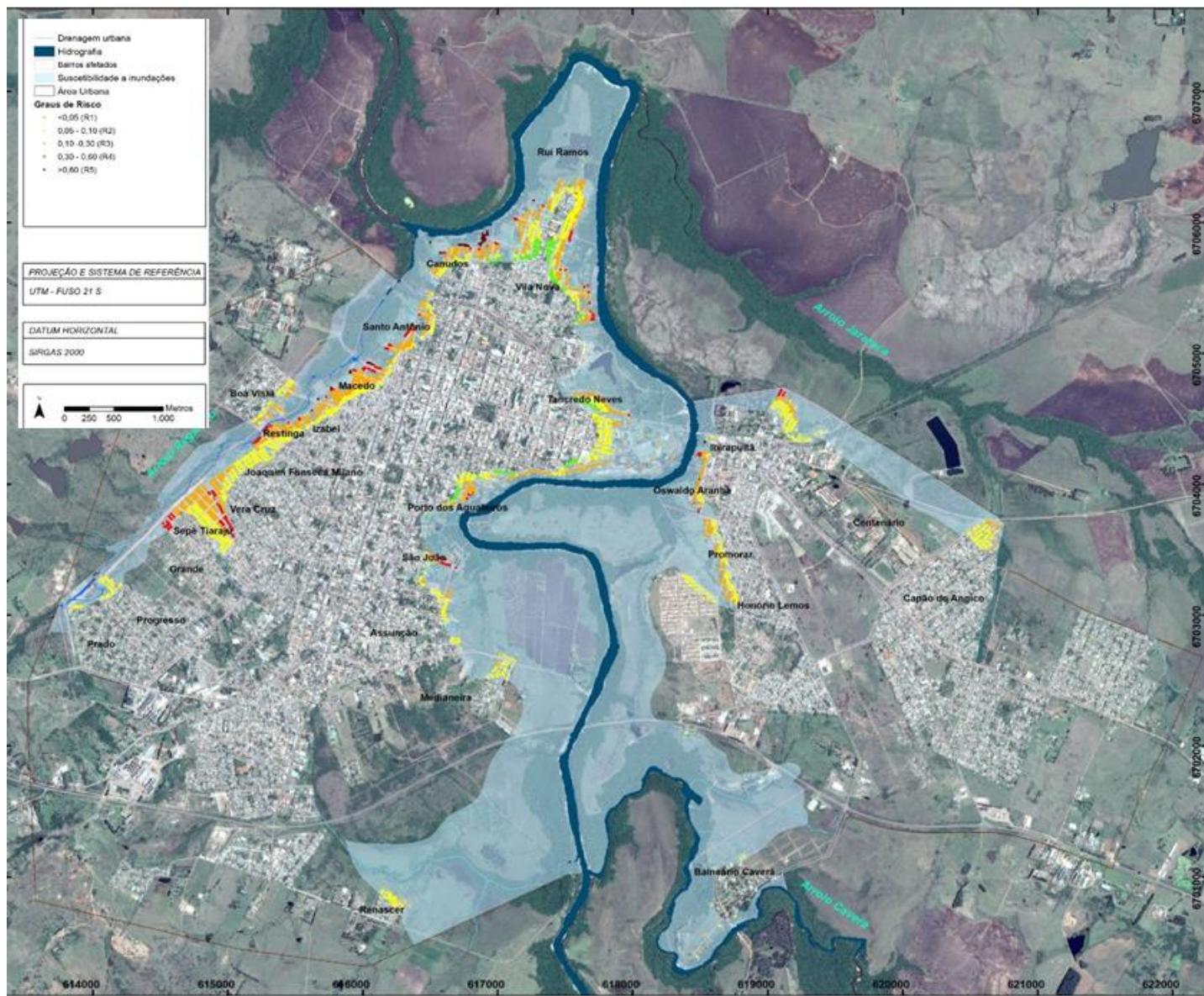


Figura 3 – Distribuição espacial do zoneamento das áreas de risco na área urbana de Alegrete (áreas suscetíveis ocupadas)

Tabela 05 – Relação entre os graus de risco e o número de população e edificações afetadas.

