

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**STEFANIE ALMEIDA DOS SANTOS**

**ESTUDO DE ÁREAS URBANAS SUSCEPTÍVEIS A FENÔMENOS DE  
INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS NA CIDADE DE ALEGRETE-RS**

**Alegrete  
2015**

**STEFANIE ALMEIDA DOS SANTOS**

**ESTUDO DE ÁREAS URBANAS SUSCEPTÍVEIS A FENÔMENOS DE  
INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS NA CIDADE DE ALEGRETE-RS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
da Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Wilber Feliciano Chambi  
Tapahuasco

Coorientadora: Me. Marília Ferreira  
Tamiosso

**Alegrete  
2015**

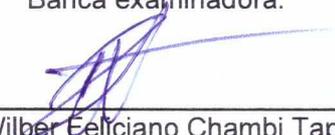
**STEFANIE ALMEIDA DOS SANTOS**

**ESTUDO DE ÁREAS URBANAS SUSCEPTÍVEIS A FENÔMENOS DE  
INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS NA CIDADE DE ALEGRETE-RS**

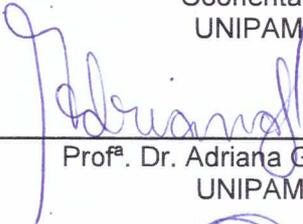
Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
da Universidade Federal do Pampa, como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: dia, mês e ano.

Banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Wilber Eeliciano Chambi Tapahuasco  
Orientador  
UNIPAMPA

  
\_\_\_\_\_  
Profª. Me. Marília Ferreira Tamiosso  
Coorientadora  
UNIPAMPA

  
\_\_\_\_\_  
Profª. Dr. Adriana Gindri Salbego  
UNIPAMPA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos  
UNIPAMPA

*Dedico este trabalho a Deus, a minha rocha inabalável...*

*E a todos os que amo, sem eles, eu nada seria.*

## AGRADECIMENTOS

Na elaboração deste trabalho, gostaria de agradecer:

- Acima de tudo e de todos... A Deus, pois, sem Ele jamais poderia concluir este trabalho. Presente em todos os momentos da minha vida, meu refúgio e fortaleza, é Ele quem me faz vitoriosa.
- À minha família, pelo conforto, apoio e motivação.
- Ao meu namorado, Bento Bicca, pela convivência amorosa, por seu afeto, palavras de motivação e principalmente paciência por aturar-me, pois sabemos o quanto isso exige disciplina e amor ao próximo. Rs.
- Ao meu orientador Professor Wilber Tapahuasco, por aceitar orientar-me, conceder-me o tema do meu trabalho e, principalmente, por ajudar-me no desenvolvimento do mesmo com dedicação e cobrança de qualidade.
- A minha co-orientadora Professora Marília Tamiosso, pela atuação construtiva, dedicando parte do seu tempo para me instruir e passar seu conhecimento, sem o qual não poderia desenvolver boa parte deste estudo.
- Aos meus colegas de projeto, Leandro Benedetti, Leonardo Cera, João Vitor Salinas e Társis Grisóstimo, pois, este tema começou como uma pesquisa para a bolsa PBDA concedida pelo Professor Wilber, e após tornou-se também, assunto do meu TCC. Jamais conseguiria levantar em tempo hábil todos os dados de campo sem ajuda desta equipe, foram essenciais. Por isso, o meu muito obrigado a cada um de vocês, por aceitarem dividir este estudo comigo.
- Aos membros da banca avaliadora Professora Adriana Salbego e Professor Fladimir Fernandes, pelas considerações valiosas que ajudaram a enriquecer meu trabalho.

*Deus diz assim:*

*“O tempo da vitória está chegando...*

*Cada lágrima, cada luta, está registrada Por Mim,*

*e Eu irei te recompensar com vitórias.*

*Eu te levarei, onde jamais imaginou,*

*pois os Meus planos são maiores que todas as suas expectativas.”*

*E eu “Tudo posso Naquele que me fortalece, pois Dele vem a minha força.”*

*Fp 4:13*

## RESUMO

Segundo dados do IBGE (2010) cerca de 84,4% da população brasileira vive hoje nos centros urbanos das cidades. O crescimento acelerado da população urbana gera no espaço urbano uma série de intervenções, visto que o desenvolvimento da infraestrutura das cidades não consegue acompanhar esse crescimento descontrolado. Sendo assim, a população mais carente acaba se instalando em lugares inadequados, como margem de cursos d'água, encostas, entre outros, contribuindo para o aumento de moradias irregulares nas regiões que oferecem riscos à população. A cidade de Alegrete, localizada na fronteira oeste do Estado do Rio Grande do Sul, constantemente é afetada por fenômenos de enchente e inundação, pois, assim como diversas cidades brasileiras, a mesma também possui um elevado número de pessoas vivendo na zona urbana da cidade. Diante dessa problemática, o presente trabalho fundamenta-se nas informações levantadas junto a órgãos locais para fazer uma análise das regiões vulneráveis à esses eventos, percorrendo e entrevistando os moradores através da aplicação de um questionário. Percebe-se nesse sentido, a precariedade dessas localidades no que tange a infraestrutura, pois há um déficit muito grande de sistemas de drenagem, muitos encontram-se danificados e obstruídos por lixo. Segundo a maioria da população entrevistada, as enchentes ocorrem com frequência de três à cinco anos, e geralmente no verão, especialmente no mês de novembro. No entanto, segundo dados de vazões e cotas do Rio Ibirapuitã levantados na ANA, constatou-se que a maior vazão já ocorrida em Alegrete foi no mês de abril, e o mês de maior incidência dos eventos é o mês de outubro. Sendo assim, partindo do objetivo central de avaliar as áreas e pontos críticos dentro da zona urbana de Alegrete, definiu-se através de mapeamento, sete faixas críticas suscetíveis à inundações no município, determinando a abrangência dos eventos nessas regiões. Posteriormente, através do método estatístico de Gumbel, pode-se projetar períodos de retornos futuros e obter as vazões que probabilisticamente ocorrerão, sendo obtido um tempo de retorno bastante curto de apenas dois anos, levando em consideração valores críticos para início de inundação com cota a partir de 10,8 m e vazão de 900 m<sup>3</sup>/s. A partir disso, pode-se perceber que as enchentes e inundações são preocupantemente frequentes, atingindo grande parte da população urbana. Portanto, é necessário que medidas de controle de ocupação de áreas de preservação sejam adotadas pelo município e medidas de intervenção

nas áreas povoadas sejam aplicadas, como sistemas de alertas e zoneamento, construção de contenção, revitalização das margens do Rio, entre outras.

Palavras-Chave: enchentes, inundações, urbanização, áreas de risco.

## ABSTRACT

According to IBGE data (2010) about 84,4% of the Brazilian population lives today in urban city centers. The accelerated growth of the urban population generates in the urban space a series of interventions, whereas the development of the infrastructure of cities can't keep up this uncontrolled growth. Thus, the poorer population ends up settling in inappropriate places, such as banks of streams, slopes, among others, contributing to the increase of irregular homes in regions that offer risk to the population. The city of Alegrete, located on the western border of the state of Rio Grande do Sul, constantly is affected by flood phenomena, because, as well as several Brazilian cities, the same also has a high number of people living in urban area. Because of the relevance of this problem, this project is based on information worked with local organs to analyze vulnerable regions to these events, interviewing residents with a help of a questionnaire. Perceives in this aspect, the precariousness of these locations with respect to infrastructure, because there is a very big deficit on the drainage system, many are damaged and clogged by trash. According to the majority of the interviewed population, floods tend to occur very frequently, between three to five years, and normally in the summer, especially in November. However, according to data from the Ibirapuitã River flows and quotas raised in the ANA, it was found that the greatest flow rate which has occurred in Alegrete it was in April, and the month with the highest incidence of events is October. Therefore, starting from the central objective of evaluating the areas and critical points within the urban area of Alegrete, was defined by mapping, seven critical places susceptible to flooding in the municipality, determining the scope of the events in these regions. Subsequently, using the statistical method of Gumbel, you can design periods of future returns and get the flows that are likely to occur, it is obtained a very short turnaround time of only two years, taking into account critical values for early flood with quota from 10.8 m and flow of 900 m<sup>3</sup>/s. From this, it can be seen that the floods are worryingly frequent, affecting a big part of the urban population. So, it is necessary that occupation control measures of preservation areas must be adopted by municipality and intervention measures in populated areas be applied, like alert systems and zoning, containment construction, revitalization of the River banks, among others.

Keywords: floods, urbanization, risk areas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A evolução da população mundial .....	23
Figura 2 - Influência da urbanização desordenada .....	25
Figura 3 - Desastres naturais no Brasil .....	27
Figura 4 - Abrangência dos eventos.....	28
Figura 5 – Processo de impacto da drenagem urbana.....	30
Figura 6 - Modificações no hidrograma pela impermeabilização da bacia .....	31
Figura 7 - Exemplo de obras estruturais intensivas e extensivas.....	36
Figura 8 - Localização do município de Alegrete no Estado do Rio Grande do Sul ..	46
Figura 9 – Bacia hidrográfica do Ibicuí .....	47
Figura 10 - Região hidrográfica do Uruguai e Sub-bacia do Ibirapuitã.....	47
Figura 11 – Área urbana da cidade de Alegrete e principais afluentes .....	48
Figura 12 – Jornal Local.....	49
Figura 13 – Entrevista aos moradores .....	56
Figura 14 – Localização da estação fluviométrica 76750000 .....	58
Figura 15 – Perfis transversais.....	60
Figura 16 – Sistemas de drenagem. ....	82
Figura 17 – Seção transversal média do Rio Ibirapuitã .....	91

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais agravantes antrópicos relacionados com os desastres .....	26
Quadro 2 – Resumo das medidas não estruturais .....	34
Quadro 3 – Resumo das medidas estruturais .....	37
Quadro 4 – Questionário de campo: eventos .....	51
Quadro 5 – Questionário de campo: sistemas de drenagem .....	52
Quadro 6 – Questionário de campo: danos .....	53
Quadro 7 – Questionário de campo: conscientização/prevenção .....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Residentes com até 3 anos de moradia.....	61
Gráfico 2 – Residentes na faixa de 4 à 6 anos de moradia.....	62
Gráfico 3 – Residentes na faixa de 7 à 12 anos de moradia.....	62
Gráfico 4 - Residentes na faixa de 12 à 15 anos de moradia.....	63
Gráfico 5 - Residentes com mais de 15 anos de moradia.....	63
Gráfico 6 – Meses mais críticos de ocorrência dos eventos segundo moradores.....	64
Gráfico 7 – Série histórica dos meses mais críticos.....	64
Gráfico 8 – Épocas mais problemáticas.....	65
Gráfico 9 – Tipos de fenômenos.....	66
Gráfico 10 – Duração dos eventos.....	66
Gráfico 11 – Frequência dos eventos.....	67
Gráfico 12 – Existência dos sistemas de drenagem.....	68
Gráfico 13 – Tipos de sistemas de drenagem.....	68
Gráfico 14 – Funcionamento dos sistemas de drenagem.....	69
Gráfico 15 – Problema do mau funcionamento dos sistemas de drenagem.....	70
Gráfico 16 – Alternativas para amenizar os eventos em relação aos sistemas.....	70
Gráfico 17 – Quantidade de pessoas afetadas na família.....	71
Gráfico 18 – Número de pessoas enfermas por família.....	71
Gráfico 19 – Perdas materiais.....	72
Gráfico 20 – Prejuízos frequentes ocasionado aos moradores.....	72
Gráfico 21 – Assistência às famílias.....	73
Gráfico 22 – Entidades que prestam assistência às famílias ribeirinhas.....	74
Gráfico 23 – Adoção de medidas pós-eventos.....	74
Gráfico 24 – Medidas pós evento executadas nas áreas afetadas.....	75
Gráfico 25 – Interesse em troca de moradia.....	76
Gráfico 26 – Ações de conscientização por parte da população.....	77
Gráfico 27 – Ações de contribuição da população.....	77
Gráfico 28 – Atitude tomada pela população.....	78
Gráfico 29 – Quantidade de sistemas de drenagem em cada faixa estudada.....	79
Gráfico 30 – Média mensal das vazões ocorridas de 1941 à 2013.....	82
Gráfico 31 – Curva-chave.....	85
Gráfico 32 – Análise representativa de Gumbel.....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de elementos de drenagem e dimensão nas faixas 1, 2, 3..	80
Tabela 2 – Quantidade de elementos de drenagem e dimensão nas faixas 4, 5, 7..	81
Tabela 3 – Posição dos meses com maiores vazões diárias .....	83
Tabela 4 – Dados das maiores vazões em 71 anos.....	84
Tabela 5 – Estimativas dos dados de vazão e cota para 1000 anos.....	88
Tabela 6 – Tempo de retorno para os dados observados.....	89
Tabela 7 – Dados comparativos.....	93

## LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1 – Processo metodológico .....	45
Esquema 2 – Passo a passo do trabalho de campo .....	50

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1.1	Objetivos	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos Específicos	19
1.2	Justificativa	19
1.3	Estrutura do Trabalho	20
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>21</b>
2.1	As consequências da urbanização	21
2.2	Desastres naturais	25
2.2.1	Aspectos conceituais sobre enchentes, inundações e alagamentos	27
2.2.1.1	Causas e consequências	30
2.3	Controle e Prevenção de desastres	32
2.4	Mapeamento das áreas de risco	37
2.4.1	Metodologias que usualmente são adotadas para elaboração de mapas de risco	38
2.5	Medição e análise de vazões	40
2.5.1	Estações hidrométricas	40
2.5.2	Curva-chave	40
2.6	Análise de vazões	41
2.6.1	Método de Gumbel	42
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>45</b>
3.1	Caracterização da área de estudo	46
3.2	Levantamento de dados históricos	48
3.2.1	Processamento dos dados	49
3.3	Análise das áreas críticas na zona urbana da cidade	49
3.4	Levantamento de campo	50
3.4.1	Elaboração do questionário de campo	51
3.4.2	Entrevista aos moradores das faixas críticas	55
3.4.3	Mapeamento das áreas críticas susceptíveis a fenômenos de enchente, inundação e alagamento	56
3.4.4	Levantamento quantitativo e qualitativo dos sistemas de drenagem dentro das faixas críticas	57

<b>3.5 Levantamento e processamento de dados hidrológicos do Ibirapuitã .....</b>	<b>57</b>
<b>3.5.1 Caracterização da estação fluviométrica .....</b>	<b>58</b>
<b>3.5.2 Construção da curva-chave .....</b>	<b>59</b>
<b>3.5.3 Procedimento para análise da empregabilidade do Método Gumbel para estimativas de retorno .....</b>	<b>59</b>
<b>3.5.4 Elaboração do perfil transversal do Rio Ibirapuitã.....</b>	<b>60</b>
<b>4 Apresentação e análise dos resultados .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1 Análise do levantamento de campo.....</b>	<b>61</b>
<b>4.2 Análise dos sistemas de drenagem.....</b>	<b>78</b>
<b>4.3 Análise dos dados hidrológicos .....</b>	<b>82</b>
<b>4.3.1 Análise da curva-chave.....</b>	<b>85</b>
<b>4.3.2 Ajuste da distribuição de probabilidade de Gumbel .....</b>	<b>86</b>
<b>4.3.3 Análise da frequência das enchentes.....</b>	<b>87</b>
<b>4.3.4 Análise da elaboração do perfil transversal médio do Rio Ibirapuitã.....</b>	<b>90</b>
<b>4.3.5 Comparação dos dados obtidos em campo com os dados da ANA .....</b>	<b>92</b>
<b>4.4 Possíveis medidas preventivas e recomendações para as áreas de vulnerabilidade .....</b>	<b>94</b>
<b>5 Considerações finais e sugestões futuras.....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>110</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE (2010), o Brasil até meados dos anos 60, tinha uma taxa de urbanização inferior a 45%. No entanto, nas últimas décadas obteve um crescimento bastante significativo e preocupante da população urbana, acarretando em um processo de urbanização acelerado, atingindo no ano de 2010, 84,4% da população total.

Da mesma maneira, a população do Rio Grande do Sul cresceu e se concentrou nas cidades, de acordo com os dados do Censo de 2010 a taxa de urbanização de 44,9% passou para 85,1% da população vivendo nos centros urbanos do Estado.

Diante deste cenário, pode-se dizer que, provavelmente, o descontentamento, a falta de oportunidade, a dificuldade de acesso a uma boa educação, a ausência de perspectiva de vida, entre vários outros fatores, tenham motivado a população a migrar das zonas rurais para as urbanas, contribuindo para acelerar a urbanização.

