

Mapeamento das áreas de inundação do Rio Ibirapuitã em Alegrete-RS

Cristiano Biscubi da Silva*

RESUMO: Este artigo tem como finalidade apresentar uma pesquisa sobre a dimensão da enchente ocorrida em Alegrete no dia 25/11/09, a qual ocasionou enxurradas e inundações em vários bairros da cidade, causando danos em residências e vias públicas. Com o auxílio de um aparelho receptor GPS, foram coletados 122 pontos onde a lâmina d'água alcançou seu ponto máximo, de acordo com registros dos moradores locais, em todos os bairros atingidos. A partir daí, construiu-se um mapa de inundação da data referida, utilizando-se softwares com imagens de satélite e de manipulação de desenhos. Através dele, pode-se avaliar a área total atingida e elaborar estudos de medidas estruturais e não-estruturais sobre as áreas de inundação do Rio Ibirapuitã em Alegrete, bem como realizar modificações no Plano Diretor do município.

* Técnico em Meio Ambiente, aluno de Ciências Biológicas (licenciatura) pelo Instituto Federal Farroupilha - Campus Alegrete.

Palavras-chave: Alegrete; Rio Ibirapuitã; Inundação.

Key-words: Alegrete; Ibirapuitã River; Flood.

ABSTRACT: This article aims to present a survey on the extent of the flood occurring in Alegrete on 11/25/2009, which caused mudslides and floods in various districts of the city, causing damage to homes and public roads. With the aid of a GPS receiver, we collected 122 points where the water depth reached its peak, according to records of local residents in all districts affected. From there we constructed a map of flooding the date specified, using software with satellite imagery and manipulation of drawings. Through it, one can evaluate the total area affected and elaborate studies of structural and nonstructural flood hazard areas of the river Ibirapuitã in Alegrete, and make changes to the Master Plan of the municipality.

¹ Oliveira, 2010 apud Tucci & Bertoni, 2003; Enomoto, 2004; Eckhardt, 2008; p. 21.

Introdução

Através da urbanização, a transformação do espaço das grandes cidades no Brasil deflagrou um processo de ocupação desordenada do território. Esse processo é responsável pelas atuais formas do uso e ocupação do solo. Este intenso processo de urbanização, principalmente nas últimas décadas, tem proporcionado fatores negativos ao ambiente, quais sejam: desmatamento, poluição da água e do ar, ocupação de encostas e margens fluviais, entre outros (COELHO; SCARIOT; 2004).

Associada a outros eventos naturais, o evento meteorológico de chuvas intensas é o mais comum e é frequentemente registrado pelos meios de comunicação. Essa característica tem como consequência ocorrências de desastres relacionados às enchentes e inundações. Tais fenômenos também estão ligados à ocupação humana em áreas susceptíveis a riscos naturais como, por exemplo, áreas marginais aos cursos de água.

No município de Alegrete não é diferente, pois sua ampla rede de drenagem vem sofrendo, ao longo dos últimos anos, uma série de intervenções guiadas, principalmente, pela ação do homem que busca constantemente a realização dos seus objetivos pessoais e econômicos, não se preocupando com o meio natural.

As formas de ocupação sem respeitar os limites naturais locais foram intensificadas nas últimas décadas em Alegrete. Dessa maneira, ampliou-se a pressão e a agressão às drenagens locais e ao meio ambiente em geral, ocorrendo uma intensa ocupação das planícies de inundações.

Além da ocupação dessas planícies, também há a retirada da vegetação ciliar, a colocação de lixo e esgotos sobre as drenagens, a alteração e impermeabilização do solo oriundas de construções asfálticas e de edificações, entre outros fatores, que contribuem grandemente para as possíveis inundações das planícies fluviais na área urbana do município.

O objetivo geral deste trabalho é gerar um mapa para espacialização e análise das áreas inundáveis do rio Ibirapuitã em Alegrete, RS, a partir de dados hidrológicos, topográficos e de sensoriamento remoto, e da aplicação de ferramentas de geoprocessamento. Através dele, pode-se identificar os tipos de uso e ocupação do solo mais afetados pelas inundações em Alegrete, analisando-se qualitativa e quantitativamente os resultados obtidos.

As inundações e a legislação vigente

Enchentes e inundações são eventos que ocorrem naturalmente em todos ambientes fluviais, sendo importantes na manutenção da dinâmica hidrológica e dos processos geomorfológicos. Tratam-se de fenômenos de alta complexidade, pois envolvem toda a rede de drenagem contribuinte, que é composta de diversos cursos d'água com características muito distintas (profundidade, largura, declividades, etc.).

No entanto, mesmo que tenham suas origens em processos naturais, as enchentes e inundações podem ser potencializadas pelas atividades humanas. Tanto no meio rural, quanto no meio urbano, o homem produz uma série de alterações na superfície terrestre, através do desflorestamento, da impermeabilização do solo, da canalização dos rios, entre outras (OLIVEIRA, 2010 apud TUCCI & BERTONI, 2003; ENOMOTO, 2004; ECKHARDT, 2008)¹.

Em Alegrete, devido à deficiência no planejamento urbano, a ocupação de locais inadequados dentro do perímetro urbano quase sempre se dá de forma espontânea, sem a

intervenção dos órgãos de fiscalização responsáveis, ou mesmo sem a orientação necessária à ocupação planejada por profissionais capacitados e conscientes.

² Robaina et al., 2010 apud Kobiyama et al., 2006, p. 160.

Conforme o Código Florestal, Lei nº 4.771, no Artigo 2º: Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

1 - de 30m (trinta metros) para os cursos d'água de menos de 10m (dez metros) de largura; 2 - de 50m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10m (dez) a 50m (cinquenta metros) de largura;

3 - de 100m (cem metros) para os cursos d'água que tenham de 50m (cinquenta metros) a 200m (duzentos metros) de largura;

4 - de 200m (duzentos metros) para os cursos d'água que tenham de 200m (duzentos metros) a 600m (seiscentos metros) de largura;

5 - de 500m (quinhentos metros) para os cursos d'água que tenham largura superior à 600m (seiscentos metros).

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos-d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica num raio mínimo de 50m (cinquenta metros) de largura;

Parágrafo único - No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.