Risco	Edificações	%	População exposta	%
R1	169	5,6%	502	5,4%
R2	1.374	45,7%	4167	45,1%
R3	1.255	41,7%	3899	42,2%
R4	179	5,9%	566	6,1%
R5	32	1,1%	100	1,1%
<b>Total</b>	<b>3.009</b>	<b>100%</b>	<b>9.234</b>	<b>100%</b>

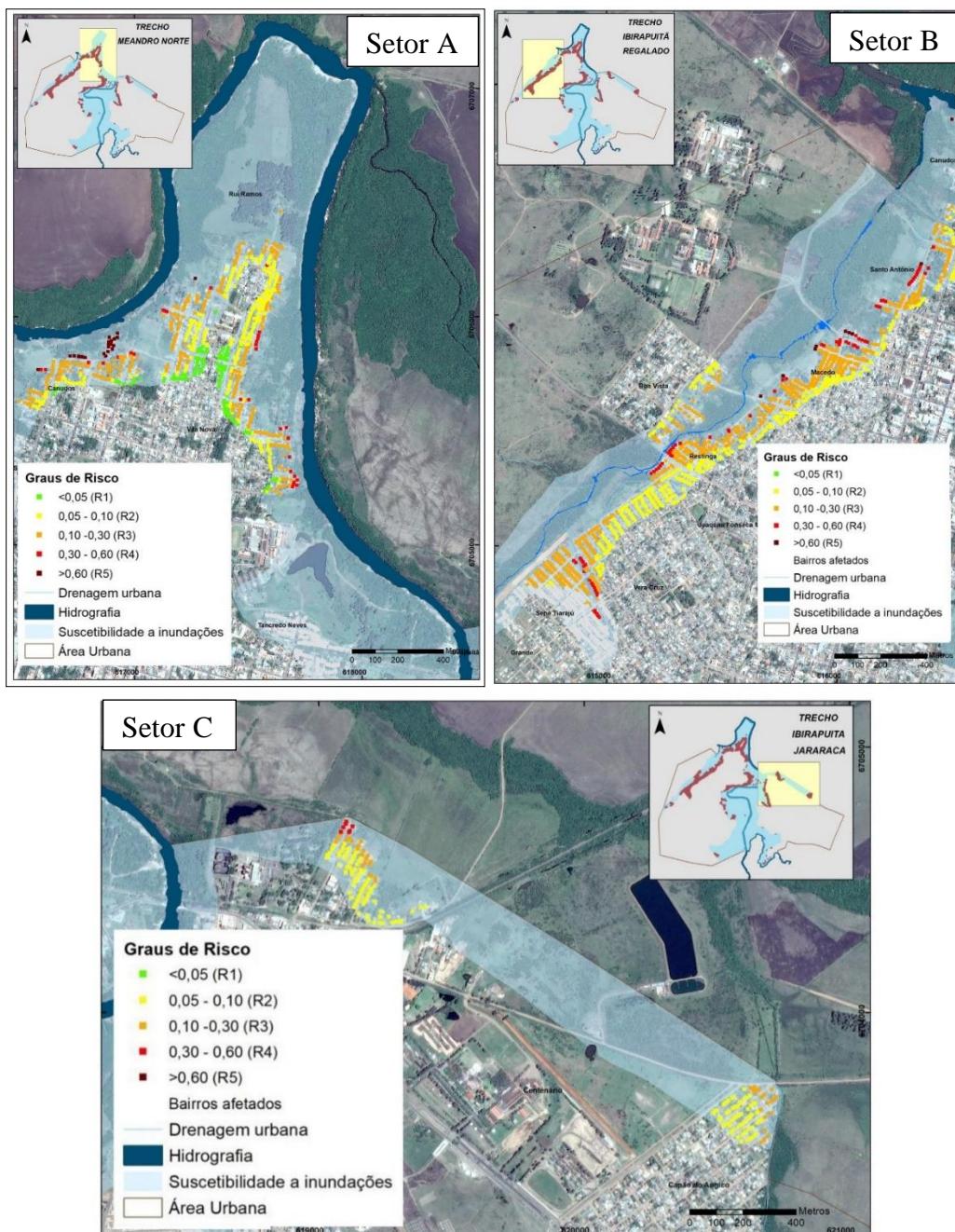


Figura 4 – Apresentação mais detalhada da distribuição espacial das áreas de risco nos setores A, B e C da área urbana de Alegrete