A cidade de Alegrete, cuja mesma é objeto deste trabalho, não poderia ser diferente. Os dados, segundo o IBGE (2010), também demonstram a grande diferença entre a população urbana com 89% e a rural com 11%. Sabe-se que o crescimento desenfreado da população em áreas urbanas acarreta vários tipos de danos devido ao crescimento desordenado e descontrolado da cidade.

Nesse sentido, cita-se a falta de planejamento, investimento em infraestrutura, o crescimento de habitações precárias e irregulares em áreas de risco, margem de rios, encostas, entre outros lugares.

Todas essas variáveis provocam no espaço urbano uma série de impactos nos territórios utilizados, desencadeando uma série de acontecimentos, como as enchentes, as inundações, os deslizamentos de terra, entre outros fatos; devido à intromissão, o mau uso e a ocupação do solo pelo homem (ALMEIDA, 2014).

Em decorrência do crescimento populacional desenfreado que vem acontecendo até os dias de hoje, é perceptível as mudanças no meio ambiente. Temperaturas mais elevadas, aumento da poluição, expansão de loteamentos em áreas irregulares próximas a cursos d'água, impermeabilização do solo, aumento da produção de resíduos sólidos descartados em lugares inadequados, são alguns dos diversos exemplos que podem ser citados.

Esse desencadeamento de fatos gera uma série de consequências danosas não só à população, mas também ao município em que se está inserido, e entre elas estão as enchentes e as temíveis inundações urbanas. Segundo Costa (2012), as enchentes e inundações há anos vêm assumindo a liderança dos desastres naturais de maior destaque, pelo fato de serem os eventos catastróficos de maior ocorrência no Brasil, sendo esse classificado como um dos países mais afetados por essas catástrofes.

A tendência do quadro que se visualiza nos dias de hoje é agravar-se cada vez mais, pois, sem o controle necessário, aumentará o número de pessoas vivendo em áreas de periferia, visto que hoje isso é uma realidade para a população de baixa renda que cresce sem nenhuma restrição.

Logo, deve-se buscar adotar medidas cabíveis para solução ou minimização dos problemas como, controle, monitoramento das áreas de preservação, planejamento, criação de políticas públicas envolvendo ações para lidar com os eventos, fiscalização de áreas públicas e mudança nos planos diretores municipais com inclusão de zoneamento de áreas vulneráveis que não permitam que mais pessoas se instalem nesses locais (TUCCI; BERTONI, 2003; ENOMOTO, 2004; COSTA, 2012; POLI, 2013).

Sabe-se que as inundações são verdadeiras ameaças para a população, sobretudo em zonas de periferia, onde, geralmente, não há tratamento de esgoto, o risco de contaminação é alto e pode acarretar em sérias doenças e até mesmo mortes, sem mencionar os danos materiais provocados pela água. Segundo afirma Silva (2011), Alegrete é uma cidade deficiente em planejamento urbano, onde a ocupação das áreas de risco geralmente é espontânea e sem interferência ou fiscalização por parte das autoridades competentes.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho visa analisar as áreas críticas na zona urbana do município de Alegrete/RS, passíveis à ocorrência de fenômenos como enchentes, inundações e alagamentos, confrontando os dados obtidos em campo com os dados de vazão observados.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Para atingir o objetivo central do trabalho propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- a. Levantar dados históricos referentes a eventos de enchente, inundação e alagamento registrados nas áreas urbanas da cidade de Alegrete/RS;
- b. Definir e quantificar todas as áreas críticas dentro da região urbana da cidade, a partir dos dados históricos levantados no item a;
- c. Determinar a abrangência dos eventos, os danos, os impactos sofridos e as necessidades da população que vivem nessas regiões, a partir de pesquisa de campo;
- d. Mapear a zona urbana, reajustando as reais faixas críticas de abrangência dos eventos, a partir dos dados coletados no item c;
- e. Avaliar os dados hidrológicos históricos das maiores vazões do Rio Ibirapuitã e cotas diárias ocorridas no município, confrontando-os com os dados obtidos em campo junto aos moradores;
- f. Propor possíveis medidas de prevenção e recomendações para as áreas vulneráveis à inundação;

### **1.2 Justificativa**

As enchentes e inundações são fenômenos que necessitam de atenção devido a seus efeitos e periculosidade. Face à essas observações, é muito importante que se conheça as áreas críticas vulneráveis à inundação em uma cidade e os danos que essas podem causar.

Somente mediante esse reconhecimento é que poderão ser adotadas medidas preventivas, como por exemplo, zoneamento de áreas de risco, adoção de sistemas de alertas a partir de mapeamento das áreas de risco iminente para evacuação de locais já povoados, entre outras alternativas.

A importância de tratar de temas como os abordados neste trabalho e o fato de não haver, no momento, em vigor no município de Alegrete nenhum programa de controle de ocupações de áreas de risco de inundação, foram motivos significativos para o desenvolvimento do mesmo, embora haja no Plano Diretor Municipal de

Alegrete os limites de APP (área de preservação permanente para os afluentes), esses não são respeitados, devido uma deficiência de fiscalização.

No que tange à vulnerabilidade da área analisada, diante da ausência de estudos e de medidas preventivas, e ainda a falta de conhecimento da população sobre quão impactante podem ser os fenômenos, e do risco em que os mesmos se colocam pela falta de planejamento e pelo descaso e ausência de ações de controle e fiscalização por parte das autoridades em relação aos eventos, só reforçaram ainda mais a motivação para este estudo.

A zona urbana da cidade de Alegrete apresenta uma ampla área de planície de inundação que não é propícia ao uso residencial. Segundo Lei Federal 12.651/2012, o Rio Ibirapuitã possui uma APP de 100 m a partir do nível normal em projeção horizontal da lâmina d'água, e o Arroio Regalado uma APP de 50 m, e esses locais requerem cuidados especiais para ocupação, um fator que não é respeitado, visto que estas áreas encontram-se quase toda ocupadas por moradias.

Com isso, ressaltasse a necessidade de serem tomadas medidas urgentes por parte dos órgãos competentes, que visem adotar ações corretivas e preventivas que orientem a população já instalada e que controle a expansão urbana, podendo direcionar as novas ocupações, por meio de uma ampliação da oferta de moradias populares em locais adequados.

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho é composto pelos seguintes capítulos:

- Capítulo 1: consiste na abordagem da introdução da pesquisa, na contextualização do problema de pesquisa, nos objetivos pretendidos e na justificativa para escolha do tema.
- Capítulo 2: trata da revisão bibliográfica usada para pesquisa do tema em análise.
- Capítulo 3: descreve os procedimentos e métodos adotados para realização da pesquisa.
- Capítulo 4: mostra a apresentação da pesquisa, a correlação e análise dos resultados;
- Capítulo 5: abrange as considerações finais do estudo e recomendações para trabalhos futuros;

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 As consequências da urbanização**

A urbanização está entre as representações mais expressivas e significativas de manifestações de atividades antropológicas. Pode-se afirmar que ao longo da história, o processo de urbanização identifica três grandes etapas: pré-industrial, industrial e atualmente o das comunicações. O explosivo crescimento urbano no mundo e os problemas que vem juntamente com esta situação constituem-se num dos assuntos mais importantes dos últimos tempos. Por volta do ano de 1800, apenas 1% da população vivia nas cidades, desde meados do século XVIII, onde então o efeito associado à revolução industrial se espalharia gerando o aumento global da urbanização em um ritmo acelerado (TUCCI; BERTONI; 2003).

Ao longo das últimas décadas, o Brasil apresentou um significativo aumento da população urbana gerando as conhecidas regiões metropolitanas. Após a década de 60, a urbanização teve o seu processo acelerado, o que acarretou numa população praticamente sem infraestrutura (TUCCI, 20-?).

O crescimento que gerou grandes metrópoles formadas por um núcleo principal e várias cidades satélites são resultados da expansão acelerada da população. No entanto, a tendência dos últimos anos tem sido a redução do avanço populacional do país nos núcleos das regiões metropolitanas e um aumento das suas periferias. Nos países da América Latina o aumento do número de periferias e cidades satélites é evidente, esse quadro que divide os bairros ricos e as regiões pobres tende agravar-se com o decorrer dos anos (TUCCI; BERTONI; 2003).

Os bairros de regiões pobres são desestruturados, com construções não regulamentadas e na maioria dos casos não integrados do ponto de vista socioeconômico, com grande precariedade e carência de serviços urbanos coletivos. No Brasil, a maior parte da população de baixa renda vive em favelas que ocupam áreas de risco, como encostas ou áreas facilmente inundáveis, sem a mínima infraestrutura básica de água, esgoto e drenagem pluvial (TUCCI; BERTONI; 2003).

A ocupação ilegal de áreas públicas pela população de baixa renda dificulta a adoção de medidas de controle não estruturais no ambiente urbano, e essa tendência tem sido resultado de diversos fatores, como: renda econômica precária por uma parte da sociedade em períodos de crise econômica e desemprego, falta de planejamento

e investimento público no que tange a expansão urbana, entre outros fatores (TUCCI; BERTONI; 2003).

As áreas urbanizadas são as que mais expõem e denunciam a intromissão do homem ao meio ambiente. As construções de moradias, o desmatamento, a impermeabilização do solo advinda da construção de ruas e calçamentos, a poluição das águas causando o assoreamento dos rios, as canalizações dos cursos d'água, a obstrução dos sistemas de drenagem pelo lixo, são algumas das diversas alterações que ocorrem no meio natural resultado das atividades nas cidades (POLI, 2013).

Todas essas ações são sentidas mais tarde pela própria população causadora de grande parte deste infortúnio, tais como o aumento da temperatura nos centros urbanos, o aumento de chuvas, e por fim resultando em enchentes e inundações como alguns exemplos entre tantos outros desastres que comumente acontecem em diferentes regiões do mundo (POLI, 2013).

No início do século XX, os projetos de canalizações para drenagem urbana advindos de conceitos do século anterior foram aprimorados pelo desenvolvimento de modelos matemáticos, hidrológicos e hidráulicos. Paralelo a isso, a ideia de separar o esgoto da água da chuva foi extensivamente inserido, principalmente por questões sanitárias. Como resultado da intensa urbanização, após a década de 50 percebeu-se uma crise nesses sistemas e suas consequências repercutem até os dias de hoje (ENOMOTO, 2004).

Fica claro com este histórico, como o crescimento da densidade populacional de uma região acarreta em problemas na quantidade de demanda de água para abastecimento público, geração de resíduos sólidos, poluição de rios e lençol freático, deterioração da qualidade do ar, da qualidade dos corpos d'água, gerando problemas de poluição ambiental. Por sua vez, o aumento de áreas construídas e edificadas, obras de infraestrutura viária trazem como consequência o aumento de áreas impermeáveis, alterando o sistema de drenagem que existia antes e incrementando a velocidade de escoamento superficial (ENOMOTO, 2004).

Chow, Maidment e Mays (1988) apud Enomoto (2004) resumiram os efeitos da urbanização nos processos hidrológicos, enfatizando que a quantidade de água cresce na mesma proporção em que crescem as áreas impermeabilizadas, e o resultado é a redução da quantidade de água infiltrada.

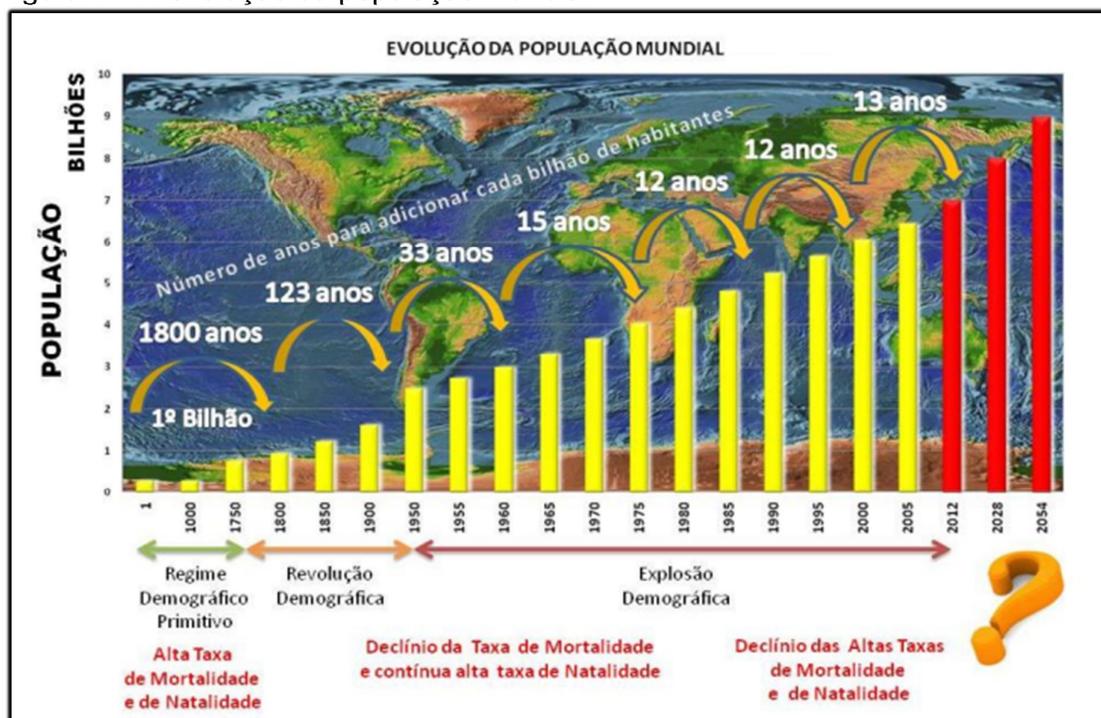
Tucci (1995) apud Enomoto (2004) dividiu os impactos provocados pela urbanização em:

- impacto ambiental: acontece quando há um aumento da produção de sedimentos e conseqüentemente provoca o assoreamento da drenagem;
- impacto no balanço hídrico: é alterado com o crescimento do volume de escoamento superficial;
- impacto no hidrograma de enchente: com a diminuição da infiltração advinda da urbanização, há um aumento no volume de água que escoou pela superfície.

Segundo a ONU (2006) apud BBC (2006), o Brasil terá até o ano de 2020, 55 milhões de pessoas vivendo em áreas de risco (favelas), e isso vai além de manifestações de moradias de baixa renda e carência de serviços básicos, sendo considerado um sintoma de sociedades urbanas disfuncionais, onde as desigualdades não são apenas aceitáveis e toleradas como aumentam cada vez mais sem nenhuma restrição.

A Figura 1 ilustra a evolução da população no planeta desde o regime demográfico primitivo até a explosão demográfica.

Figura 1 – A evolução da população mundial



Fonte: Costa (2012, p. 32)

Pode-se perceber na Figura 1 que a evolução populacional desde o início da Era Cristã, onde a população girava em torno de 300 milhões de habitantes e a expectativa de vida era de aproximadamente 40 anos, é marcado pela alta

mortalidade infantil devido a guerras e doenças, o que resultava em um baixo crescimento da população.

Logo após vem o ciclo da revolução demográfica, marcado pela baixa na mortalidade e conseqüente aumento da taxa de natalidade, o que faz com o que o cenário populacional mude de 300 milhões para 2,5 bilhões de habitantes em 200 anos, com um crescimento superior a 800% (COSTA, 2012).

Por último vem o ciclo da explosão demográfica, onde a população dá um salto de 2,5 para aproximadamente 7 bilhões de pessoas no mundo nos dias atuais, apontando um crescimento de aproximadamente 280% em 62 anos. Segundo Hobsbawm (1977) apud Costa (2012), isto é um crescimento hiperbólico, onde o número de habitantes é duplicado a taxas de tempo cada vez mais curtas.

Conforme estimativas da ONU (2004) apud Costa (2012), em 2300 o mundo contará com uma população em torno de 9 bilhões de pessoas, sendo que o Brasil, no ano de 2055, terá aproximadamente 233 milhões de habitantes.

Segundo Costa (2012), a urbanização é algo espontâneo, porém, o planejamento dessas regiões ocorre somente para as pessoas de alto poder aquisitivo, principalmente em condomínios fechados de classe média a alta. Já para a população menos afortunada, a ocupação ocorre normalmente em localidades de risco e de maneira irregular e clandestina.

Segundo Silva (2011), o município de Alegrete vem sofrendo nos últimos anos sérias intervenções por parte do homem em suas redes de drenagens, visto que o mesmo busca satisfazer seus desejos sem dar a mínima importância ao meio ambiente em que vive. O desrespeito pelos limites naturais locais foi intensificado nesta cidade, nas últimas décadas, resultado da transformação do espaço pela urbanização. Dessa forma, a agressão e a pressão às drenagens locais foram ampliadas, ocorrendo uma intensa ocupação das planícies inundáveis.