Considerando apenas o artigo mencionado tem-se uma justificativa relevante para a execução deste trabalho, pois grande parte da população atingida pelas inundações encontra-se situada em locais que estão em desacordo com ele. Além disso, servem também como justificativa, a elaboração de mapas de inundação que auxiliam o município na execução de seu plano diretor, além de fornecer a possibilidade de um estudo de modelos de previsão de enchentes na cidade.

Outro aspecto essencial, que também contribui na justificativa deste estudo, é a relativa simplicidade e a excelente aplicabilidade dos modelos propostos. A simplicidade diz respeito à utilização de materiais que necessitam de pouco investimento em capital, e a aplicabilidade, à adoção de métodos de fácil implementação.

Deste modo, entende-se que a elaboração desta pesquisa e a execução deste trabalho deverão contribuir significativamente não só para o entendimento das inundações, mas também para subsidiar ações que amenizem os prejuízos inerentes a esse fenômeno.

Fundamentação Teórica

Os termos mais utilizados para denominar os eventos extremos relacionados ao regime fluvial são enchentes, inundações e enxurradas. Inundação, termo central desse estudo, de acordo com Robaina et al. (2010) apud Kobiyama et al. (2006, p.46)² pode ser definida como:

³ Oliveira, 2010 apud Smith, 1997, p. 23.

⁴ Oliveira, 2010 apud Eckhardt, 2008, p. 26.

“o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele”. Em condições de precipitação intensa e concentrada pode ocorrer rápida evolução do processo de inundação, caracterizando uma inundação brusca, também chamada de enxurrada. Este processo é comum em condição de impermeabilização das nascentes, caracterizado pela incapacidade de escoamento do volume precipitado por parte da microdrenagem urbana.

O sensoriamento remoto tem-se revelado muito útil para estudos hidrológicos e geomorfológicos em todo o mundo (OLIVEIRA, 2010 apud SMITH, 1997)³. Muitas metodologias já foram testadas para se estimar a vazão e o transporte de sedimentos, para compreender a evolução dos padrões de drenagem e para delimitar as áreas mais suscetíveis às inundações.

Para a elaboração de modelos e/ou mapas de inundação comumente se observa a aplicação de dados obtidos por sensoriamento remoto, manipulados por técnicas de geoprocessamento disponíveis nos Sistemas de Informações Geográficas – SIGs. Nesses casos, os materiais mais utilizados são imagens orbitais multiespectrais e de radar, modelos digitais de elevação (MDE), dados hidrológicos (chuva, vazão e cota) e informações físicas da bacia, como hidrografia, declividades, solos e vegetação nativa, entre outras (OLIVEIRA, 2010).

Oliveira (2010) apud Eckhardt (2008)⁴ sugere a utilização de imagens de satélite apenas para a avaliação das características da ocupação do solo das áreas atingidas pelas inundações, e ressalta que para se obter bons resultados a respeito da dinâmica das inundações, devem-se utilizar modelos digitais de elevação, os quais permitem identificar as áreas inundadas a cada nível de elevação das águas de um determinado curso d'água. Modelos hidrológicos chuva-vazão e modelos hidráulicos também são ferramentas poderosas para traçado de manchas de inundação, possibilitando inclusive avaliar situações para diferentes riscos.

Robaina et al. (2009), ao realizar um inventário dos processos de inundação em Alegrete, utilizou um receptor GPSMAP 60CSx, além de um mapa da área urbana do município e do software SPRING versão 4.3.3 (disponibilizado gratuitamente pelo INPE), podendo identificar as diferentes áreas atingidas por inundações de forma satisfatória.

O mapeamento

No presente trabalho, reuniram-se pontos georreferenciados com imagens de satélite, para a construção do mapa desejado, objetivo geral do estudo.

Alegrete é um município do estado do Rio Grande do Sul localizado na Fronteira Oeste com cerca de 74.984 habitantes e 24.169 domicílios particulares permanentes, ocupando uma área de 7.803,97 km² (IBGE, 2009). Possui um rio principal que corta a cidade, o Ibirapuitã, um rio secundário, denominado Caverá, e dois arroios: Regalado e Jararaca.

Com aproximadamente 250 km de extensão, 180 km do rio Ibirapuitã localiza-se no município de Alegrete. Nasce no oeste de Livramento, na coxilha de Haedo. Sua direção é sul-norte, em Alegrete forma um grande arco, envolvendo a cidade pelo lado oeste. Para navegabilidade requer medidas de limpeza e regularização. Em época de cheias inunda grandes áreas. Este Rio divide o Município em duas partes do ponto de vista econômico. À margem direita do rio, estende-se as terras mais próprias para agricultura e à esquerda terras melhores para a pecuária. Deságua no rio Ibicuí (COMITEIBICUÍ, 2010). Um de seus afluentes, o arroio Caverá, possui um balneário, de mesmo nome, onde também foi realizado o trabalho.

Segundo dados da Agência Nacional das Águas (2010), o rio Ibirapuitã possui um nível médio anual normal (entre 5% e 95%) de 340 cm; uma vazão média de 143,14 m³/s, e uma largura média na zona urbana de 67 metros.



Figura 1- Vista aérea da área urbana de Alegrete, com os locais de interesse.

Segundo dados da Defesa Civil de Alegrete, o município foi atingido, ao longo de sua história, por três grandes inundações: uma em 1959, considerada pelos antigos moradores a que atingiu nível máximo; em 1997, quando a ponte Borges de Medeiros (que dá acesso à zona leste) foi interditada; e a última, no dia 21 de novembro de 2009, sendo a ponte Borges de Medeiros interditada no dia 23 de novembro de 2009 e a inundações alcançou seu pico máximo no dia 25 de novembro de 2009 (SINDEC, 2010).

Essa última inundações, a qual serve de norte para o presente trabalho, atingiu 22 bairros, causando danos a 1225 imóveis e 3881 pessoas. Além disso, 15 instituições públicas de ensino e 03 instituições públicas de saúde foram invadidas pelas águas; danos ambientais, prejuízos na agricultura, pecuária, saúde e coleta de lixo foram contabilizados (SINDEC, 2010).

A causa do desastre, segundo a Defesa Civil, foram chuvas torrenciais com precipitação de 485 mm durante a segunda quinzena do mês, de maior intensidade na segunda quinzena do mês de novembro, causando danos em residências, pontes e vias públicas na área urbana, sendo decretada situação de emergência no município (Decreto nº 551, 2009).