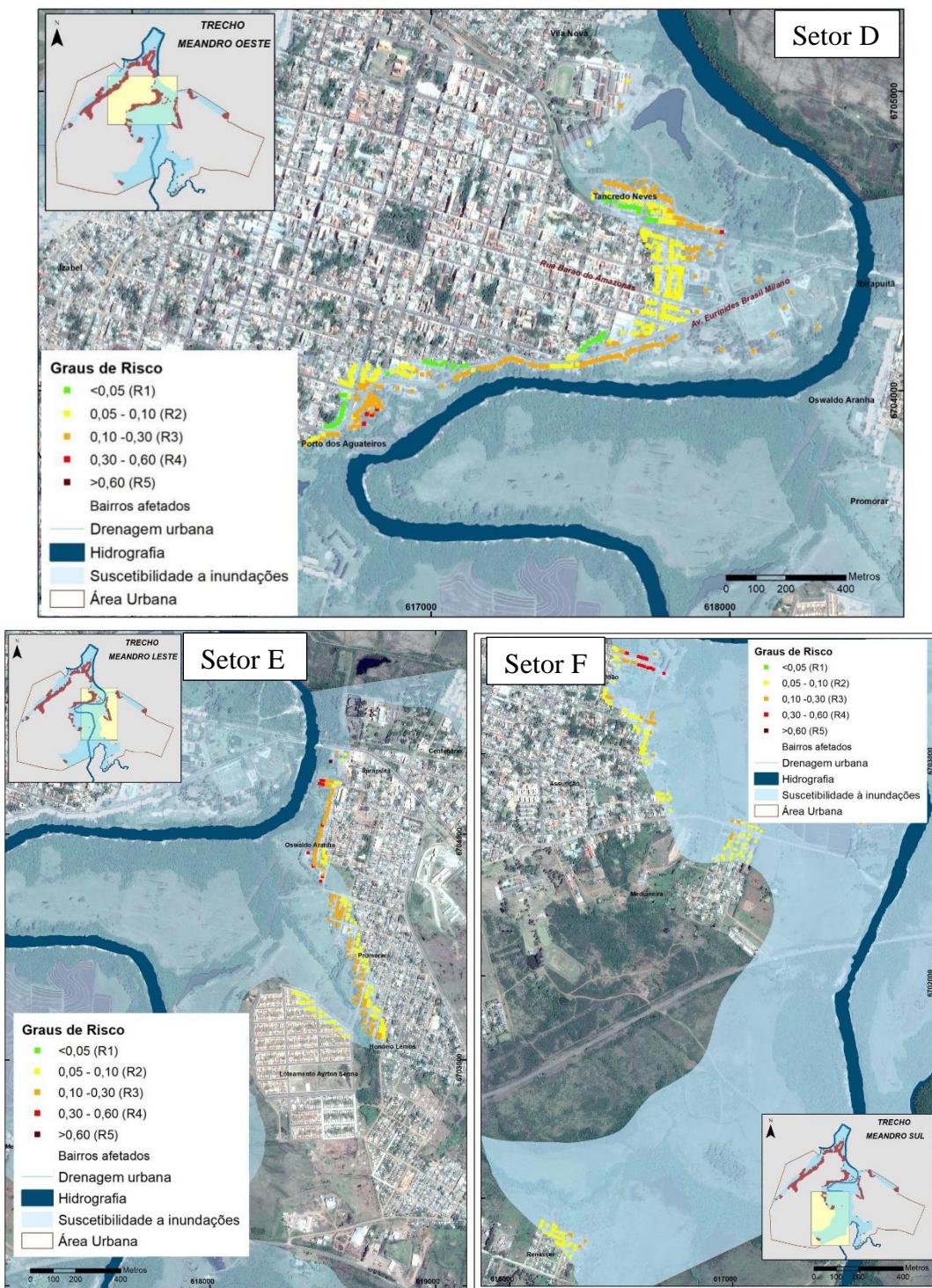


Figura 5 – Apresentação mais detalhada da distribuição espacial das áreas de risco nos setores D, E e F da área urbana de Alegrete

Os dados obtidos mostram que são 3.009 edificações afetadas por inundações na área urbana de Alegrete com população estimada de 9.234 habitantes (Figura 3 e tabela 05). Desses edificações foi considerado o risco mais elevado (R5) para 32 edificações localizadas, principalmente, na foz do arroio Regalado quando deságua no rio Ibirapuitã, no bairro Canudos (FIGURA 4, setor B). Estas edificações se localizam em áreas com tempo de recorrência de 2 anos e vulnerabilidade de média a alta.