As pessoas que vivem no Brasil apresentam a mesma tendência de ocupação ambiental que o restante do mundo, ou seja, escolhem o meio urbano como lar. A transformação do país, de rural para urbano, se deu por um processo predatório de elevada exclusão social, onde as classes desfavorecidas por não terem condições de adquirir um lote em áreas urbanas bem estruturadas acabaram por ocupar terras que deveriam ser protegidas para preservação das águas, das encostas, entre outros (OTT, 2004, apud MUCELIN; BELLINI, 2008).

Percebe-se que, por meio 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 (SILVA, 2011). A Figura 2 mostra um esquema resumido das influências e consequências de uma urbanização desordenada.

Figura 2 – Influência da urbanização desordenada



Fonte: Costa (2012, p. 74)

## 2.2 Desastres naturais

Fenômenos naturais como inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros, são eventos severos, fortemente influenciados pelas características regionais, tais como, rocha, solo, topografia, vegetação, condições meteorológicas. Quando episódios intensos como esses ocorrem em locais onde os seres humanos vivem, resultando em danos (materiais e humanos) e prejuízos (socioeconômicos) são definidos como “desastres naturais” (KOBAYAMA et al., 2006).

No entanto, segundo Castro (1998), os desastres naturais são aqueles causados pelo impacto de um evento natural, e são produzidos por elementos de origem externa que independem da atividade humana. Porém, segundo Kobiyama et al. (2006), estes acontecimentos são geralmente agravados pela contribuição dos mesmos de forma inadequada, o que acaba intensificando o problema como pode ser visto no Quadro 1, onde tem-se a evidência de algumas ações antrópicas e suas consequências.

Quadro 1 – Principais agravantes antrópicos relacionados com os desastres

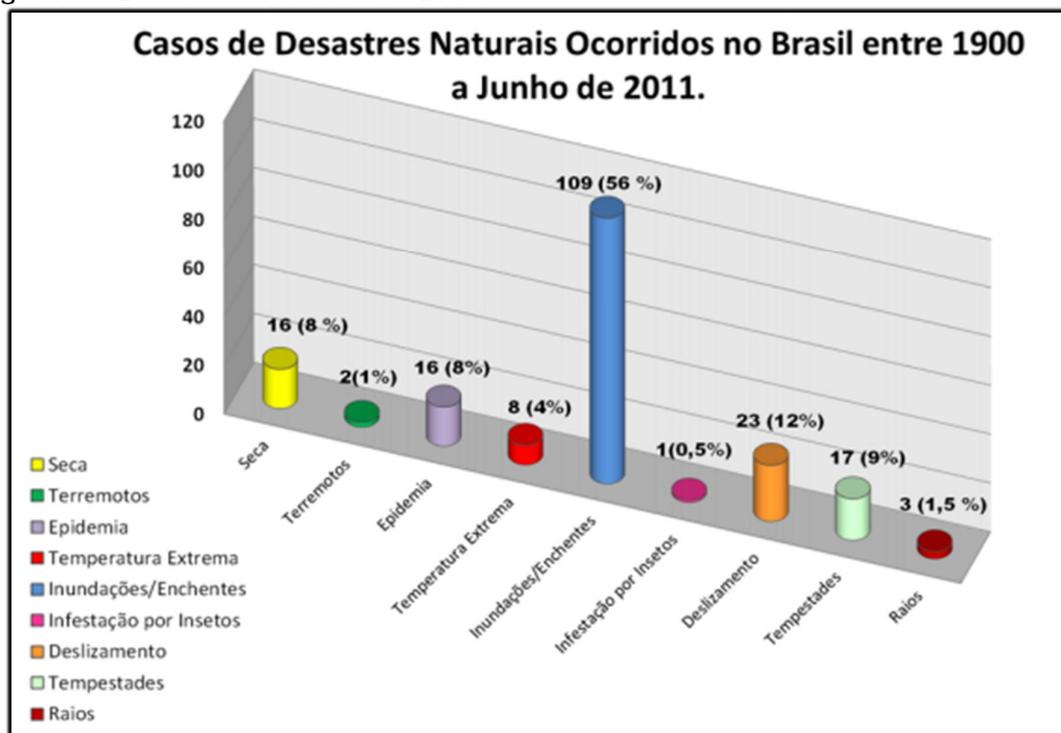
<b>AGRAVANTES HUMANOS</b>	<b>DESASTRES CONSEQUENTES</b>
Emissão de gases nocivos	Chuvas ácidas
Retirada de mata ciliar e assoreamento dos rios	Inundações
Impermeabilização do solo (concreto, asfalto)	Inundações bruscas
Ocupação desornada de encostas íngremes	Escorregamentos

Fonte: Kobiyama et al. (2006, p. 12)

As enchentes e inundações são caracterizadas como desastres ambientais que ocorrem naturalmente devido a intensas precipitações, porém, as ações antrópicas colaboram muito com a dimensão e o agravamento do problema, pois a natureza reivindica o que é seu e não tem culpa se as pessoas ocuparam ou alteraram o seu espaço.

A retirada da mata ciliar, o assoreamento dos rios e a impermeabilização do solo, como visto no Quadro 1, são alguns exemplos típicos da intromissão do homem no meio ambiente (KOBİYAMA et al., 2006). A Figura 3 mostra o número e o tipo de desastres naturais ocorridos no Brasil entre os anos de 1900 e 2011.

Figura 3 – Desastres naturais no Brasil



Fonte: EM-DAT (2011) apud Costa (2012, p. 54)

Segundo a Figura 3, pode-se observar que o desastre natural que ganha destaque são enchentes e inundações com 56% do total de desastres ocorridos no Brasil. O controle e monitoramento de desastres como as enchentes são primordiais para o planejamento de ações preventivas, bem como a criação de políticas públicas, pois o Brasil é classificado como um dos países mais afetados por essas catástrofes. Em função desse histórico que o país carrega, torna-se importante o governo agir de forma preventiva para amenizar os impactos e diminuir o número de perdas e vítimas com esses eventos (COSTA, 2012).

### 2.2.1 Aspectos conceituais sobre enchentes, inundações e alagamentos

Fenômenos como as enchentes e inundações são exemplos de desastres naturais que mais afetam as comunidades em diversas regiões do planeta, sejam áreas rurais ou metropolitanas. Esses eventos de natureza hidrometeorológica fazem parte da dinâmica natural e ocorrem frequentemente provocados por chuvas rápidas e fortes, chuvas intensas de longa duração, degelo nas montanhas, entre outros

eventos climáticos sendo intensificados pelas alterações ambientais e intervenções urbanas produzidas pelo Homem.

Grande parte das cidades brasileiras apresentam problemas de enchentes e inundações, sendo as regiões metropolitanas as mais vulneráveis, onde as situações de risco são maiores e mais graves devido ao elevado número de habitantes vivendo de forma irregular, como em áreas marginais de cursos d'água (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007).

Segundo definições conceituais, pode-se dizer que a diferença entre enchente e inundação resume-se ao confinamento ou não das águas de um curso d'água no seu canal de drenagem. É necessária a compreensão de que o processo hidrológico desses fenômenos é dinâmico, sendo assim pode haver ao longo de um mesmo curso d'água trechos tanto com enchentes quanto inundações que podem ou não impactar de forma destrutiva as ocupações humanas que estejam dentro de seu domínio.

No Brasil, termos como cheias, enchentes, alagamentos, enxurradas, inundações urbanas, bruscas e graduais são frequentemente usados para se referir às inundações. No entanto, os mesmos são utilizados de forma errônea, visto que cada um dos termos significam situações típicas diferentes (ANDRADE, 2006).

Pela Figura 4 pode-se compreender melhor até onde é apropriado utilizar os termos situação normal, enchente, inundação e ponto de alagamento (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007).

Figura 4 – Abrangência dos eventos



Fonte: Defesa Civil São Bernardo do Campo (2011)

Segundo Carvalho, Macedo e Ogura (2007), Goerl e Kobiyama (2005) apud Kobiyama et al. (2006) e Tucci (2005), pode-se ter um melhor esclarecimento do que representa cada termo associado às inundações:

- Enchentes: também conhecidas como cheias, acontecem quando em períodos de grande incidência de chuva atingem o curso d'água provocando o aumento de suas águas até atingirem suas margens, porém não extravasam para áreas marginais onde costuma se concentrar a maior parte da população ribeirinha.
- Inundações: é o processo de extravasamento das águas de um canal de drenagem, ou seja, as mesmas ultrapassam o leito de escoamento quando a enchente atinge a cota acima do nível máximo da calha principal do rio e transbordam para áreas adjacentes, onde está concentrada grande parte da população de baixa renda. Quando há intensa precipitação e o solo não tem capacidade de infiltração devido à impermeabilização, grande parte do volume de água é encaminhada para os sistemas de drenagem, ultrapassando assim sua capacidade natural de escoamento, logo esse excesso que não consegue ser escoado, ocupa a várzea, inundando de acordo com a topografia das regiões marginais ao rio. As inundações ainda podem ser diferenciadas em dois tipos: graduais e bruscas.
  - Inundações graduais: são aquelas em que a elevação da vazão e o transbordamento ocorrem de forma lenta e previsível nas áreas adjacentes aos cursos d'água, que normalmente são provocadas por chuvas de longa duração, elevando o nível gradualmente.
  - Inundações bruscas: elas ocorrem repentinamente com pouco ou nenhum tempo de alerta. No Brasil são conhecidas popularmente como enxurrada, ou seja, ocorrem no tempo próximo ao momento da ocorrência do evento que as causam, nesse caso, chuvas intensas de curto período, atingindo de surpresa a população que mora em áreas de vulnerabilidade não havendo tempo hábil para se protegerem ou salvar seus pertences.
- Alagamentos: nada mais é que o acúmulo de água em determinados pontos da cidade devido à ineficiência dos sistemas de drenagem podendo ou não estar relacionado a processos de natureza fluvial. Logo, quando há intensa precipitação, os sistemas de drenagem deficientes não dão conta de escoar essa água e a mesma acaba por se acumular nas ruas e perímetros urbanos.

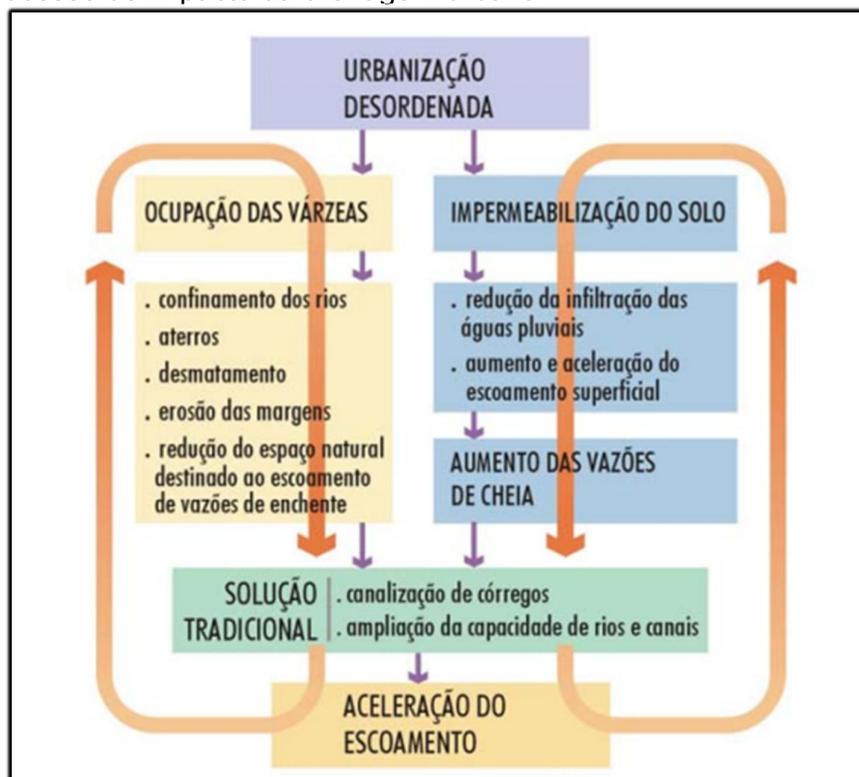
### 2.2.1.1 Causas e consequências

É visto que o desenvolvimento da urbanização crescendo de maneira desequilibrada é a precursora no que tange ao desencadeamento de fenômenos como as enchentes e as inundações.

Segundo Carvalho, Macedo e Ogura (2007), no Brasil a expansão da área urbana se dá juntamente com ações que alteram as condições originais do ciclo hidrológico de um determinado local, como desmatamento, exposição dos terrenos à erosão, o assoreamento dos cursos d'água devido ao acúmulo de lixo jogado pela população em ruas e margens de rios, a impermeabilização do solo, as diversas intervenções estruturais nos rios e a ocupação de áreas impróprias para moradia.

Conforme Tucci (2005), pode-se compreender de forma resumida os efeitos de uma urbanização desordenada mostrados na Figura 5.

Figura 5 – Processo de impacto da drenagem urbana



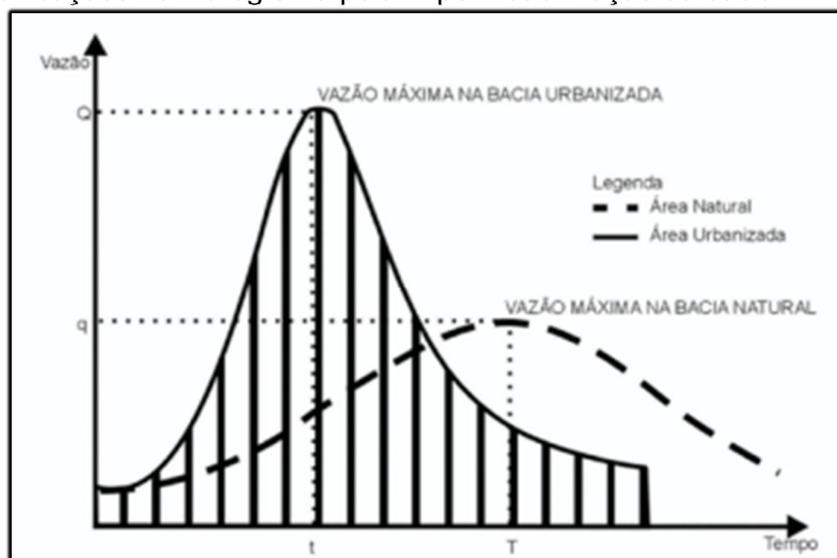
Fonte: Sudersha (2002) apud Tucci (2005, p. 81)

Poli (2013) afirma que a urbanização provoca mudanças no microclima dos municípios, visto que o constante desmatamento, as construções de edificações e as

indústrias acarretam em um aumento na temperatura em relação a zonas rurais e zonas afastadas de centros urbanos em uma diferença que pode chegar até 10°C. Sendo assim, há uma intensificação da evaporação e o resultado é o aumento da quantidade de chuvas.

Em decorrência da impermeabilização dos solos em função da urbanização a Figura 6 mostra sob o ponto de vista hidrológico, a alteração provocada na vazão máxima de uma bacia.

Figura 6 - Modificações no hidrograma pela impermeabilização da bacia



Fonte: Carvalho, Macedo e Ogura (2007, p.98)

Como pode ser observado na Figura 6, os principais efeitos da urbanização são o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento do volume do escoamento superficial. Tucci (2003) afirma que à medida que uma cidade se urbaniza há um aumento das suas vazões em até sete vezes.

Segundo Carvalho, Macedo e Ogura (2007), as enchentes e inundações apresentam efeitos bastante prejudiciais à população e classificam-se em diretos e indiretos. Os danos diretos englobam mortes por afogamento, destruição de moradias, danos materiais de patrimônio público e privado, gastos com recuperação, entre outros. Já nos danos indiretos estão incluídas as doenças que são transmitidas a população por meio da água contaminada, tais como a leptospirose, a febre tifoide, a hepatite, a cólera, entre outros malefícios.

## 2.3 Controle e prevenção de desastres

Enomoto (2004) enfatiza que o controle de inundações consiste em um conjunto de medidas preventivas, cujo objetivo é minimizar os riscos que as populações estão sujeitas, minimizando os prejuízos causados por inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano sustentável de maneira mais harmoniosa e estruturada.