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2009), “A análise detalhada dos modelos estatísticos do Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas da Universidade Federal de Pelotas (CPPMet/UFPel) indicam precipitações acima ao padrão normal para o final da primavera. Para os meses de novembro e dezembro, a tendência indica a permanência de precipitação acima do padrão climatológico, principalmente na metade norte”.

Para a avaliação desses eventos de precipitação, coletaram-se dados do Monitoramento das Estações Automáticas, do INMET (2009), e da Fundação Maronna, fazenda referência no município de Alegrete que possui duas estações pluviométricas, uma na zona urbana e outra na zona rural do município, apresentando uma média mensal das precipitações.

Nas tabelas a seguir, são mostradas as precipitações ocorridas no mês de novembro de 2009, segundo as fontes citadas.

Data	Precipitação
03/11/2009	16,4 mm
05/11/2009	02,4 mm
06/11/2009	20,2 mm
07/11/2009	20,8 mm
10/11/2009	17,8 mm
13/11/2009	04,6 mm
14/11/2009	37,4 mm
15/11/2009	05,6 mm
18/11/2009	44,8 mm
20/11/2009	28,6 mm
21/11/2009	02,6 mm
22/11/2009	81,8 mm
23/11/2009	33,0 mm
28/11/2009	02,0 mm
29/11/2009	00,2 mm
30/11/2009	62,6 mm
TOTAL	380,8 mm

Tabela 1 - Precipitações do mês de novembro de 2009, segundo INMET (2009).
Fonte: INMET, 2009. (Adaptado)

Data	Precipitação
03/11/2009	20 mm
06/11/2009	40 mm
07/11/2009	30 mm
10/11/2009	21 mm
14/11/2009	47 mm
17/11/2009	60 mm
21/11/2009	45 mm
22/11/2009	120 mm
23/11/2009	73 mm
29/11/2009	83 mm
TOTAL	539 mm

Tabela 2 - Precipitações do mês de novembro de 2009, segundo Fundação Maronna.
Fonte: Fundação Maronna, 2009. (Adaptado)

Ao analisar as duas tabelas se observa, além da discrepância dos dados, a anomalia descrita pelo INMET no mês de novembro de 2009, pois o normal previsto para o mês é de 120 mm, devendo-se esse fenômeno ao El Niño (INMET, 2009). Ao calcular-se a média entre as duas tabelas, obtém-se um valor aproximado de 460 mm, próximo aos 485 mm descritos pela defesa civil (SINDEC, 2010).

É importante salientar que os dados do INMET são os mais precisos, pois são contabilizados a cada hora, registrando valores mínimos de precipitações, até mesmo de um décimo de milímetro.

Além dos dados mencionados acima, outro não menos importante, que mostra a grandiosidade da inundação ocorrida no período, é a Tabela de Controle do Nível e da Temperatura do rio, monitorada diariamente pelos funcionários da empresa Tractebel Energia S.A., termoelétrica situada à margem direita do rio Ibirapuitã. A medição é realizada através de uma régua da empresa, que é posta acima do nível normal do rio, e é altamente relevante para todos os órgãos municipais acompanharem o nível do mesmo, em época de inundações.

Data	Nível (acima do norrr
01/11/09	- 0,20
02/11/09	- 0,40
03/11/09	- 0,40
04/11/09	- 0,40
05/11/09	- 0,10
06/11/09	1,60
07/11/09	3,80
08/11/09	6,10
09/11/09	6,25
10/11/09	6,70
11/11/09	7,48
12/11/09	7,30
13/11/09	5,20
14/11/09	3,80
15/11/09	4,90
16/11/09	5,55
17/11/09	5,80
18/11/09	5,85
19/11/09	7,00
20/11/09	7,40
21/11/09	7,22
22/11/09	8,40

23/11/09	10,80
24/11/09	11,55
25/11/09	11,60
26/11/09	11,50
27/11/09	11,10
28/11/09	10,85
29/11/09	10,35
30/11/09	9,30

Tabela 3 - Controle do Nível do rio Ibirapuitã no mês de novembro de 2009.
Fonte : Tractebel Energia S.A. (Adaptado)

Segundo dados da Defesa Civil do município, quando o rio Ibirapuitã atinge 7,40 metros (como se percebe no dia 20/11/09) acima de seu nível normal, as primeiras casas dos bairros Santo Antônio e Canudos são inundadas. Ao atingir 10 metros acima de seu nível normal, cerca de vinte bairros já se encontram inundados, inclusive algumas ruas da parte baixa do centro da cidade.

Nas 96 horas que antecederam o pico da inundação (25/11/09), o nível das águas aumentou aproximadamente 4,38 metros. Após o pico, foram necessárias 192 horas para a redução do nível em 4,38 metros (03/12/09). Isso significa que a retração das águas foi duas vezes mais demorada que o avanço.

Observa-se que o pico da inundação foi no dia 25/11/09, quando o nível do rio atingiu 11,60 metros, com uma precipitação de 146 mm entre os dias 20/11/09 e 25/11/09 (Tabela 1).

O período entre as 8h e 12h do dia 23 de novembro se destaca como o de maior variação no nível do rio Ibirapuitã, em torno de 0,85m em apenas 4 horas, surpreendendo a população pela rapidez do avanço das águas.

Outro fator importante, pouco considerado pelos órgãos públicos, é o conhecimento das precipitações na cidade de Santana do Livramento – RS, onde nasce o rio Ibirapuitã. Segundo especialistas, as precipitações ocorrentes nessa cidade levam até dois dias para elevar o nível do rio em Alegrete.



Figura 2 - Rio Ibirapuitã, avistando-se a ponte da linha férrea, no dia 26/11/09 (Fonte: Jornal Expresso Minuano).