Nas condições de risco alto (R4) mais 179 edificações são afetadas e estão, principalmente, localizadas na margem direita do arroio Regalado. Associadas diretamente à área de inundaçāo do rio Ibirapuitã, margem esquerda, ocorrem edificações afetadas nos bairros Rui Ramos (FIGURA 4, setor A), Vila Nova (Figura 4, setor B), Porto dos Agueiros (FIGURA 5, setor D) e São João (FIGURA 5, setor F), enquanto na margem direita, nos bairros Ibirapuitã e Oswaldo Aranha (FIGURA 5, setor E). Ocorrem, também, edificações afetadas em uma área entre a margem direita do rio Ibirapuitã e seu afluente de nome Jararaca (Figura 3). Esse grau de risco é caracterizado por condições severas de tempo de retorno de 2 anos, mas com vulnerabilidade das edificações de média a baixa, ou seja, em áreas bem estruturadas, com vias calçadas, esgotamento pluvial e padrão de construção. Também marca condições de risco alto áreas com tempo de retorno de 5 anos e vulnerabilidades de média a alta.

O risco médio ocorre nas áreas onde as inundações apresentam tempo de retorno de 5 anos e a vulnerabilidade definida está entre média e baixa. O grau de risco médio está representado, também, em áreas com tempo de retorno de 20 anos, com vulnerabilidade entre média a alta. Essas inundações afetam mais 1.255 edificações, que somadas aos riscos alto e muito alto correspondem a 1.466 edificações, causando danos a mais de 4.000 habitantes. O grau de risco médio ocorre em todos os bairros que são afetados por inundações, o que representa uma situação de difícil gestão municipal.

O grau de risco moderado ocorre de forma ampla na área urbana e está representado, principalmente, por um período de retorno de 50 anos. Em tempo de retorno menores, TR de 20 anos, ocorre associado a edificações de baixa vulnerabilidade definidos pela renda, pelo padrão construtivo e por presença de infraestrutura urbana. Nas condições de tempo de retorno superior a 50 anos esse grau de risco está associado a edificações de alta vulnerabilidade. O risco moderado ocorre em 1.374 edificações, afetando, aproximadamente, 4.167 habitantes na área urbana de Alegrete. Quando essa condição é atingida as edificações localizadas em áreas de risco muito alto e alto necessitam intervenções diretas com retirada dos habitantes.

As edificações que são afetadas por inundações com tempo de retorno superior a 50 anos são caracterizadas como risco baixo quando apresentam de média a baixa vulnerabilidade. Nessa condição ocorrem mais 169 edificações com uma população estimada de 500 habitantes. Essas condições ocorrem associadas as curvas fechadas, controladas por estruturas, que ocorrem no rio Ibirapuitã (Figura 3). Afetam os bairros Porto dos Agueiros e Tancredo Neves (FIGURA 5, setor D) localizados na primeira curva e os bairros Vila Nova, Ruy Ramos e Canudos na segunda (Figuras 4, setor A e setor B). Um processo com essa severidade causa danos elevados para os habitantes das áreas mais próximas ao rio Ibirapuitã e tributários que estão submetidos as condições de grau de risco muito alto a médio, necessitando retirada dos habitantes.

O processo de inundação que ocorreu no ano de 2015 está registrado na figura 6 onde está apresentada uma fotografia da inundação no bairro Rui Ramos (Figura 6A), bairro Macedo (Figura 6B) e a partir de uma visada no bairro Boa Vista uma fotografia da inundação do arroio Regalado nos bairros Canudo, Santo Antônio e Macedo (Figura 6C).