Segundo Poli (2013), as melhores medidas preventivas para solucionar as enchentes, são principalmente as institucionais. Assim, é importante que haja a fiscalização dos órgãos responsáveis, tanto municipais quanto estaduais, no que se refere ao uso e ocupação do solo e a utilização dos recursos hídricos, sendo necessário um planejamento urbano coerente que respeite as áreas de várzeas e encostas.

Quando a população é impactada por esses fenômenos acaba pressionando seus representantes por soluções de tipo estrutural como construção de barragens, diques, canalizações, porém, essas obras têm um alto custo e o governo muitas vezes não tem condições de arcar. É possível que as administrações estaduais não estejam preparadas técnica e financeiramente para planejar e controlar esses eventos, visto que os recursos hídricos são tratados de forma setORIZADA, logo, não há interação na administração e seu controle (TUCCI, 20-?).

Existem muitos municípios que não incluem aspectos de prevenção contra ocupação de áreas de risco de enchentes e inundações nos seus Planos Diretores Urbanos, e as consequências dessa falta de planejamento e regulamentação são sofridas em diversas cidades de médio e grande porte do país (TUCCI, 20-?).

Depois que as áreas estão todas ocupadas, as soluções ficam mais difíceis e mais onerosas. Devido essa falha no impedimento da ocupação desses espaços, o poder público passa a destinar grande parte do orçamento à proteção de uma parcela da cidade que é atingida, fundos esses sustentados por impostos pagos por toda a população (TUCCI, 20-?).

Segundo Kobiyama et al. (2006) e Tucci (20-?) há dois modelos preventivos básicos para controle de inundações, que são os estruturais e os não estruturais. Estes podem ser definidos quando o homem altera o rio e quando ele convive com o rio, respectivamente.

O primeiro caso envolve medidas de controle com a execução de obras como diques, barragens, canalizações, alargamento de rios, reflorestamento, etc. Já o segundo caso engloba medidas de natureza preventiva, como, sistemas de alertas ligados à Defesa Civil, seguros, mapeamento de áreas de risco ou zoneamento das áreas inundáveis, entre outras.

Kobiyama et al. (2006) dizem que não se pode evitar que catástrofes oriundas da natureza aconteçam, pois está além da capacidade do homem controlá-la. Nesse sentido, com prevenção pode-se ter os efeitos das mesmas reduzidas.

Entretanto, Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012) entendem que as medidas preventivas estruturais na maioria das vezes são inviáveis devido a seu alto custo e complexidade de construção, optando-se então pelas medidas não estruturais, devido ao seu baixo custo de implementação.

Kobiyama et al. (2006, p. 31) destacam que "as medidas não-estruturais geralmente envolvem ações de planejamento e gerenciamento, como sistemas de alerta e zoneamento ambiental." A infraestrutura necessária para a operosidade humana deve ser implantada de acordo com um zoneamento ambiental, levando em conta a probabilidade de ocorrência de riscos ambientais através do mapeamento das áreas de risco. De acordo com o risco ao qual uma determinada região está submetida, são também definidas suas restrições de uso.

Para áreas de risco em que já são ocupadas pela população, sugere-se a criação de sistemas de alerta, na qual objetiva-se cooperar na redução das perdas e danos causados as mesmas. Logo, deve-se fiscalizar e acompanhar continuamente os principais agentes causadores dos fenômenos naturais, sendo capaz de simulá-los em tempo real para que, quando ocorrer uma condição crítica, o sistema possa emitir um alerta a tempo de remover toda a população do local (KOBİYAMA et al., 2006).

Conforme Enomoto (2004) descreve, como demonstrado no Quadro 2, tem-se uma melhor compreensão dos exemplos de medidas preventivas não estruturais de maneira simplista, as características e os objetivos que se pretende atingir com a aplicação de cada um dos métodos.

Quadro 2 – Resumo das medidas não estruturais

<b>Medida</b>	<b>Características</b>	<b>Objetivos</b>
Plano Diretor	Planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas	Evitar ocupação sem prevenção e previsão
Zoneamento	Conjunto de regras para a ocupação das áreas de maior risco de inundação. É incorporado ao Plano Diretor.	Visa à minimização futura de perdas materiais e humanas em face das grandes cheias.
Controle de desmatamento	Além do controle do desmatamento, o reflorestamento deve ser feito em todos locais possíveis.	Prevenir a erosão e o assoreamento.
Educação Ambiental	Para ser realizado junto à população. A conservação das margens dos arroios, sua vegetação típica e taludes são essenciais.	Conscientizar a população que sofre ou poderá sofrer com as inundações
Medidas de apoio à população	Lugares seguros para preservar a pessoa, a família e trabalhos. Construção de abrigos temporários, meios de evacuação, patrulhas de segurança.	Inserir nos possíveis atingidos pelas inundações um senso de proteção
Distribuição de informação sobre as enchentes	Programa de orientação da população sobre as previsões de enchentes para que ela aprenda a se prevenir contra as cheias.	Aprimorar a qualidade da assistência externa e a reduzir falhas como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e formas inadequadas de ajuda.
Reassentamento	Reassentamento de residentes ilegais ocupantes das margens de rios, e de áreas de enchente.	Retirar a população dos locais de risco.
Soluções de mitigação	Promover o aumento das áreas de infiltração e percolação e armazenamento temporário.	Aumentar a eficiência do sistema de drenagem à jusante e da capacidade de controle de enchentes dos sistemas
Sistemas de alerta	Sistema utilizado para prevenir a população com antecedência de curto prazo, em eventos mais raros.	Ajudar no controle das estruturas hidráulicas no sistema do rio, e evitar o pânico.
Construções a prova de enchentes	Pequenas adaptações nas construções.	Reduzir as perdas em construções localizadas nas várzeas de inundação.
Seguro contra enchentes	Proteção econômica contra inundações.	Diminuir os prejuízos individuais causados pelas inundações
Sistemas hidrológicos	Histórico hidrológico da bacia e modelos que mostram o comportamento hidráulico e hidrológico do sistema do rio.	Fornecer subsídios para os estudos de comportamento da bacia, assim como previsão de cenários futuros.

Fonte: Enomoto (2000) apud Enomoto (2004, p. 12)

O zoneamento deve ser incluído no Plano Diretor Urbano das cidades e regulamentado por legislação municipal específica ou no Código de Obras, e para as áreas já habitadas o mesmo pode estabelecer um programa de realocação da população envolvida.

Os sistemas de alerta servem para avisar a população dos eventos com antecedência, para saírem de suas casas e conseguirem salvar seus pertences, reduzindo assim os prejuízos e os maiores danos. Além disso, este sistema é fundamental para alertar as pessoas que pensam que estão seguras por estarem em cotas mais elevadas, mas que alguma vez já sofreram com a inundação (ENOMOTO, 2004).

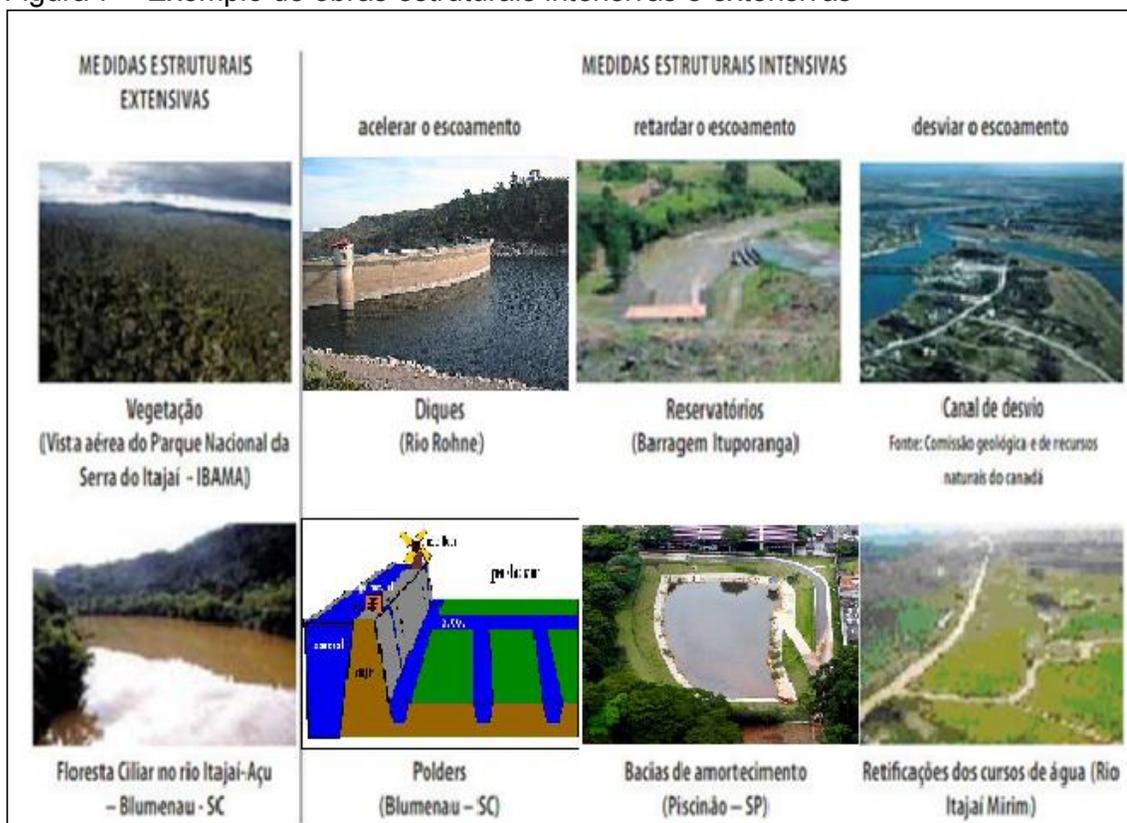
Não importa qual seja a solução adotada, devem ser definidas em função das características do rio e levar em consideração os aspectos sociais do seu impacto. Para obtenção de melhores resultados, recomenda-se que sejam combinadas ações estruturais e não estruturais, mas de qualquer forma o processo de controle dos fenômenos deve iniciar pela regulamentação do uso do solo urbano através de um Plano Diretor que leve em consideração as enchentes e inundações (TUCCI, 20-?).

Segundo Tucci (2005), as medidas estruturais podem ser intensivas ou extensivas. As extensivas são aquelas que agem na bacia e buscam alterar a relação entre precipitação e vazão, como modificar a cobertura vegetal do solo para ajudar a reduzir e retardar os picos de enchentes e controlar a erosão da bacia.

Já no caso das medidas intensivas, são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos distintos: as que aceleram o escoamento (diques para elevar a capacidade de descarga dos rios), as que retardam o escoamento (reservatórios e bacias de amortecimento) e as que desviam o escoamento (canais de desvio).

Conforme retrata a Figura 7, pode-se ter uma ideia de alguns exemplos de medidas estruturais intensivas e extensivas que podem ser adotados para minimizar os impactos associados às inundações.

Figura 7 – Exemplo de obras estruturais intensivas e extensivas



Fonte: Santos (2007) apud Costa (2012, p. 64)

O Quadro 3 mostra de maneira resumida as principais características das medidas preventivas estruturais tanto soluções de caráter intensivo quanto extensivo, as principais vantagens e desvantagens e suas aplicações.

Quadro 3 – Resumo das medidas estruturais

Medida	Principal Vantagem	Principal desvantagem	Aplicação
MEDIDAS EXTENSIVAS			
Alteração da cobertura vegetal	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle de perda do solo	Reduz assoreamento	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
MEDIDAS INTENSIVAS			
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios e na planície
Melhorias do Canal:			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
Reservatório:			
Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil devido a desapropriação	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com mínimo de pedras	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
Mudanças do canal:			
Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Reduz vazão do canal principal	Depende da topografia	Bacias médias e grandes

Fonte: Simons et al. (1977) apud Tucci (2005, p. 41)

## 2.4 Mapeamento das áreas de risco

"O mapeamento de áreas susceptíveis a inundação é uma das etapas mais importantes dentre todas as medidas existentes" (SHIDAWARA, 1999, apud GOERL; KOBAYAMA; PELLERIN, 2012, p. 83).

O mapeamento das áreas de risco de inundação é uma ferramenta que auxilia no controle e prevenção de inundações. O método de mapeamento que faz uso de uma base cartográfica confiável e em conformidade com a localização exata dos elementos da bacia hidrográfica e de suas características hidráulicas compõe um material importante para avanços do setor técnico em relação à população.

Eles detalham com simplicidade os problemas a serem solucionados, uma vez que a população tem dificuldade em perceber o espaço urbano e o sistema de drenagem como um todo (ENOMOTO, 2004).

Segundo Andjelkovic (2001) apud Goerl; Kobiyama e Pellerin (2012), uma das vantagens de se ter como base mapas de risco é que, a partir deles, pode-se dar início a construção de obras estruturais que previnam os danos, alertar a população que habita em locais sujeito às inundações, evitar futuros lotes em lugares considerados de alto risco, bem como auxiliar as autoridades, planejadores urbanos e todos os responsáveis que tomam as decisões, a desenvolver novas ideias de desenvolvimento sustentável que revitalizem estas áreas.

Como visto no capítulo anterior, o mapeamento das áreas de risco faz parte do zoneamento das áreas inundáveis e que se encontra englobado dentro das medidas preventivas não estruturais. Segundo Tucci (2005), os mapas de inundação das cidades podem ser de dois tipos, mapas de planejamento e mapas de alerta.

Os mapas de planejamento definem as áreas atingidas pelas enchentes de tempos de retorno escolhido. Já o mapa de alerta é preparado com os valores de cotas em cada esquina da região de risco e, baseado na cota absoluta dessas esquinas, deve-se transformar esse valor na cota referente à régua. Logo, quando certo valor de nível de água estiver batendo na régua, a população terá o conhecimento de quanto falta para inundar cada esquina, isso permite a convivência com a inundação durante sua ocorrência.

#### **2.4.1 Metodologias usualmente adotadas para elaboração de mapas de áreas de risco**

São diversas as metodologias existentes para elaboração de mapas de risco de inundações. Nesse contexto, segundo Carvalho, Macedo e Ogura (2007), primeiramente deve ser feito a identificação das áreas de risco apresentando cenários que envolvem principalmente assentamentos precários.

Este reconhecimento das áreas inundáveis que oferecem perigo a população pode ser feito por meio de pesquisa dirigida, em busca de registros históricos de ocorrência desses eventos em zonas urbanas e que envolvem moradias de baixa renda. Outra opção é a determinação dos principais cursos d'água, a verificação

posterior da ocupação presente e seu risco potencial a ser realizado nos trabalhos subsequentes de mapeamento das áreas propriamente dito.

As regiões de risco e locais potencialmente vulneráveis que envolvem os assentamentos precários devem ser identificadas, listadas e, posteriormente, localizadas espacialmente em mapas, plantas cartográficas, guias de ruas, fotos aéreas, entre outros recursos.

Além disso, deve-se identificar nesse mesmo material as bacias e os cursos d'água problemáticos. Para complementar as informações pode ser feito ainda um cadastramento das zonas de risco em bancos de dados específicos, contemplando fichas cadastrais com nome da área, do córrego, da bacia, históricos de acidentes, tipologia de ocupação urbana, entre outras informações pertinentes.

Após a etapa preliminar de identificação e delimitação em mapas das áreas de risco, deve-se buscar imagens de alta resolução espacial, que facilitem a visualização das moradias. A partir dessas imagens é possível a realização de uma pré-setorização dos diferentes compartimentos de risco, tendo como vetor de análise o curso d'água, além disso, os distintos compartimentos de risco devem ser delimitados em função dos critérios adotados na classificação de risco. Essas fotos de grande escala possibilitam a contagem do número de moradias localizadas na área, permitem visualizar o padrão construtivo e qual a distância da área ao curso d'água.

Na sequência, devem ser feitas as análises dos cenários de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos presentes em cada área a ser investigada. Nesse sentido, as tipologias dos processos hidrológicos referentes aos cenários de risco de enchente e inundação podem ser divididos em três:

- cenário de risco de planícies fluviais, onde extensas planícies fluviais apresentam dinâmica relativamente lenta no início das chuvas, desenvolvimento das cheias e extravasamento para as planícies de inundação.

- cenário de risco com alta energia cinética, que ocorre ao longo dos cursos d'água, em vales encaixados, e apresentam efeitos destrutivos mais restritos ao canal.

- cenários de risco com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido é considerado o processo de maior poder destrutivo.

Na vulnerabilidade da ocupação urbana é feita a análise do padrão construtivo, levando em consideração duas tipologias, alta vulnerabilidade de acidentes e baixa vulnerabilidade de acidentes. Após, a distância da moradia ao eixo de drenagem é o

terceiro critério adotado, onde deve ser analisado o raio de alcance às moradias, devendo ser dividido em alta periculosidade e baixa periculosidade.