Para a aplicação na Área Urbana do rio Ibirapuitã, foram utilizados os seguintes materiais:

- a) Dados hidrométricos: precipitações e níveis do rio Ibirapuitã no mês de novembro de 2009, já citados anteriormente;
- b) Dados do software MapSource®, versão 5.0, para o georreferenciamento e posterior utilização nos demais softwares;
- c) Imagens de satélite do software Google Earth, georreferenciada através de posicionamento relativo por GPS;
- d) Digitalização no software Corel Draw 11, para finalização das imagens;
- e) GPS de navegação modelo eTrex Legend HCx, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Alegrete.⁵

A avaliação do modelo do terreno e da espacialização das áreas de inundação foi realizada a partir da inundação ocorrida em 25/11/2009 (pico do evento). A verificação da real extensão da inundação nesta data se deu em trabalhos de campo, tomando como referência as informações fornecidas pela Defesa Civil e pela população local, além das manchas causadas pela subida da água do rio, observadas nas paredes e muros. O posicionamento foi realizado a partir do receptor de sinal GPS. Os pontos foram coletados de forma bem distribuída pela área urbana, alguns no limite do extravasamento das águas e outros em locais que ficaram submersos (nestes, foi notada altura da lâmina d'água para avaliação do modelo).

Ao total, foram coletados 122 pontos, em 22 bairros e no Balneário Caverá, em três dias de trabalho, entre a zona oeste e leste da cidade, transferindo-os para o software MapSource®. Os dados visualizados foram transferidos para a tabela 4, para a análise das coordenadas, elevação do terreno em relação à altura do mar, pontos coletados por bairro etc.

Bairro	Ponto	Data	Horário	Coordenadas	Elevação
Vila Grande	001	06-SET-10	10:51:44	S29 47.458 W55 48.863	85 m
Sepé Tiaraju	002	06-SET-10	10:54:35	S29 47.428 W55 48.835	77 m
	003	06-SET-10	10:58:06	S29 47.431 W55 48.790	85 m
	004	06-SET-10	10:59:36	S29 47.415 W55 48.763	87 m
	005	06-SET-10	11:17:04	S29 47.390 W55 48.745	79 m
	006	06-SET-10	11:21:34	S29 47.358 W55 48.735	87 m
Vera Cruz	007	06-SET-10	11:27:04	S29 47.385 W55 48.663	84 m
	008	06-SET-10	11:31:44	S29 47.350 W55 48.629	82 m
	009	06-SET-10	11:35:09	S29 47.264 W55 48.597	79 m
	010	06-SET-10	11:42:22	S29 47.194 W55 48.495	83 m
Joaquim Milano	011	06-SET-10	11:45:06	S29 47.162 W55 48.464	78 m
Restinga	012	06-SET-10	11:47:17	S29 47.114 W55 48.435	76 m
	013	06-SET-10	11:52:36	S29 47.136 W55 48.366	85 m
	014	06-SET-10	14:52:06	S29 47.107 W55 48.301	86 m
Vila Isabel	015	06-SET-10	14:58:22	S29 47.034 W55 48.178	80 m
	016	06-SET-10	15:00:52	S29 47.016 W55 48.135	84 m
	017	06-SET-10	15:01:53	S29 47.013 W55 48.118	84 m

Macedo	018	06-SET-10	15:03:41	S29 46.996 W55 48.098	84 m
	019	06-SET-10	15:06:52	S29 46.968 W55 48.086	78 m
	020	06-SET-10	15:13:12	S29 46.940 W55 48.012	82 m
	021	06-SET-10	15:14:50	S29 46.911 W55 47.935	70 m
	022	06-SET-10	15:19:50	S29 46.877 W55 47.900	86 m
Santo Antônio	023	06-SET-10	15:22:40	S29 46.783 W55 47.825	87 m
	024	06-SET-10	15:31:11	S29 46.727 W55 47.735	83 m
	025	06-SET-10	15:36:31	S29 46.676 W55 47.683	80 m
	026	06-SET-10	15:37:20	S29 46.639 W55 47.681	88 m
	027	06-SET-10	15:40:04	S29 46.571 W55 47.708	87 m
Canudos	028	06-SET-10	15:45:15	S29 46.475 W55 47.663	73 m
	029	06-SET-10	15:47:37	S29 46.443 W55 47.656	84 m
	030	06-SET-10	15:48:49	S29 46.411 W55 47.605	83 m
	031	06-SET-10	15:53:03	S29 46.394 W55 47.503	80 m
	032	06-SET-10	15:56:03	S29 46.386 W55 47.408	85 m
Vila Nova	033	06-SET-10	15:58:59	S29 46.382 W55 47.322	84 m
	034	06-SET-10	16:02:55	S29 46.328 W55 47.246	81 m
	035	06-SET-10	16:03:43	S29 46.306 W55 47.259	80 m
	036	06-SET-10	16:06:28	S29 46.240 W55 47.249	81 m
	037	06-SET-10	16:07:03	S29 46.229 W55 47.232	82 m
Rui Ramos	038	06-SET-10	16:10:15	S29 46.163 W55 47.158	75 m
	039	06-SET-10	16:13:51	S29 46.118 W55 47.120	85 m
	040	06-SET-10	16:21:17	S29 46.092 W55 47.021	83 m
	041	06-SET-10	16:23:38	S29 46.129 W55 46.991	89 m
	042	06-SET-10	16:25:26	S29 46.181 W55 46.997	86 m
Vila Nova	043	06-SET-10	16:31:05	S29 46.258 W55 47.040	88 m
	044	06-SET-10	16:32:35	S29 46.309 W55 47.069	83 m
	045	06-SET-10	16:35:45	S29 46.373 W55 47.082	84 m
	046	06-SET-10	16:36:54	S29 46.449 W55 47.114	80 m
	047	06-SET-10	16:38:10	S29 46.504 W55 47.089	90 m
	048	06-SET-10	16:40:33	S29 46.536 W55 47.015	81 m
	049	06-SET-10	16:43:09	S29 46.626 W55 46.978	80 m
	050	06-SET-10	16:49:42	S29 46.668 W55 47.021	88 m
Tancredo Neves	051	06-SET-10	16:57:51	S29 46.987 W55 47.024	85 m
	052	06-SET-10	17:02:04	S29 46.985 W55 46.930	84 m