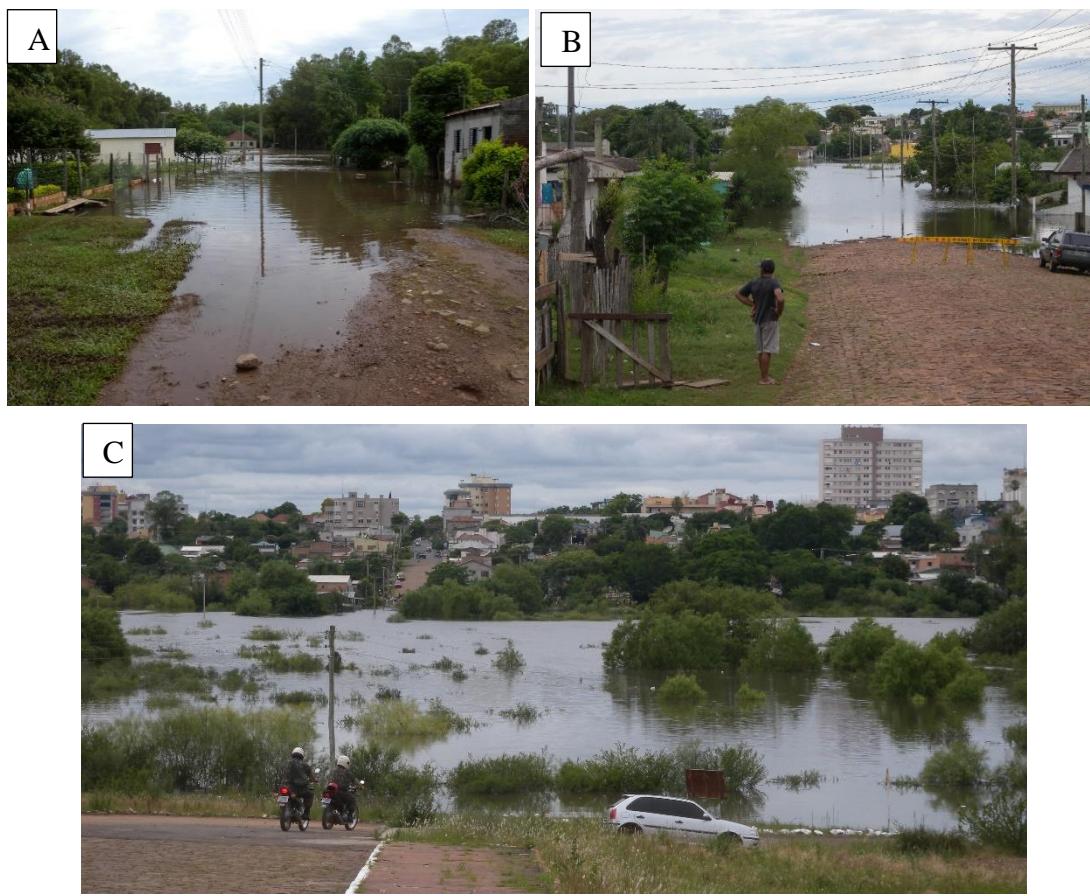


Figura 6 - (A) Fotografia da Rua Joaquim Astrar no Bairro Rui Ramos; (B) Fotografia da rua Barão do Cerro Largo no Bairro Macedo; (C) Vista da entrada do 6º RCB (Regimento de cavalaria blindado) – Bairro Boa Vista da inundaçāo do arroio Regalado e ao fundo o bairro Santo Antônio e bairro Macedo com inundaçāo.

#### **IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As inundações, que ocorrem na área urbana de Alegrete, estão associadas a elementos naturais, que lhe caracterizam a suscetibilidade dado pela área sujeitas a cheias do rio Ibirapuitã. Além disso, se associam ao histórico da ocupação urbana junto as margens do rio e as condições sociais que configuraram a ocupação do espaço na área urbana. Esta coexistência entre cheias do rio e ocupação é expressa na valoração do risco, determinada aqui, pelas relações entre suscetibilidade, perigo e vulnerabilidade e, que apontou um panorama formado por uma significativa área inundável. Apresenta um grande número de edificações afetadas, a partir de diferentes circunstâncias de tempo, abrangência espacial e características intrínsecas a estes elementos expostos.

Para uma grande parcela da área urbana de Alegrete se estabelece uma condição de risco com grande dinamismo, tendo em vista que elementos internos do sistema social e que reduzem a vulnerabilidade podem ser considerados como operantes, de forma independente aos eventos naturais.

O processo de ocupação desordenado e intervenções, podem ser observados nas áreas de risco de toda área urbana de Alegrete, sendo estas submetidas constantemente a transformações espaciais. Portanto, a análise espaço-temporal aqui exposta apresenta uma representação do status atual do risco, podendo ser modificada dependendo das ações de planejamento e gestão que venham a ser desenvolvidas a partir dos dados apresentados. Nesta perspectiva, emerge como um desafio diminuir o risco de inundações na área urbana de Alegrete. Neste ponto, conhecer as áreas afetadas por processo de inundações permite primeiramente mitigar a probabilidade ou seus impactos.

O mapeamento e zoneamento de riscos é, portanto, parte fundamental da gestão, onde se busca reconhecimento e descrição de riscos, tendo como base o contexto estabelecido nas diferentes situações. Por meio desta análise podem ser formuladas respostas ao risco, que permitem conviver com a inundações, reduzindo seus danos.

#### **Agradecimentos**

Agradecemos ao apoio da FAPERGS, CNPQ e do programa de pós-graduação em geografia da UFSM.