Por fim, de posse dos critérios adotados, define-se o nível de risco de cada localidade em risco muito alto, alto, médio e baixo (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007).

## **2.5 Medição e análise de vazões**

A grandeza de vazão, expressada em metros cúbicos por segundo e litros por segundo, é definida por Pinto et al. (1976) como o volume de água escoado na unidade de tempo em uma determinada seção do curso d'água.

### **2.5.1 Estações hidrométricas**

Para Pinto et al. (1976), uma estação hidrométrica é qualquer seção de um curso d'água, convenientemente instalada e operada para obtenção sistemática das vazões ao longo do tempo. As estações são compostas essencialmente por dispositivos de medição do nível das águas, réguas linimétricas ou linígrafos, devidamente referidos a uma cota conhecida e materializada no terreno.

Geralmente, a vazão é obtida a partir do nível das águas, que é observado com o auxílio da régua linimétrica ou registrado pelo linígrafo. A relação de nível-vazão deve ser estabelecida por medições diretas em diversas situações de descarga, podendo ser respaldada pela curva de descarga ou curva-chave da seção.

Esta relação pode ter somente uma forma de interpretação ou não, constante ou variável com o tempo, dependendo das condições locais. As estações devem, por um lado, permitir o estabelecimento de uma lei bem definida, relacionando os níveis de água e as vazões, e por outro, oferecer condições favoráveis às medições de descarga. No que se refere à curva-chave, as características mais importantes das estações são a estabilidade e a sensibilidade (PINTO et al., 1976).

### **2.5.2 Curva-chave**

Para Pinto et al. (1976), em um rio de morfologia constante ou pouco alterável, em que a declividade da linha d'água é aproximadamente a mesma nas enchentes e

vazantes, ou em que o controle é facilitado por um salto ou corredeira bem definidos, a relação cota-descarga resulta unívoca e estável, permitindo a definição de uma curva-chave única. Teoricamente, são poucos os rios que satisfazem em algumas seções a esses requisitos.

Em muitos dos casos, é desprezível a influência das variações de declividades face à precisão das medidas, logo, é possível aceitar como unívoca e permanente a relação cota-descarga de grande parte de estações hidrométricas. No ritmo em que vai diminuindo a declividade dos rios ou que vai aumentando a flutuação das vazões, mais se faz perceptível a influência da declividade da linha d'água na curva de descarga.

A influência da declividade pode exigir precauções especiais, como a instalação de duas réguas linimétricas que permitam a conversão das observações de nível em valores de vazão com razoável precisão.

E, por fim, nos casos em que o controle não apresenta suficiente estabilidade, a relação cota-descarga torna-se essencialmente variável, obrigando a sucessivas medições diretas de vazão, para a definição das curvas-chaves válidas para as diferentes condições de controle que se estabelecerem em decorrência das modificações de configuração do leito do rio.

Uma curva-chave é a relação cota x vazão, e é construída a partir dos dados de cota e vazão observados de um canal de drenagem com o objetivo de estimar vazões a partir dos levantamentos de cotas, pois é inviável fazer levantamentos de vazões diários e nesse caso a curva-chave simplifica esse serviço.

Pode-se citar três tipos principais de curvas-chaves: as curvas estáveis e unívocas, as curvas estáveis influenciadas pela declividade e as curvas instáveis (PINTO et al., 1976).

## **2.6 Análise de vazões**

Conforme elucida Watanabe (2013), o comportamento exato das vazões não pode ser absolutamente previsto, logo, busca-se introduzir leis de probabilidade que estabeleçam as prováveis variações, permitindo assim que o plano seja completado com base em um risco calculado. Com o intuito de efetuar a projeção de uma série histórica de vazões observadas para um período de tempo maior, recorre-se a utilização de métodos de análise estatísticos.

No prognóstico de enchentes, ou seja, na determinação da magnitude das vazões de pico das cheias (vazões críticas), recorre-se ao uso de modelos de probabilidade, a partir de enfoque estatístico. Os modelos estatísticos consistem em definir a relação entre as descargas máximas e as correspondentes frequências de ocorrência, e apoiam-se no estudo de uma série de dados observados.

Para utilização desses, parte-se da suposição que as cheias verificadas durante um determinado período possam ocorrer em um período futuro com características hidrológicas parecidas, nesse caso, na expectativa de repetição (WATANABE, 2013).

A aplicação do método estatístico é recomendado para períodos de recorrência de, no máximo 100 anos de dados disponíveis, pois, nestes casos qualquer lei de distribuição será satisfatória pelo fato dos resultados diferirem pouco entre si. Entre os modelos estatísticos mais conhecidos cita-se as Leis de Distribuição de Gumbel (Método dos Extremos ou Duplo Exponencial), Hazen e Log Pearson III (DNIT, 2005).

### 2.6.1 Método de Gumbel

Segundo Pinto et al. (1976), esse método é o mais empregado para esse estudo. O método de Gumbel baseia-se na teoria dos extremos de amostras ocasionais. Os extremos seriam as vazões, uma vez que cada uma é o máximo entre os 365 valores diários do ano, nesse caso, deve-se ter claro que existem N amostras, onde cada uma contém 365 elementos do universo de população infinita da variável aleatória, que é a vazão diária.

A lei de distribuição estatística da série de N termos, constituída pelos maiores valores de cada amostra, tende assintoticamente para uma lei simples de probabilidade, que é independente da que rege a variável aleatória nas diversas amostras e no próprio universo de população infinita.

Logo, conforme afirma DNIT (2005), se o número de vazões máximas anuais tende para o infinito, a probabilidade “P” de uma dada descarga ser superada por um dado valor da variável aleatória, é determinada pela equação 1, para um número infinito de elementos:

$$P = 1 - e^{-e^{-y}} \quad \dots(1)$$

Onde:

$$y = \frac{1}{0,7797\sigma} (Q - \bar{Q} + 0,45\sigma) \quad \dots(2)$$

P é a probabilidade de a máxima vazão média diária de um ano qualquer ser maior ou igual a Q (vazão observada);

y é a variável aleatória reduzida, obtida pela equação 2;

$\bar{Q}$  é a média das N vazões máximas, obtida pela equação 3;

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{N} \quad \dots(3)$$

Onde:

$\sum Q$  é o somatório das vazões observadas das série máximas anuais;

N é o número de anos de observação;

$\sigma$  é o desvio-padrão das N vazões máximas, obtido pela equação 4;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(Q-\bar{Q})^2}{N-1}} \quad \dots(4)$$

A frequência de uma vazão Q em uma seção de um curso d'água, segundo Pinto et al. (1976), nada mais é que o número de ocorrências da mesma em um dado intervalo de tempo. Logo, a frequência dos dados observados deve ser obtida pelo método Gringorten, resultado da equação 5 e, após, deve ser comparada com a frequência Gumbel para verificação de aplicabilidade do método Gumbel.

$$F = \frac{M-0,44}{N+0,12} \quad \dots(5)$$

Onde:

M é a ordem do número de amostras, variando de 1 a N;

O valor da frequência de uma vazão, geralmente, é expressado em termos de período de retorno (TR), significando que na seção considerada ocorrerão valores

iguais ou superiores ao valor Q apenas uma vez, a cada T (anos). Portanto, conforme Pinto et al. (1976), o TR das amostras é tido como o inverso da Frequência (F), e o TR de Gumbel é obtido pela equação 6:

$$TR = \frac{1}{P} \quad \dots(6)$$

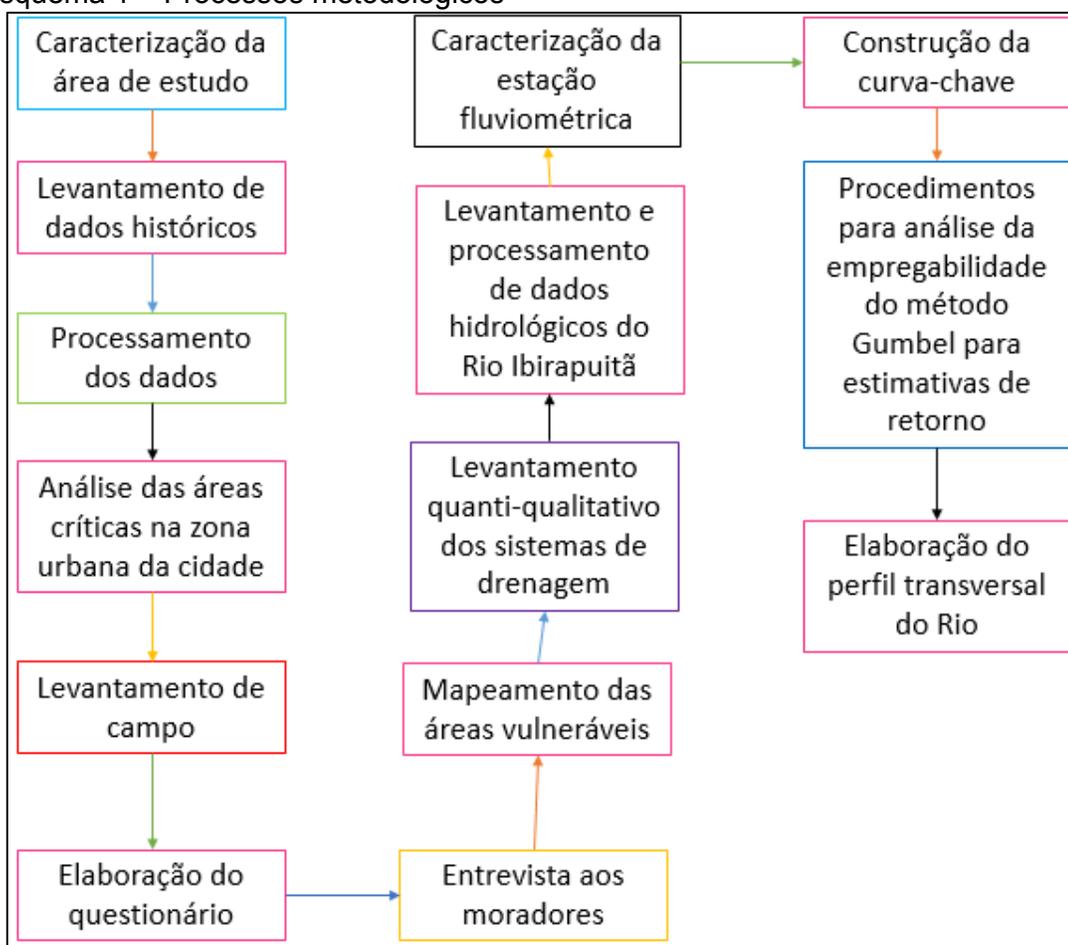
Onde:

P é resultado da equação 1;

### 3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos deste trabalho estão organizados em função do seu objetivo inicial, de determinar as áreas críticas dentro da zona urbana da cidade de Alegrete passíveis aos fenômenos de enchente e inundação, as consequências que esses eventos trazem para população, bem como a elaboração de um mapa que delimite essas regiões em função do máximo alcance das inundações. O Esquema 1 apresenta, de forma resumida, todos os procedimentos metodológicos adotados.

Esquema 1 – Processos metodológicos



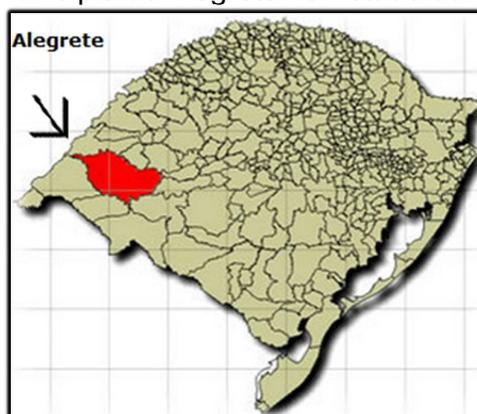
Fonte: Elaboração Própria

### 3.1 Caracterização da área de estudo

Alegrete está localizado na fronteira oeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Uruguaiana e Rosário do Sul, distando 498 km da capital Porto Alegre com uma altitude de 96 m acima do nível do mar e possuindo em torno de 77.653 habitantes, sendo 50,29% mulheres e 49,71% homens, ocupando uma área em torno de 7.803,954 km<sup>2</sup>, sendo considerado o maior município do Estado em extensão territorial (IBGE, 2010).

Possui clima subtropical, temperado quente, e estações bem definidas. O município possui uma umidade relativa média do ar em torno de 75% em todos os meses do ano, a paisagem caracteriza-se basicamente em campos nativos (pampa) e mata ciliar e encontra-se totalmente sobre o Aquífero Guarani (PREFEITURA MUNICIPAL DE ALEGRETE, 2014). A Figura 8 mostra a localização espacial da cidade de Alegrete no RS.

Figura 8 – Localização do município de Alegrete no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Prefeitura Municipal de Alegrete (2014)

A cidade possui dois canais de drenagem que, em épocas de intensas precipitações, inundam a região urbana. Também existe nesta cidade um curso d'água principal, o Rio Ibirapuitã, que divide a cidade em dois extremos do ponto de vista econômico, estendendo-se a leste as terras mais propícias para agricultura e a oeste para pecuária, e o Arroio Regalado.

Com aproximadamente 250 km de extensão, 180 km do Rio Ibirapuitã estão localizados no município de Alegrete, Rio este que faz parte da Região Hidrográfica do Uruguai e da Bacia Hidrográfica do Ibicuí, nascendo no oeste do município de

Santana do Livramento, na coxilha de Haedo e seguindo direção sul-norte rumo ao encontro do Rio Ibicuí, onde desagua suas águas. Na Figura 9 é possível verificar a região e a bacia hidrográfica onde o Rio Ibirapuitã está inserido.

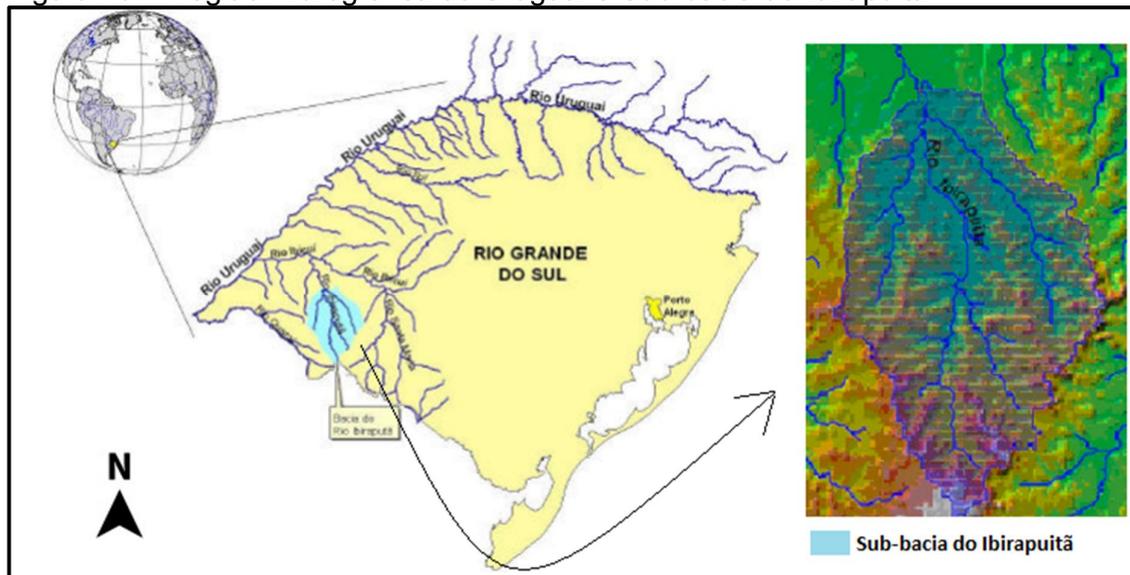
Figura 9 – Bacia Hidrográfica do Ibicuí



Fonte: Comitê do Ibicuí (20-?)

Já na Figura 10 encontra-se a localização da Região Hidrográfica do Uruguai com ênfase na sub-bacia do Rio Ibirapuitã, contando com uma área de aproximadamente 5.942 Km<sup>2</sup> (GREHS, 2003).