Centro	053	06-SET-10	17:07:31	S29 47.048 W55 46.883	86 m
	054	06-SET-10	17:13:37	S29 47.100 W55 46.882	81 m
	055	06-SET-10	17:20:49	S29 47.162 W55 46.869	81 m
	056	06-SET-10	17:25:27	S29 47.196 W55 46.930	98 m
	057	06-SET-10	17:29:01	S29 47.234 W55 46.951	77 m
	058	06-SET-10	17:31:37	S29 47.243 W55 47.036	80 m
	059	06-SET-10	17:33:44	S29 47.267 W55 47.061	74 m
	060	06-SET-10	17:36:34	S29 47.286 W55 47.109	88 m
	061	06-SET-10	17:41:50	S29 47.260 W55 47.181	62 m
	062	06-SET-10	17:44:35	S29 47.272 W55 47.220	82 m
	063	06-SET-10	17:47:43	S29 47.299 W55 47.307	79 m
	064	06-SET-10	17:51:19	S29 47.283 W55 47.394	77 m
	065	06-SET-10	17:52:49	S29 47.316 W55 47.408	85 m
	066	06-SET-10	18:00:33	S29 47.313 W55 47.475	88 m
	067	06-SET-10	18:03:45	S29 47.276 W55 47.514	80 m
	068	06-SET-10	18:06:23	S29 47.322 W55 47.558	76 m
Porto dos Aguateiros	069	07-SET-10	9:00:00	S29 47.374 W55 47.548	78 m
	070	07-SET-10	9:00:43	S29 47.389 W55 47.558	75 m
	071	07-SET-10	9:03:07	S29 47.414 W55 47.596	83 m
	072	07-SET-10	9:07:38	S29 47.457 W55 47.721	76 m
	073	07-SET-10	9:12:23	S29 47.523 W55 47.725	84 m
São João	074	07-SET-10	9:23:19	S29 47.631 W55 47.688	90 m
	075	07-SET-10	9:29:14	S29 47.671 W55 47.681	78 m
	076	07-SET-10	9:31:43	S29 47.714 W55 47.724	79 m
	077	07-SET-10	9:34:07	S29 47.743 W55 47.716	84 m
	078	07-SET-10	9:38:22	S29 47.790 W55 47.636	90 m
	079	07-SET-10	9:40:02	S29 47.805 W55 47.612	87 m
Assunção	080	07-SET-10	9:44:13	S29 47.881 W55 47.582	84 m
Medianeira	081	07-SET-10	10:17:27	S29 48.057 W55 47.503	90 m
	082	07-SET-10	10:21:36	S29 48.108 W55 47.385	88 m
	083	07-SET-10	10:25:40	S29 48.059 W55 47.312	91 m
Centenário	084	08-SET-10	15:08:24	S29 47.013 W55 45.979	80 m
	085	08-SET-10	15:03:09	S29 47.022 W55 46.035	85 m
	086	08-SET-10	15:01:40	S29 47.000 W55 46.059	92 m
	087	08-SET-10	14:59:03	S29 46.974 W55 46.082	82 m

	088	08-SET-10	15:25:28	S29 47.098 W55 46.369	83 m
Ibirapuitã	089	08-SET-10	15:36:05	S29 47.166 W55 46.402	79 m
	090	08-SET-10	15:42:41	S29 47.206 W55 46.398	82 m
	091	08-SET-10	15:46:24	S29 47.296 W55 46.423	93 m
Oswaldo Aranha	092	08-SET-10	16:16:34	S29 47.357 W55 46.458	91 m
	093	08-SET-10	16:18:25	S29 47.365 W55 46.445	89 m
	094	08-SET-10	16:19:18	S29 47.383 W55 46.441	92 m
	095	08-SET-10	16:22:07	S29 47.406 W55 46.423	84 m
	096	08-SET-10	16:23:04	S29 47.432 W55 46.398	83 m
Pro-Morar	097	08-SET-10	16:24:03	S29 47.470 W55 46.387	81 m
	098	08-SET-10	16:28:26	S29 47.503 W55 46.370	89 m
	099	08-SET-10	16:29:10	S29 47.538 W55 46.379	88 m
	100	08-SET-10	16:33:45	S29 47.561 W55 46.341	86 m
	101	08-SET-10	16:34:44	S29 47.603 W55 46.352	85 m
	102	08-SET-10	16:37:10	S29 47.608 W55 46.343	92 m
	103	08-SET-10	16:40:58	S29 47.621 W55 46.328	90 m
	104	08-SET-10	16:43:44	S29 47.639 W55 46.302	87 m
	105	08-SET-10	16:45:19	S29 47.683 W55 46.293	84 m
	106	08-SET-10	16:48:28	S29 47.717 W55 46.298	96 m
	107	08-SET-10	16:49:49	S29 47.746 W55 46.296	86 m
Honório Lemes	108	08-SET-10	16:52:40	S29 47.820 W55 46.267	86 m
	109	08-SET-10	16:55:25	S29 47.862 W55 46.234	88 m
	110	08-SET-10	17:11:33	S29 47.814 W55 46.400	85 m
	111	08-SET-10	17:09:03	S29 47.821 W55 46.478	92 m
Balneário Caverá	112	08-SET-10	17:38:25	S29 48.492 W55 46.099	87 m
	113	08-SET-10	17:39:39	S29 48.518 W55 46.054	85 m
	114	08-SET-10	17:44:06	S29 48.626 W55 45.915	91 m
	115	08-SET-10	17:47:07	S29 48.796 W55 45.831	87 m
	116	08-SET-10	17:53:42	S29 48.854 W55 46.156	80 m
	117	08-SET-10	17:56:40	S29 48.870 W55 46.240	81 m
	118	08-SET-10	18:00:06	S29 48.905 W55 46.354	79 m
	119	08-SET-10	18:04:59	S29 49.073 W55 46.367	80 m
	120	08-SET-10	18:08:56	S29 49.139 W55 46.336	77 m
	121	08-SET-10	18:14:44	S29 49.123 W55 46.294	80 m
	122	08-SET-10	18:12:53	S29 49.106 W55 46.271	85 m

Tabela 4 - Ponto máximo atingido pelas águas do rio Ibirapuitã na inundação do dia 25/11/09.

A maior parte das áreas inundadas na ocasião estava localizada nas áreas planas das várzeas – como os bairros adjacentes ao Arroio Regalado – e terraços fluviais do rio Ibirapuitã, que se estendem, na zona oeste, desde a área do bairro Macedo (onde encontra-se o nível 70 m) até a parte baixa do bairro Centro (onde encontra-se o nível mais baixo – 62 m).

Ainda no bairro Macedo, onde ocorre o represamento das águas do Arroio Regalado, mais precisamente no ponto 21, a lâmina d'água alcançou até 250 metros de distância da margem do arroio. Nesse local, segundo Robaina et al. 2009, a população instalada próxima à foz nos bairros Macedo e Santo Antônio, apresenta grande vulnerabilidade, identificada pela predominância de trabalhos informais ligados a coleta de lixo e por moradias muito precárias – caracterizando-se em um local de grande risco à saúde.