## V.REFERÊNCIAS

- BERTONE, P.; MARINHO, C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: a visão do planejamento. In: VI Congresso Consad – Trabalhos Apresentados. Centro de Convenções Ulysses Guimarães. Brasília/DF. 16, 17 e 18 de abril de 2013. 24 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário Dde Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. Comunicação de riscos e de desastres. Curso a distância / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED, 2010. 183 p.
- BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, 176 p.
- CASTRO, A.L.C. Manual de planejamento em defesa civil. Volume III. Acesso em julho de 2016. Disponível em: [http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=1e21076c-73f1-46c2-982a-26fc4c6c332&-groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=1e21076c-73f1-46c2-982a-26fc4c6c332&-groupId=10157)
- CUNHA, L. e LEAL, C.; Natureza e sociedade no estudo dos riscos naturais. Exemplos de aplicação ao ordenamento do território no município de Torres Novas (Portugal). In Passos, M. M., Cunha, L. e Jacinto, R. (Org.). As novas geografias dos países de língua portuguesa. Paisagens territoriais e políticas no Brasil e em Portugal, Geografia em Movimento, São Paulo, pp. 4766, 2011.
- CUTTER, S.; Boruff, B.J.; Shirley, W.L. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, n. 18, p. 598-606, 2003.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Desktop help. Redlands, 2012. Disponível em: <http://resources.arcgis.com>. Acesso em: jun/2015. ESRI - Environmental Systems Research Institute. What is ArcGIS? Disponível em: [www.esri.com](http://www.esri.com). Acesso em: jun/2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malhas Digitais. Municípios 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)> Acesso junho de 2016.
- JULIÃO, R.P.; NERY, F.; Ribeiro, J. L.; BRANCO, M.C.; ZÊZERE, J.L. Guia Metodológico para Produção de Cartografia Municipal de Risco e para Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base Municipal. Porto / Portugal: Autoridade Nacional de Proteção Civil. 2009.
- KORMANN, T. C.; ROBAINA, L. E. S.; SCHIRMER, G. J.; Mapeamento do risco de inundação na área urbana de Alegrete – RS. In: Encontro de geógrafos da América Latina, 13., 2011. San Juan – Costa Rica. Anais... San Juan: 2011. CDROM. s/p
- KUHNEN, A. Meio ambiente e Vulnerabilidade: a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. *Geografia*, Londrina, v. 18, n. 2, p.37-52 2009.
- MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D.J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, ANPPAS, v.7, n.2, p.95-109, jul./dez. 2004.
- MENEZES, D. J.; SCCOTII, A. A. V. Inventário de registro de inundações no estado do Rio Grande do Sul entre 1980 e 2010. In: Robaina; Trentin. (Org.). Desastres Naturais no Rio Grande do Sul. Editora da UFSM, 2013, v. 1, p. 163-179.

MENEZES,D.J. Poposta metodológica para análise espaço - temporal de inundações: aplicação na área urbana de Alegrete – RS. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) 2018. 267p.

MORI, K; PERRINGS, C. Optimal management of the flood risks of floodplain development. *Science Of The Total Environment*, 2012, Vol.431, pp.109-121

PREFEITURA MUNICIPAL DE ALEGRETE. Plano diretor do município de Alegrete. Disponível em Acesso em <<http://www.alegrete.rs.gov.br>>: 10 de jan. 2015.

REBELO, F. Um Novo Olhar Sobre os Riscos? O Exemplo das Cheias Rápidas (Flash Floods) em Domínio Mediterrâneo. *Territorium*, v. 15, p. 7-14, 2008.

ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R. (Org.). Desastres naturais no Rio Grande do Sul. Editora UFSM, Santa Maria, 2013. 496 p.

ROBAINA, L.E.S.; KORMANN, T. C.; SCHIRMER, G. J. Zoneamento das inundações na área urbana de Alegrete - Rio Grande do Sul – Brasil. *Geociências* (São Paulo. Online), v. 32, n.2, p. 346-355, 2013.

SARAIVA, R.G. A abordagem comportamental do direito e da economia das catástrofes naturais. In: Carla Amado Gomes / Rute Gil Saraiva (Coord.), *Atas do colóquio Catástrofes Naturais: uma realidade multidimensional*, ICJP – Lisboa. 24 Outubro 2012.

UFSC-CEPED. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. *Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil*. Florianópolis: CEPED UFSC; 2012.

VEYRET, Y. Os Riscos: O homem como agressor e vítima do Meio Ambiente. Tradução: Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007.