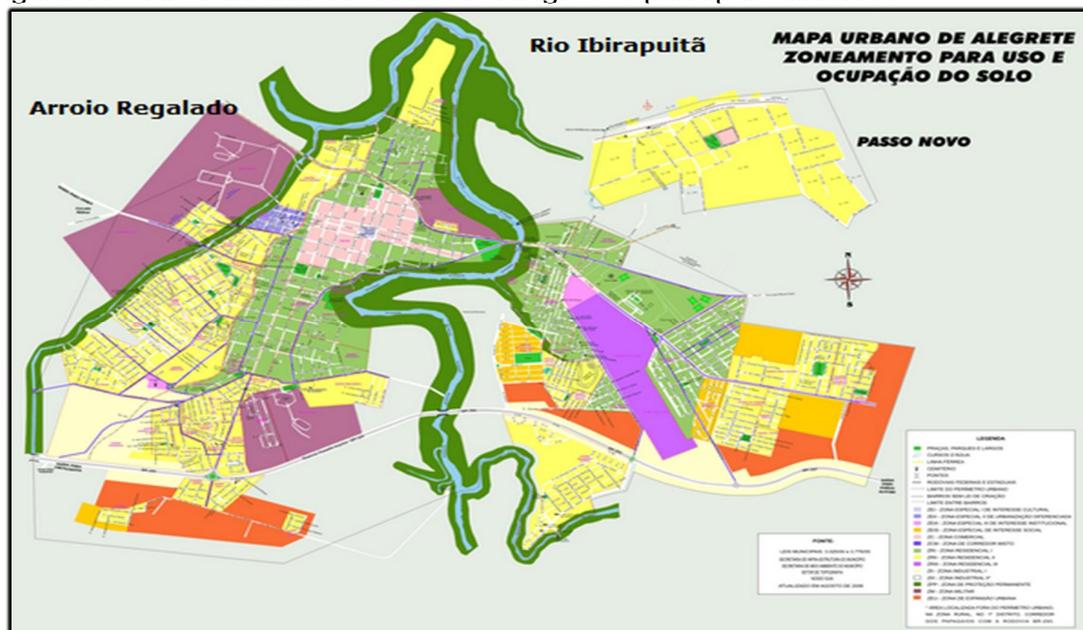
Figura 10 – Região Hidrográfica do Uruguai e Sub-bacia do Ibirapuitã



Fonte: Grehs (2003, p. 66, 92)

A direção do Rio Ibirapuitã é sentido sul - norte e em Alegrete forma um grande arco, envolvendo a cidade pelo lado oeste (SILVA, 2011), como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Área urbana da cidade de Alegrete e principais afluentes



Fonte: Prefeitura Municipal de Alegrete (2014)

A área de estudo escolhida se remete a zona urbana da cidade de Alegrete, por apresentar susceptibilidade às inundações com danos à população, visto que a mesma é alvo frequente desses fenômenos que trazem um extenso histórico que marca muitas famílias.

### 3.2 Levantamento de dados históricos

Nesta etapa foram coletados dados referentes ao histórico de ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos na área urbana da cidade, nos principais jornais como Gazeta de Alegrete e Expresso Minuano e em órgãos públicos como a Defesa Civil de Alegrete, como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Jornal local



Fonte: Jornal Gazeta de Alegrete

### 3.2.1 Processamento dos dados

Após obtenção dos dados junto aos jornais e órgãos públicos da cidade, foram reunidas em planilha eletrônica, com auxílio do Excel, todas as informações contidas nos documentos acessados, como: data dos eventos, locais afetados, número de pessoas afetadas e nível da água, os quais estão organizados no Apêndice A.

### 3.3 Análise das áreas críticas na zona urbana da cidade

A partir da compilação dos dados obtidos, descritos no item 3.2.1, foram analisadas quais eram as áreas consideradas críticas, que frequentemente, são afetadas pelos fenômenos dentro da zona urbana do município. Com o auxílio do mapa cadastral da cidade, fornecido pela Secretaria de Infraestrutura da Prefeitura Municipal de Alegrete, foram localizadas as regiões dentro da faixa de susceptibilidade, contabilizando aproximadamente 20 bairros. O próximo passo realizado pelos operadores foi dividir a região urbana afetada em sete faixas críticas, onde cada faixa engloba mais de um bairro, como pode ser visto no Apêndice B.

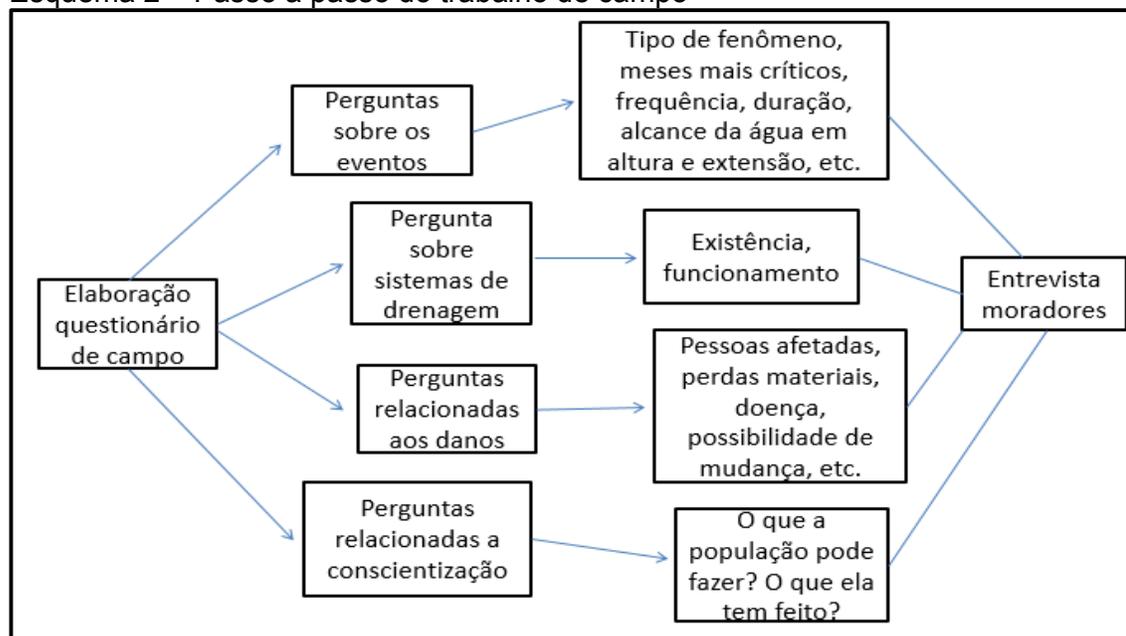
De acordo com o mesmo, pode ser visto quais os bairros da zona urbana do município que cada faixa crítica compõe. A Faixa 1 engloba os bairros (Progresso, Vila Grande, Sepé Tiaraju, Vera Cruz, Restinga, Izabel e Macedo), a Faixa 2 (Santo Antônio, Canudos e Vila Nova), Faixa 3 (Tancredo Neves e parte do centro), Faixa 4 (Porto dos Aguateiros e parte do centro), Faixa 5 (São João, Assunção e Medianeira), Faixa 6 (Centenário) e por último a Faixa 7 (Honório Lemes, Pró – Morar e Ibirapuitã).

### 3.4 Levantamento de campo

Para o desenvolvimento desta etapa foi preciso inicialmente elaborar um questionário de campo para avaliar a vulnerabilidade das pessoas residentes nas áreas críticas em concordância com as faixas determinadas no item 3.3.

Desta maneira, o objetivo do mesmo foi tratar de questões relacionadas à identificação das moradias e pessoas afetadas, vulnerabilidade do local e, principalmente, levantar informações referentes ao alcance dos eventos na sua rua e bairro, para confirmação das informações obtidas na fase de levantamento de dados históricos. O Esquema 2 trata de maneira resumida as questões elaboradas para o campo.

Esquema 2 – Passo a passo do trabalho de campo



Fonte: Elaboração própria

### 3.4.1 Elaboração do questionário de campo

O questionário de campo elaborado levou em consideração perguntas relacionado às informações que foram obtidas no item 3.2, para verificar se as informações dos eventos e locais atingidos eram coerentes.

Com o objetivo de realizar um mapeamento das áreas predispostas aos fenômenos de enchentes, inundações e alagamentos, foram elaboradas perguntas referentes aos eventos já ocorridos, para que a partir delas fosse possível traçar as reais faixas críticas de abrangência desses eventos. Logo, questões relacionadas diretamente aos eventos e o objetivo com que elas foram elaboradas, estão exemplificadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Questionário de campo: eventos

<b>Perguntas em relação aos eventos:</b>	<b>Objetivos atingidos com as perguntas</b>
Nome e Endereço	Buscou-se saber a identificação da população afetada
Quanto tempo reside no local?	Buscava-se entrevistar moradores mais antigos, para maior confiabilidade dos dados fornecidos.
Quais os meses mais críticos em que ocorrem os eventos de inundação, enchente ou alagamento?	Quais os meses que mais costuma acontecer os eventos.
Quais períodos que ocorrem os eventos de inundações, enchentes ou alagamentos?	Geralmente qual é a época de maior ocorrência, inverno, verão, primavera ou outono.
Quais os tipos de fenômenos?	Perguntava-se ao entrevistado se ele sabia qual era o fenômeno ocorrido.
Quanto tempo dura os eventos?	Quanto tempo a água permanecia nas moradias, tempo que demorava para retroceder.
Com que frequência os eventos ocorrem?	Qual a frequência comum de repetições dos eventos, se costuma ser anual, a cada 2, 3, 4, 5 ou mais anos.
Qual a altura máxima alcançada na moradia afetada?	Qual o nível que a água já atingiu na moradia afetada, acima ou abaixo do nível da rua.
Quais locais mais críticos na área afetada?	Onde localiza-se o lugar mais crítico na sua rua, seu bairro.
Quais limites em termos de extensão os eventos alcançam?	Quais os limites de alcance da água em relação a casa do entrevistado, dentro da sua região.

Fonte: Elaboração própria

Também foram elaboradas perguntas em relação aos sistemas de drenagem localizados nas faixas críticas, com o objetivo de saber se as mesmas possuem sistemas de coleta de águas pluviais, bem como seu funcionamento e estado de conservação pela população e órgãos municipais. No Quadro 5 estão relacionadas todas as questões que foram levantadas junto aos moradores, relativas a esse tema, bem como o objetivo de cada pergunta.

Quadro 5 – Questionário de campo: sistemas de drenagem

<b>Perguntas em relação aos sistemas:</b>	<b>Objetivos atingidos com as perguntas</b>
Existem sistemas de drenagem no local?	Para conhecimento da existência ou não de coletores de água da chuva.
Se sim, quais os tipos existentes?	Na ocasião de existir, seriam bocas de lobo, canaletas, sarjetas, tubos de drenagem, ou apenas esgoto a céu aberto.
Se sim, estariam funcionando corretamente?	Estariam funcionando de forma eficiente, regular, insuficiente ou não funcionam.
Caso não estejam funcionando corretamente, qual seria o problema?	Entupimento devido a sujeiras/lixo, dimensionamento inadequado ou ausência de manutenção.

Fonte: Elaboração própria

Depois, foram criadas perguntas a respeito dos danos, prejuízos e infortúnios que as enchentes, inundações e alagamentos trouxeram a população, tanto materiais quanto pessoais. Enfim, toda a problemática gerada por esses acontecimentos e o grau de vulnerabilidade que ronda essa parcela de pessoas mais carente e necessitada de recursos e atenção, especialmente do governo. No Quadro 6 constam as perguntas abordadas com relação a esse tema e seus objetivos.

Quadro 6 – Questionário de campo: danos

<b>Perguntas em relação aos danos para as pessoas:</b>	<b>Objetivos atingidos com as perguntas</b>
Quantas pessoas na sua família foram afetadas pelos eventos?	Para se ter uma noção quantitativa de pessoas prejudicadas com as inundações.
Das pessoas afetadas na sua família, alguma já ficou doente por causa da água?	Sabe-se que a água dos cursos d'água que transbordam, são altamente contaminadas devido a muitas coisas contidas nela e podem trazer várias doenças e contaminar a população que entra em contato com a mesma.
Houveram durante os eventos perdas materiais?	Para se ter uma ideia dos danos materiais sofridos, do quê e do quanto as pessoas perdem durante os eventos; móveis, veículos, casas, etc.
Durante os eventos houve algum tipo de assistência a sua família?	Permite saber se as pessoas que vivem em zonas de risco tem algum tipo de auxílio, se são socorridas depressa para retirar suas coisas e se conseguiram abrigo em local seguro.
Se houve assistência? De quem foi?	Mostra a sensibilidade para com essas pessoas, quem são as pessoas ou órgãos que se importam e se envolvem no resgate dessa população, principalmente se a defesa civil e prefeitura municipal estão cumprindo com suas obrigações.
Se você tivesse oportunidade de troca de moradia para um local que não sofresse problemas de enchente/inundação, você trocaria?	Muitas vezes as pessoas tem possibilidade de trocar de moradia e muitas vezes ganham uma casa nos programas do governo, mas optam por permanecer onde estão, pela proximidade com o centro da cidade, então pode-se ter uma ideia quantitativa dessas pessoas.

Fonte: Elaboração Própria

Por último, foram abordadas questões que envolveram a conscientização da população mediante os eventos, nesse caso, qual o papel assumido por eles como cidadãos que integram uma sociedade. Também procurou-se saber se foram

adotadas, nas localidades atingidas, medidas de prevenção pós-eventos e quais seriam elas. As perguntas feitas aos entrevistados estão apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Questionário de campo: conscientização/prevenção

<b>Perguntas em relação a conscientização:</b>	<b>Objetivos atingidos com as perguntas</b>
O que seria preciso pra amenizar os problemas de inundação, etc?	O que na opinião dos entrevistados poderia ser feito para diminuir os efeitos dos eventos, aumento da rede de drenagem ou construção para os locais que não tem, somente manutenção dos sistemas existentes, ou outras alternativas que eles achassem oportunas.
Após os eventos houve medidas preventivas no bairro? Quais?	Se houve medidas quais foram adotadas, tanto pelos moradores quanto pelos órgãos responsáveis, tais como: ampliação da rede de drenagem, mutirão de limpeza nas ruas, margens do rio, bueiros, monitoramento e gerenciamento das áreas para possíveis evacuações ou outra medida.
O que a população pode fazer para amenizar os efeitos?	Para se ter ideia da conscientização que essa população tem sobre o meio ambiente, o que ela acha que deve e pode fazer, não jogar lixo nas ruas, margens de rios, bueiros, limpar sistemas de drenagem para não ficarem obstruídos pelo lixo, ou se ela acha que não pode fazer nada a respeito.
O que você tem feito para amenizar?	Também permite saber o nível de consciência, educação e comprometimento eles tem com o meio em que vivem, se eles separam e destinam corretamente seu lixo, dispoem nos dias e horários certo de coleta longe do chão, ou se não faz nada e não pretende fazer.
Qual a sua atitude quando percebe alguém cometendo algo prejudicial ao meio ambiente e sociedade, como jogar lixo em lugares inadequados?	Se a pessoa adverte, ignora, ou entra em contato com algum órgão competente para denunciar, pois há muitos relatos na cidade de pessoas de outras localidades que vão despejar móveis velhos no rio.

Fonte: Elaboração própria

### 3.4.2 Entrevista aos moradores das faixas críticas

De posse das informações, mapa de localização das faixas vulneráveis contidas no item 3.3 e do questionário de campo elaborado no item 3.4.1, foram determinadas às saídas a campo para entrevista aos moradores dessas regiões, uma faixa crítica por vez e munidos de mapa, diversas cópias de questionário e câmera fotográfica. O método de escolha dos entrevistados foi feito de maneira empírica, baseado na observação e vivência dos pesquisadores.

Nesse caso, primeiramente eram escolhidas as residências pela proximidade com os canais de drenagem, então, a residência mais próxima seria o norte para determinação das próximas entrevistas, pois, a mesma já daria informações relevantes de alcance dos maiores eventos que auxiliariam na escolha das residências subsequentes.

Na sequência, seguindo a informação norteadora, assim que os entrevistadores chegavam à residência dos moradores ribeirinhos, era perguntado se sua residência era alvo dos fenômenos, se a resposta fosse positiva, então a mesma era entrevistada, contabilizada e marcada no mapa dentro da sua faixa crítica, respectivamente.

Foram estabelecidos um número mínimo de doze entrevistas para cada faixa, devido à dificuldade de encontrar pessoas em suas residências no período diurno. No entanto, somente uma das faixas foram doze o número mínimo de entrevistados, pois, as demais faixas proporcionaram números maiores, ficando a Faixa 1 com 21 entrevistas, a Faixa 2 com 25, a Faixa 3 com 18, a Faixa 4 com 14, a Faixa 5 com 13, a Faixa 6 com 12 e a Faixa 7 com 20 entrevistados.