No bairro Centro, no ponto 056, percebeu-se um extravasamento das águas de até 676,55 metros de distância da ponte Borges de Medeiros, percorrendo boa parte da Avenida Eurípedes Brasil Milano, nas casas situadas próximas à Na zona leste, o nível mais baixo encontra-se no bairro Ibirapuitã (79 m), com um extravasamento das águas de até 126,20 metros, no ponto 090.

No Balneário Caverá, o nível mais baixo encontrado foi no ponto 120 (77 m), onde ocorreu o encontro das águas do arroio Caverá e do rio Ibirapuitã, atingindo o maior número de casas na localidade e um extravasamento das águas de 442,86 metros.

A partir dos pontos coletados, que foram transferidos do MapSource® diretamente para o software Google Earth, através do menu – View > View in Google Earth, foi possível visualizar a área desejada com imagens datadas de 22 de maio de 2009, aproximadamente seis meses antes da inundação. A partir daí, de acordo com os pontos coletados no trabalho de campo, pôde-se alternar as imagens obtidas, sendo as mesmas transferidas para o software Corel Draw 11, para digitalização (figura 03). Neste caso, a delimitação da área atingida pela inundação ficou em evidência, conforme podemos verificar nas figuras seguintes.

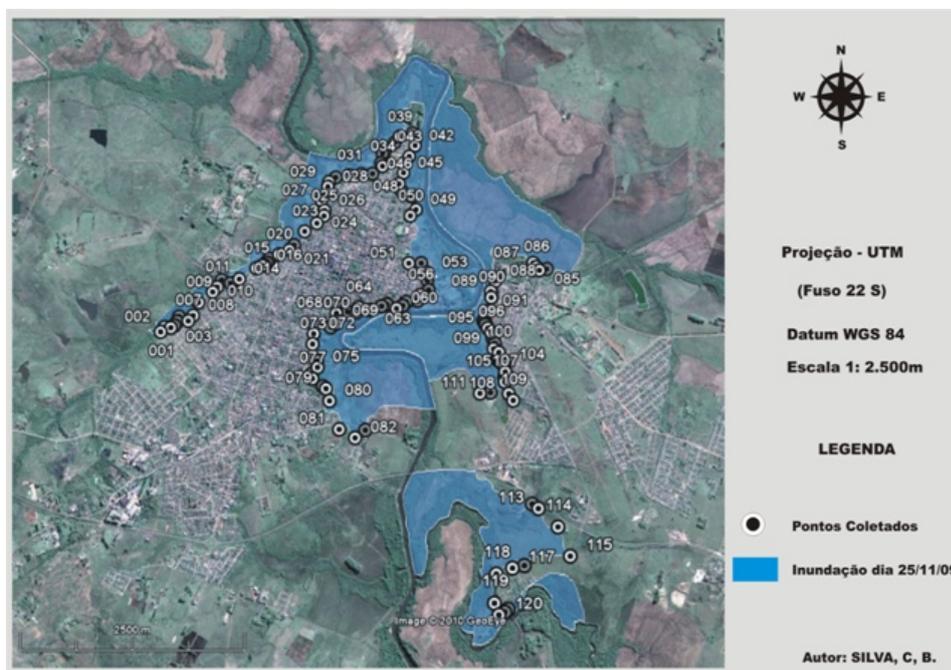


Figura 03 - Desenho da área de inundação da zona urbana de Alegrete, de acordo com os pontos coletados no trabalho de campo.

Ocultando-se os pontos coletados, pôde-se visualizar apenas as áreas de inundação, construindo-se o mapa desejado (Fig. 04).

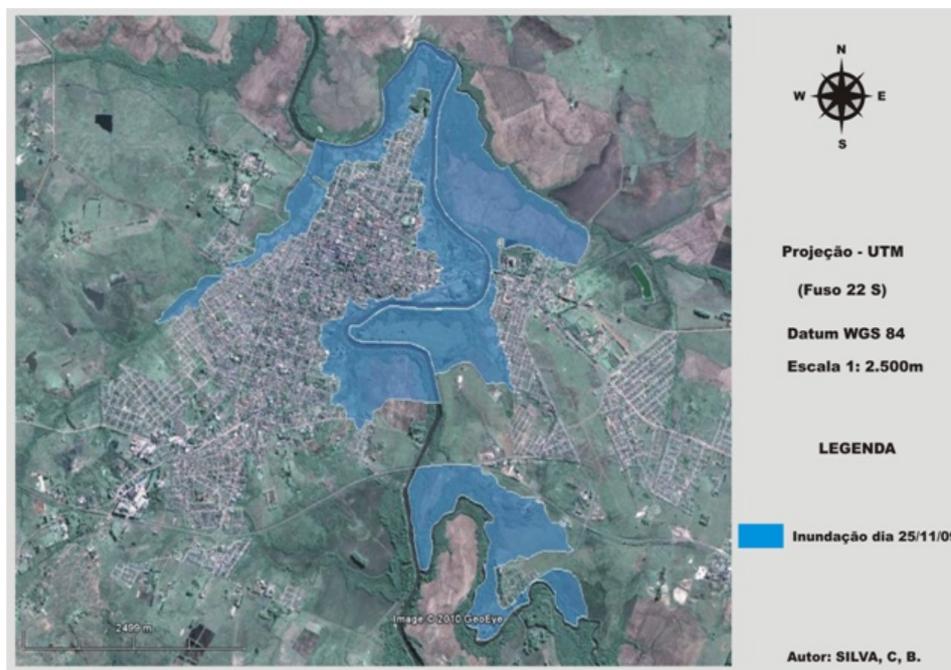


Figura 04 - Mapa de inundação da zona urbana de Alegrete, do dia 25/11/09.

O mapa de inundação acima projetou todas as áreas dos bairros que sofreram com a inundação do dia 25/11/09, exceto as áreas agrícolas e militares, onde não há residências e não se teve acesso. Mesmo assim, o mapa mostrou as áreas de interesse público no controle das inundações.

A precisão de localização do receptor GPS e a qualidade da resolução espacial das imagens utilizadas do software Google Earth culminou com os resultados esperados, retratando a área de inundação de 25/11/09 de forma satisfatória.