A ordem das saídas de campo respeitou a mesma ordem das faixas críticas estabelecidas no mapa da cidade, começando pela Faixa 1 até a Faixa 7, por fim, após o término das saídas de campo e obtenção das entrevistas da população afetada, foram confeccionados gráficos com o auxílio do Excel, para melhor análise e compreensão das respostas obtidas junto aos habitantes das zonas críticas. Na Figura 13 estão registradas algumas das entrevistas realizadas pela equipe.

Figura 13 – Entrevista aos moradores



Fonte: Elaboração Própria

### 3.4.3 Mapeamento das áreas críticas susceptíveis a fenômenos de enchente, inundação e alagamento

De acordo com os procedimentos realizados no item 3.4.2, e os métodos usuais para mapeamento de zonas de risco disposto no item 2.4.1, de levantamento de registros históricos de inundações, reconhecimento das áreas com assentamento precário e próximo a cursos d'água, foi elaborado o mapa que, com base nas respostas dos entrevistados, contemplou as reais faixas críticas.

A realização do mesmo foi possível, pois, os principais envolvidos forneceram informações do raio de alcance das maiores inundações ocorridas na cidade de Alegrete e aos poucos, conforme eram entrevistados os ocupantes da região, as afirmações fornecidas pelo entrevistado anterior iam se confirmando. O Apêndice C1 ao C7, apresenta o mapeamento final das áreas urbanas críticas e susceptíveis aos eventos conforme afirma a população envolvida.

### **3.4.4 Levantamento quantitativo e qualitativo dos sistemas de drenagem dentro das faixas críticas**

Nas saídas de campo realizadas nesta etapa, foi necessária a utilização de uma trena e de uma máquina fotográfica. A conclusão do mapeamento final, descrito no item 3.4.3, permitiu saber quais seriam os limites das faixas críticas e quais seriam os sistemas de drenagem envolvidos em cada faixa. Então, seguindo a sequência das entrevistas, os sistemas de drenagem foram identificados, contabilizados, medidos, fotografados e marcados sua localização espacial no mapa final das faixas críticas.

Por fim, após o levantamento de campo, os dados de dimensão dos sistemas de drenagem e respectivas fotos foram transferidos para planilhas, de forma a organizar e simplificar o acesso às informações, e discriminar seu estado de conservação, localização dentro das faixas, o tipo de sistema e a quantidade de cada um dos elementos.

### **3.5 Levantamento e processamento de dados hidrológicos do Rio Ibirapuitã**

Após concluída a fase de campo, definiu-se a estação fluviométrica, descrita no item 3.5.1, que forneceu os dados necessários para comparação com os dados de campo, levantados em órgãos públicos e com os moradores das zonas de risco, para, posteriormente, confrontá-los para confirmação de veracidade.

Logo, foram feitas pesquisas e levantamentos de dados de séries históricas das maiores vazões ocorridas na cidade de Alegrete/RS, bem como amostras de cotas, resumo de descarga e perfil transversal no site Hidroweb da Agência Nacional das Águas (ANA), e constatou-se que havia uma série de dados bastante extensa, de 1940 à 2014.

No entanto, destes 75 anos observados, pode-se fazer uso de somente 71 anos, desconsiderando então os anos de 1940, 1986, 1994 e 2014 por estarem incompletos nos períodos onde ocorrem as maiores vazões, que segundo observação pela série de dados são os meses de abril à outubro.

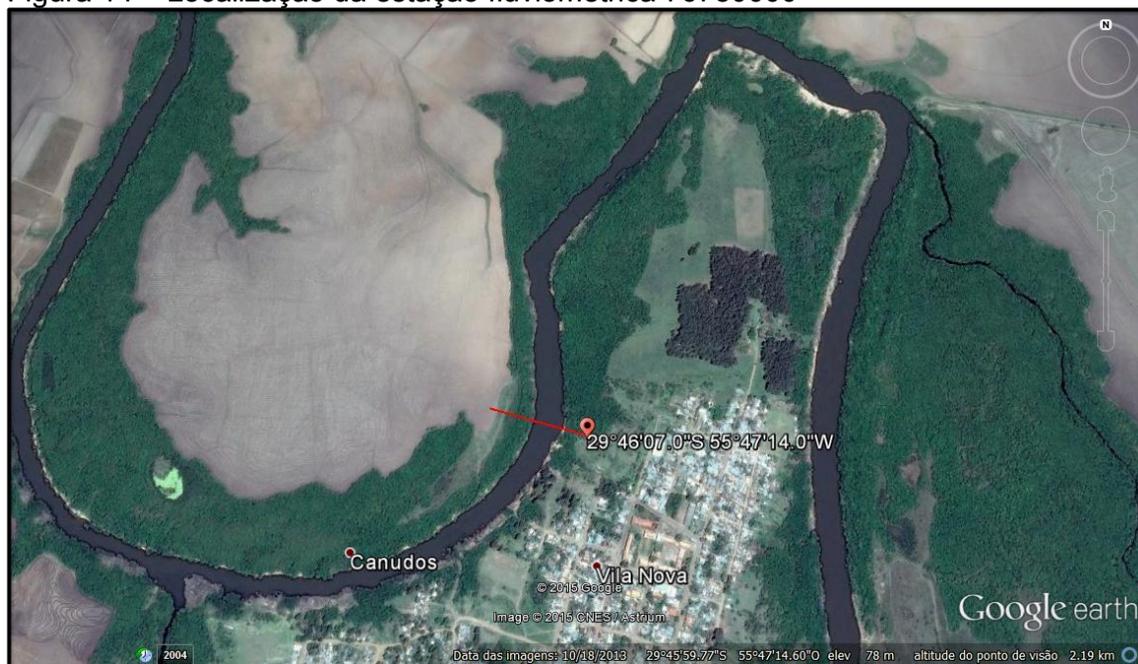
Com o auxílio do software Hidro 1.2, disponibilizado gratuitamente pela Agência Nacional das Águas, foram organizados os 71 anos de dados e exportados para planilhas eletrônicas do Excel, para melhor manipulação dos mesmos.

### 3.5.1 Caracterização da Estação Fluviométrica

Para o levantamento dos dados hidrológicos históricos, definiu-se como estação fluviométrica principal, o posto da Agência Nacional das Águas, operado pela CPRM (Cia de Pesquisas de Recursos Minerais), que mais se aproximasse da localidade em análise, nesse caso, a zona urbana do município de Alegrete.

Logo, a estação escolhida encontra-se inserida em um ponto crítico da região, sendo um dos primeiros a extravasar em épocas de cheia. Sendo assim, a estação escolhida, foi a de código 76750000, com coordenadas (-29:46:7 Latitude, -55:47:14 Longitude) e uma altitude de 66,18 m, como pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 – Localização da estação fluviométrica 76750000



Fonte: Google Earth (2015)

Os dados hidrológicos nessa estação automática são coletados em tempo real por um sistema denominado Telemetria, que faz uso de plataformas de coletas de dados - PCDs na qual suas transmissões são efetuadas pelos satélites brasileiros (SCD e CBERS).

As variáveis hidrológicas são obtidas por uma diversidade de sensores automáticos e armazenadas "in loco" nas PCDs. Os dados são transmitidos remotamente pelos satélites que permitem a obtenção de um número maior de

informações por dia aumentando a confiabilidade e permitindo avaliação quase “instantânea” da disponibilidade hídrica, propiciando um intervalo de coleta de aproximadamente 15 s e transmissão de 60 s (ANA, 20-?).

### **3.5.2 Construção da Curva-chave**

A partir dos dados de cota e vazão de 1941 à 2014, levantados pela estação fluviométrica caracterizada neste trabalho, foi ajustado uma esquadração de tendência que melhor representasse os dados observados, com o auxílio do software CurveExpert, onde os dados foram plotados em uma curva de Cota x Vazão. Por questões de praticidade a mesma é muito utilizada, basta medir a cota para entrar na curva e obter valores de vazão respectivos, e vice-versa.

### **3.5.3 Procedimentos para análise da empregabilidade do Método Gumbel para estimativas de retorno**

Nesta etapa, os 71 anos de dados de vazões e cotas observadas foram organizados por ano, e em cada ano analisou-se os valores que a estação coletou diariamente. Sendo assim, pode-se saber a vazão em cada dia de cada ano observado. Com o objetivo de conhecer a probabilidade de cada vazão vir a ocorrer novamente, escolheu-se como método estimativo o modelo de Gumbel, sendo o mais empregado para análises desse gênero.

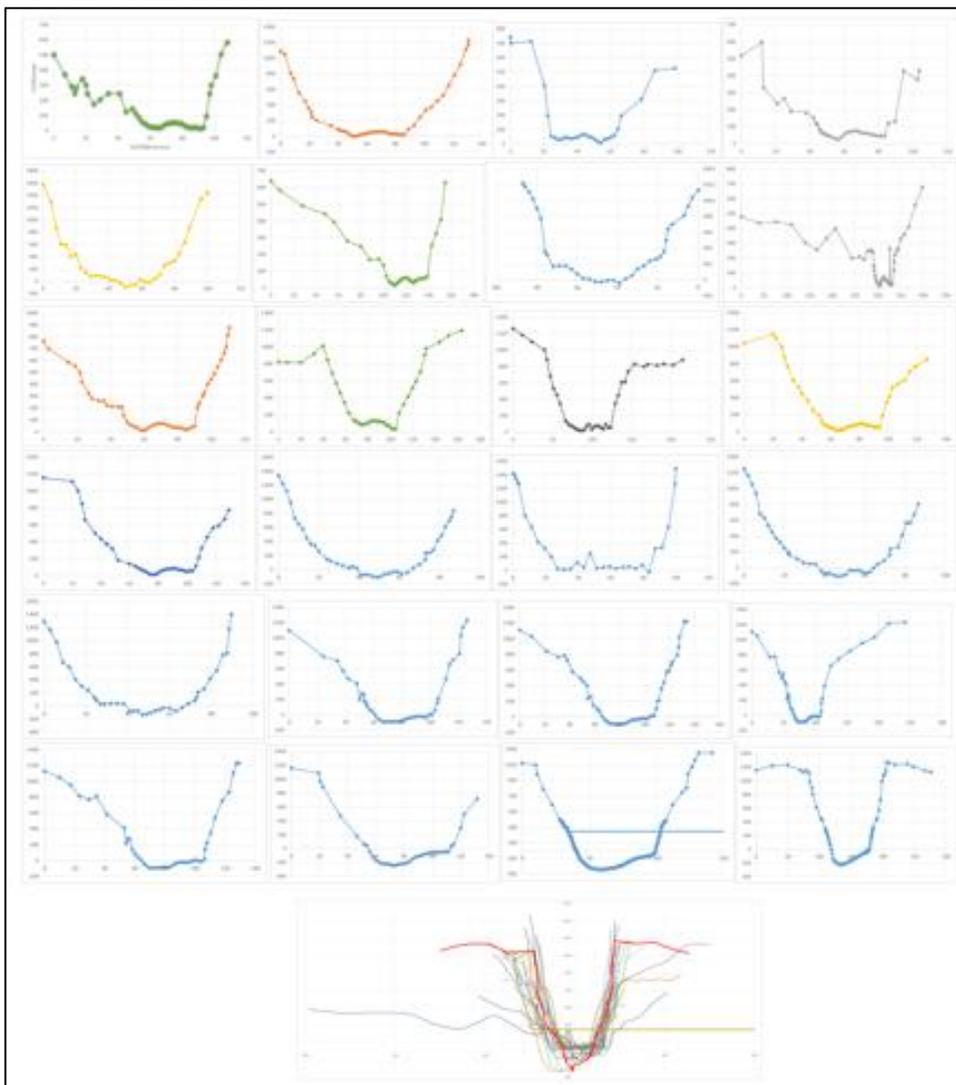
Para isso, teve-se que adotar os maiores valores de vazão ocorridos em cada ano, dessa forma, obteve-se 71 dados que foram ordenados de maneira decrescente para determinação da frequência dos dados observados e do tempo de retorno pelas equações 5 e 6 especificadas no item 2.6.1.

Logo após, determinou-se a probabilidade de Gumbel na ordem descrita no item 2.6.1. No entanto, para se estimar um tempo de retorno para cada amostra de vazão obtida, é recomendável que o método estimativo escolhido represente a frequência dos dados observados.

### 3.5.4 Elaboração do perfil transversal do Rio Ibirapuitã

Partindo dos dados de perfil obtidos na ANA, foram analisados 24 dados de levantamento de perfil na seção da estação fluviométrica. Então, para cada levantamento composto de 30 à 366 verticais, ou seja, valores de distância e cota, foi gerado um gráfico para cada levantamento representando a seção naquele determinado ponto. Dessa maneira, foram gerados 24 gráficos de perfil transversal que sobrepondo-os auxiliaram na elaboração de um perfil médio para representar todos os perfis, como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Perfis transversais



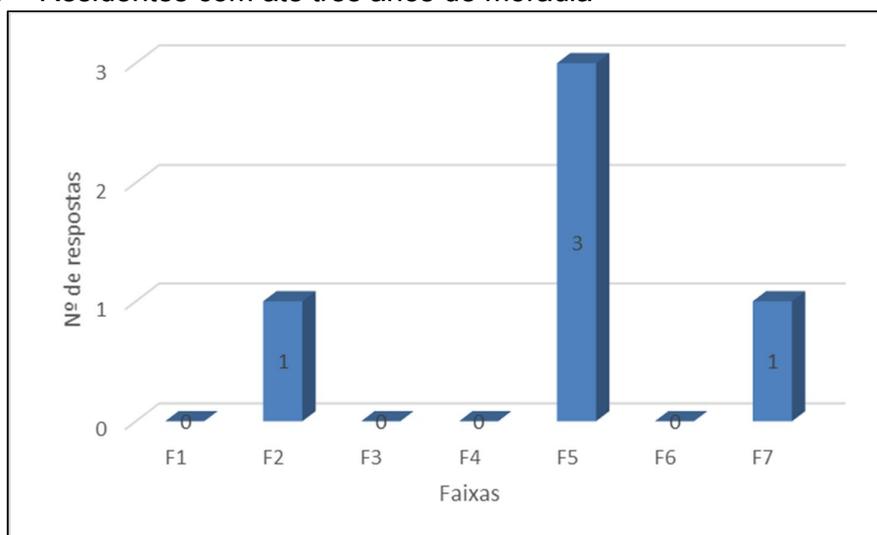
Fonte: Elaboração Própria

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Análise do levantamento de campo

Com a aplicação do questionário de campo junto aos moradores das áreas urbanas vulneráveis aos eventos estudados, pode-se obter um resultado para cada uma das perguntas, de um total de 23 perguntas e 123 entrevistados nas sete faixas analisadas. A primeira pergunta tratava-se do tempo de residência do entrevistado no local analisado, essa questão é de grande importância pelo fato de transmitir maior confiabilidade para as informações prestadas. Os gráficos 1, 2, 3, 4 e 5 fornecem a quantidade de entrevistado por período de moradia.

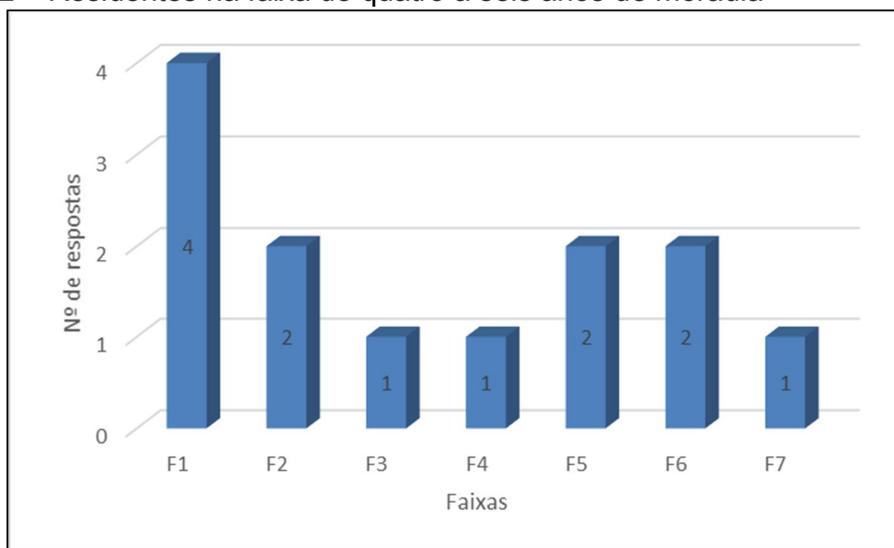
Gráfico 1 – Residentes com até três anos de moradia



Fonte: Elaboração Própria

Nota-se que apenas 5 dos entrevistados nas 7 faixas estudadas são moradores recentes das localidades, demonstrando assim, que tentou-se utilizar o mínimo possível dessas fontes que praticamente não presenciaram grandes enchentes e inundações. No entanto, por falta de moradores mais antigos nas faixas 2, 5 e 7 teve-se que fazer uso dessas fontes.