Com uma aproximação das imagens pode-se, além de visualizar detalhes da área desejada (número de casas, APP impactada), estudar formas de contenção das inundações em cada tipo de terreno, conforme mostra a figura 05.

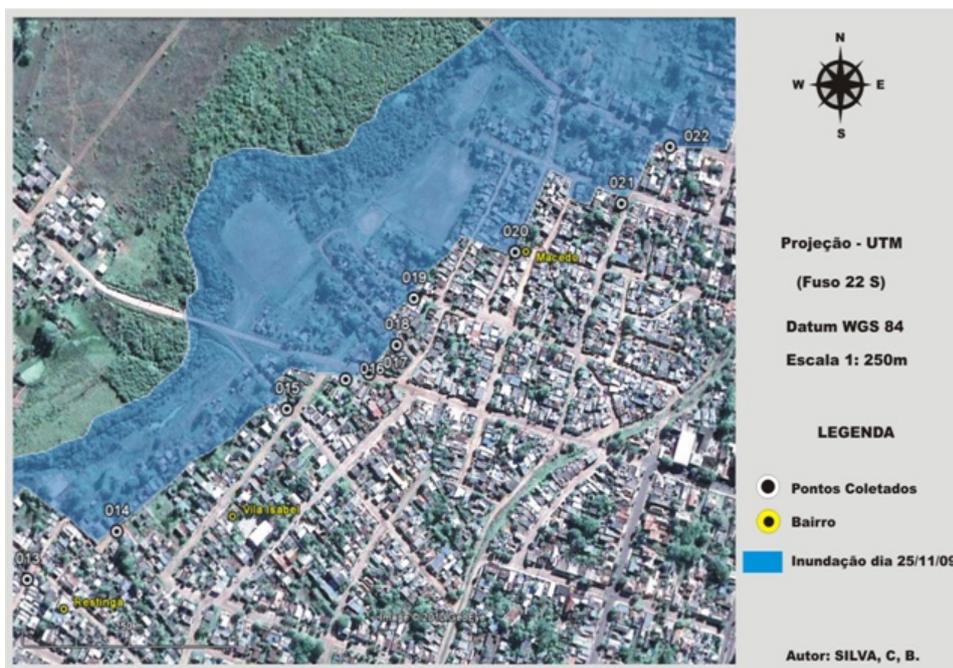


Figura 05 - Área aproximada da Zona Oeste, conforme mapa da inundação de 25/11/09, com pontos coletados.

Analisando-se as imagens, conclui-se que o bairro com o maior número de residências atingidas pela inundação de 25/11/09 é o bairro Centro, com aproximadamente 148 casas atingidas, seguido pelos bairros Canudos e Vila Nova, com 135 e 127 residências, respectivamente.

Conforme a Lei Complementar do Plano Diretor de Alegrete, em seu Art. 26, define:

Áreas de Preservação Permanente são todas aquelas definidas pela legislação ambiental vigente assim como os Conselhos Nacionais, Estaduais e Municipais de Meio Ambiente.

§ 1º Principais Áreas de Preservação Permanente do perímetro urbano:

I - Rio Ibirapuitã: deverá ser mantida uma Área de Preservação Permanente ficando estipulada uma faixa de 100 m a partir do nível normal, em projeção horizontal de lâmina d'água;

II - Arroio Regalado: deverá ser mantida uma área de Preservação Permanente ficando estipulada uma margem de 50 m a partir do nível normal, em projeção horizontal de lâmina d'água;

Percebe-se que o artigo mencionado encontra-se em conformidade com o Código Florestal, e que o Zoneamento do município define claramente as áreas onde não são permitidas habitações. A partir daí, pode-se realizar uma análise da APP impactada, pois parte da Área de Preservação Permanente do Arroio Regalado, do Rio Ibirapuitã e do Arroio Caverá encontra-se habitada.

Com uma aproximação das imagens pode-se, além de visualizar o número de casas construídas em APP, estudar formas de contenção de habitações nessas áreas.

Conforme já citado anteriormente, a falta de conhecimento da população sobre as zonas de preservação permanente e a carência de intervenção dos órgãos de fiscalização responsáveis, fez com que a população invadisse as áreas inadequadas à habitação, facilmente visualizado na figura acima.

Analisando-se a figura 04 (Área de Inundação do Município), percebem-se dois pontos de conflito em relação ao Zoneamento:

a) Zonas de Expansão Urbana – devem ser minuciosamente estudadas na elaboração de projetos, pois a área que se encontra ao sul do bairro Airton Senna 2 está sujeita à inundações na época das cheias do rio Ibirapuitã;

b) Quarteirão triangular do bairro Centro – localizado entre as ruas Mariz e Barros, Eurípedes B. Milano e Expedicionário Cannes, onde recentemente foi construído um posto de combustível. Apesar de não pertencer à APP, a área é visivelmente atingida por inundações (ponto 56), podendo causar sérios danos ambientais e de saúde pública (Fig. 06).



Figura 06 - Localização do Posto de Combustível, em área sujeita à inundação.

Outro fator que merece atenção são as enxurradas no bairro Sepé Tiaraju, decorrentes do represamento das águas do Arroio Regalado, atingindo dezenas de residências. A maioria delas está fora das Áreas de Preservação Permanente, mas são constantemente invadidas pelas águas durante grandes precipitações, com um período de duração entre 0,7 h e 14 h. As causas mais prováveis para esse fenômeno são o acúmulo de lixo jogado pela população dentro do arroio, obstruindo seu curso natural, e a redução drástica de sua mata ciliar, que causou o assoreamento da margem direita.

Robaina et al. (2009), define que:

A maior concentração dos problemas associados a alagamentos e enxurradas na área urbana de Alegrete ocorre em bairros com baixo padrão construtivo. Nos canais de drenagem de segunda ordem, bastante antropizados, estes processos ocorrem devido a existência de barramentos em condutos mal dimensionados e ao acúmulo de água que chega na rede de drenagem, devido ao lançamento de águas servidas e pluviais, desde bairros localizados a montante. Além disso, o assoreamento dos canais é incrementado por depósitos de lixo no leito, diminuindo a profundidade e aumentando a possibilidade do extravasamento da água.

A largura e a profundidade dos canais de drenagem, inferiores à capacidade do escoamento do esgoto, também são as causas do alagamento dessas áreas, associadas às intervenções inadequadas da população local (ROBAINA et al., 2009).

As medidas estruturais mais indicadas nesse caso são a remoção do lixo do leito do arroio e a recomposição de sua mata ciliar, além da construção de bacias de captação de enxurradas. Estas são estruturas construídas no terreno, que auxiliam no controle de enxurradas e na erosão do solo.

Segundo Carvalho e Souza (2002) “A função desse sistema é captar as enxurradas, propiciando a infiltração da água acumulada no pequeno lago formado pela bacia e a retenção dos sedimentos para lá carregados”.

Essa seria uma boa opção para as áreas adjacentes ao Arroio Regalado que ainda não se encontram invadidas. Além de aproveitar racionalmente a água das chuvas, reduzindo ao mínimo suas perdas por enxurradas, evitaria uma série de perdas materiais, economizando recursos do município.

Considerações finais

A vulnerabilidade da área em estudo é evidenciada por suas próprias características naturais, pois apresenta uma ampla área de planície de inundação que não é propícia ao uso residencial, requerendo cuidados especiais para ocupação, fator que não é respeitado, sendo que a mesma encontra-se, boa parte, tomada pelo uso urbano residencial.

Com esta análise, ressalta-se a necessidade de serem tomadas medidas urgentes visando à implementação de ações corretivas e principalmente preventivas a riscos naturais por parte dos órgãos competentes. Sendo que as ações corretivas seriam no sentido de melhorar e orientar as ocupações humanas já instaladas, e as ações preventivas buscando a contenção da expansão urbana, com a intensa fiscalização do uso e ocupação do solo, tanto para as ocupações de baixo como de alto padrão construtivo, bem como, ações de planejamento, levando-se em conta os episódios climáticos que causaram danos materiais, econômicos, sociais e ambientais no município afetado.

Com a pressão imobiliária, o avanço das ocupações residenciais no município de Alegrete é de difícil contenção. Faz-se necessário um planejamento urbano que possibilite direcionar as novas ocupações para os locais adequados, com reavaliação da legislação vigente, uma fiscalização ativa por parte dos órgãos competentes, visando conter um problema crescente de saúde pública. Tais ocupações acontecem, não apenas por essas áreas serem públicas ou estarem próximas do centro da cidade; elas ocorrem pela falta de poder de compra dos lotes regulamentados e por falta de fiscalização, no caso, dos lotes não regulamentados.

A conclusão do Projeto Habitacional no bairro Airton Senna 2 já é uma boa alternativa para a realocação das famílias residentes nas áreas inundadas, mas devem-se tomar todas as medidas necessárias para que as mesmas não retornem para esses locais, como a construção de parques, isolamento das áreas inundáveis e revitalização das Zonas de Preservação Permanente. Além disso, é importante o incentivo à elaboração de estudos de alerta e previsão de inundações, seguidos de campanhas de conscientização com ações buscando a ampliação da educação ambiental dos moradores locais, bem como a transferência e remobilização das pessoas dos locais em situação de perigo iminente de enchentes e inundações.

A prevenção quanto aos riscos ambientais é bem menos onerosa aos cofres públicos do que a eliminação do problema já instalado. O Poder Público precisa criar meios de garantir as condições básicas de infraestrutura e segurança à população residente em situação de perigo, evitando perdas materiais e de vidas humanas.

Referências Bibliográficas

ALEGRETE. Decreto nº 551, de 23 de novembro de 2009. Declara em situação anormal, caracterizada como Situação de Emergência a área do município afetada por enchente. Prefeitura Municipal de Alegrete, RS. 2009.

ALEGRETE. Lei Complementar do Plano Diretor. Anexo 10. Prefeitura Municipal. Disponível em: http://192.168.2.4/2010/leis_plano/anexo10.jpg. Acesso em 10 set. 2010.

ALEGRETE enfrenta a pior enchente dos últimos 20 anos. Jornal Expresso Minuano. Edição Nº 467, de 27 de novembro a 04 de dezembro de 2009. p 10-11. Alegrete – RS.

ANA – Agência Nacional das Águas. Sistema de Monitoramento Hidrológico – Série Histórica. Bacia Rio Uruguai. Disponível em: <http://200.140.135.139/Usuario/DadoPesquisar.aspx?est=294655470>. Acesso dia 15 set. 2010.

BRASIL. Lei 4771, de 15 de Setembro de 1965. Institui o Código Florestal. Ministério do Meio Ambiente, 2010.

CARVALHO; A. R.; SOUZA; E. R. Bacias de Captação de Enxurradas. EMATER – MG, 2002.

COELHO; D. K.; SCARIOT; N. Processos de Urbanização em Áreas Inundáveis e de Preservação na cidade de Montenegro-RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Julho de 2004.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ. Balneários. Disponível em: <http://www.comiteibicui.com.br/balnearios.htm> Acesso em 06 set. 2010.

FUNDAÇÃO MARONNA. Controle da Chuva. Disponível em: http://www.fundacaomaronna.org.br/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=87. Acesso em 12 set. 2010.

IBGE – Cidades. Infográfico. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> Acesso em 05 ago. 2010.

INMET. Instituto Nacional de meteorologia. Boletins climáticos. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/html/clima/cond_clima/bol_out2009.pdf Acesso em 10 set. 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Monitoramento das Estações Automáticas. Dados de Alegrete. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/downDadosCodigo.php>. Acesso em 09 set. 2010.

OLIVEIRA, G.G. Modelos para Previsão, Espacialização e Análise das Áreas Inundáveis na Bacia Hidrográfica do rio Caí, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

ROBAINA, L. E. S.; KORMANN, T. C.; SCHIRMER, G. J. Inventário dos Processos de Inundação no município de Alegrete – RS. LAGEOLAM. 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2009.

ROBAINA, L. E. S.; KORMANN, T. C.; WIGGERS, M. M.; SCCOTI, A. A. V. Análise espaço-temporal das ocorrências de inundações e movimentos de massa no município de Caxias do Sul, RS. Ciência e Natura. UFSM – RS. p 159-172, 2010.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL – SINDEC. Avaliação de Danos. Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC. Brasília – DF, 2010.

TRACTEBEL S.A. Controle do Nível do rio e Temperatura da Água (Adaptado). Alegrete – RS, 2009.