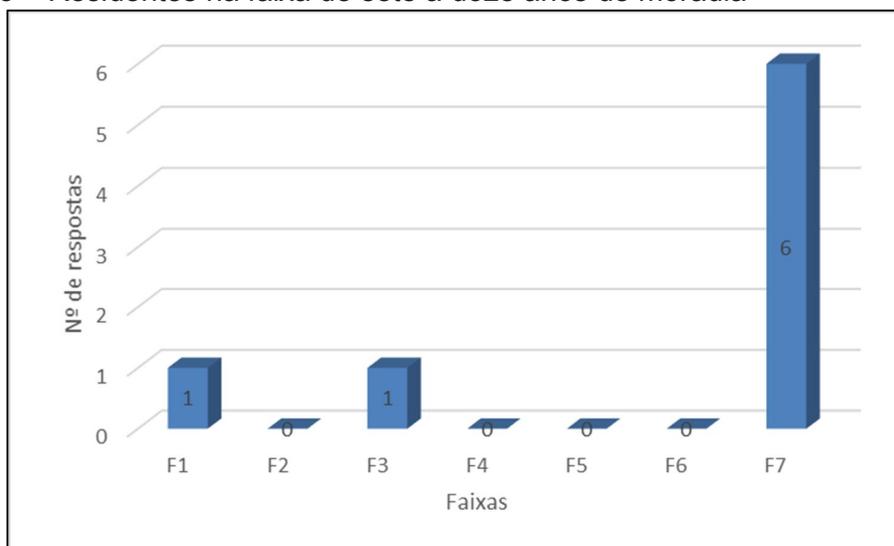
Gráfico 2 – Residentes na faixa de quatro à seis anos de moradia



Fonte: Elaboração Própria

Apesar de também ser considerado pouco tempo para fornecimento de informações, 13 dos entrevistados nestas faixas já presenciaram pelo menos um evento.

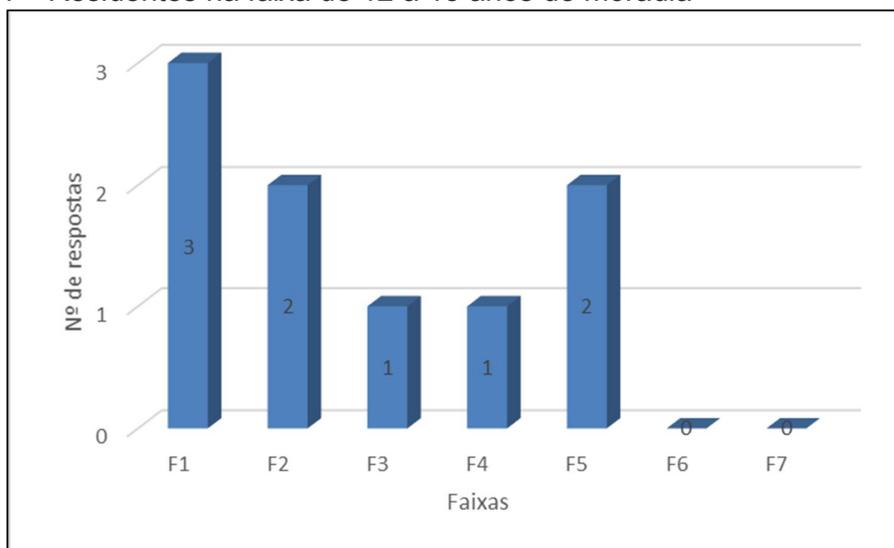
Gráfico 3 – Residentes na faixa de sete à doze anos de moradia



Fonte: Elaboração Própria

No gráfico 3, nota-se que 8 dos entrevistados vivem de 7 à 12 anos nas localidades afetadas, nesse caso, considera-se um tempo mais aceitável para contribuição.

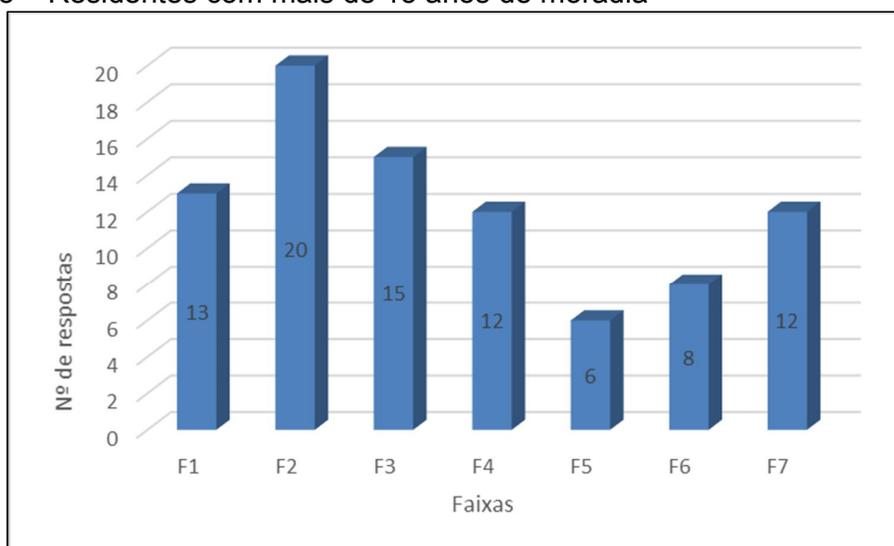
Gráfico 4 – Residentes na faixa de 12 à 15 anos de moradia



Fonte: Elaboração Própria

No gráfico 4, verifica-se que 9 dos entrevistados vivem em um tempo já consideradamente bom para levantamento de informações mais pertinentes e confiáveis, pois, provavelmente já presenciaram mais de um evento.

Gráfico 5 – Residentes com mais de 15 anos de moradia

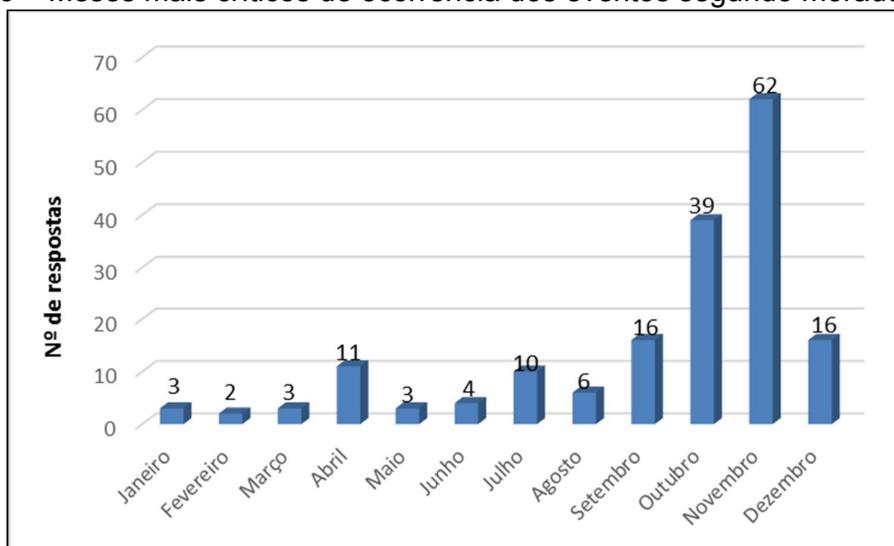


Fonte: Elaboração Própria

Como pode ser observado no Gráfico 5, tem-se que 86 das entrevistas foram com pessoas mais antigas nas faixas de vulnerabilidade, sendo a maioria pessoas com bem mais de 15 anos de residência, portanto, há uma maior confiança nas informações obtidas.

A segunda questão levantada, é uma das mais relevantes para este estudo, envolve o conhecimento dos meses que mais ocorrem os fenômenos de enchente e inundação, segundo os entrevistados. O Gráfico 6 revela os meses mais críticos, que segundo 62 moradores é liderado pelo mês de novembro.

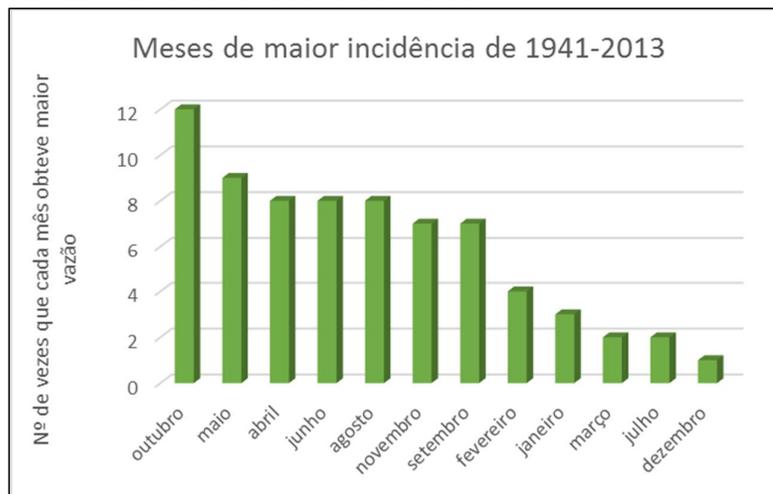
Gráfico 6 – Meses mais críticos de ocorrência dos eventos segundo moradores



Fonte: Elaboração Própria

Contudo, confrontando os dados obtidos em campo junto aos moradores (Gráfico 6) com os dados obtidos pela ANA, no Gráfico 7, série histórica de vazões diárias, quem lidera os meses de maior incidência é o mês de outubro, aparecendo 12 anos com as maiores vazões diárias no total de 71 anos observados.

Gráfico 7 – Série histórica dos meses mais críticos

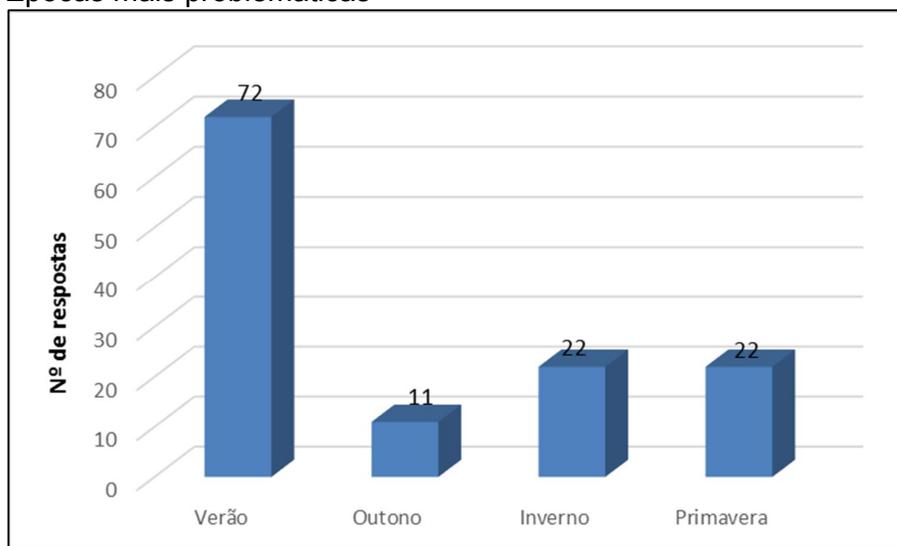


Fonte: Elaboração Própria

Dessa forma, constata-se que não pode-se confiar 100% nas informações obtidas com os moradores, por se tratar de questões que necessitam de uma boa memória dos entrevistados, fator este que não deve ser utilizado como única base de informações. É de conhecimento da população que no ano de 2009 houve uma grande inundação no município de Alegrete, ocorrida no mês de novembro, por esse fato ainda estar recente na memória das pessoas, pode ter influenciado de maneira significativa nas respostas dos mesmos.

Ao passo em que trata-se dos meses de maior incidência dos eventos, a terceira pergunta do questionário traz informações que se conectam a pergunta anterior. Conforme o Gráfico 8 é possível esclarecer as épocas do ano, ou seja, as estações mais problemáticas de ocorrência dos fenômenos.

Gráfico 8 – Épocas mais problemáticas

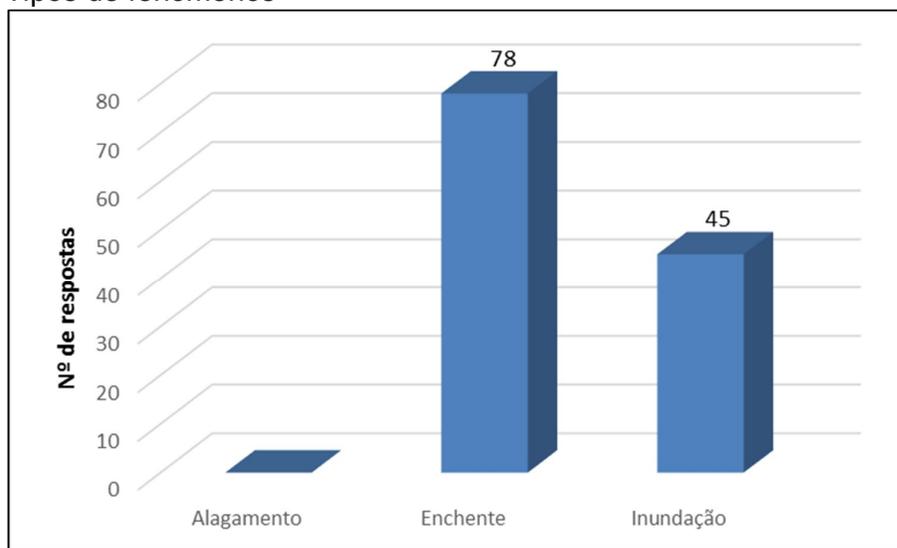


Fonte: Elaboração Própria

Como observado no Gráfico 8, nota-se que 72 moradores dizem ser no verão a época em que mais ocorrem os fenômenos de enchente e inundação, o que está em concordância com o Gráfico 6, mas quando comparado com o Gráfico 7, discorda-se, pois o mês de outubro faz parte da primavera.

Já a quarta questão feita aos moradores tratou de saber se os mesmos tinham conhecimento de quais eram os tipos de fenômenos que ocorriam em suas localidades. Segundo 78 dos entrevistados, caracterizavam-se como enchente, o que demonstrou que para a maioria deles enchentes e inundações são a mesma coisa, como mostra o Gráfico 9.

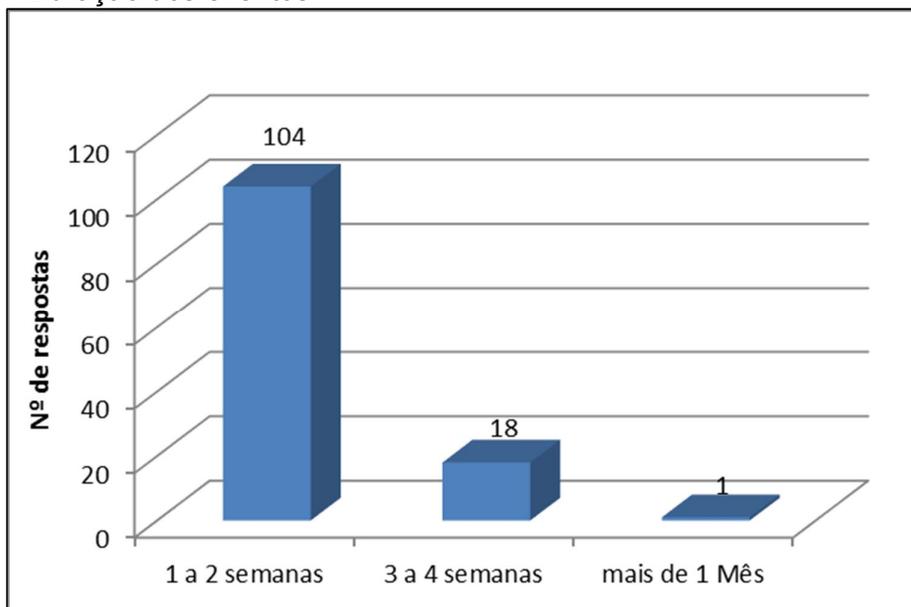
Gráfico 9 – Tipos de fenômenos



Fonte: Elaboração Própria

A quinta questão abordada foi a duração desses eventos na casa dos moradores, conforme demonstra o Gráfico 10, no caso, em torno de quanto tempo a água permanecia na moradia. Segundo 104 dos entrevistados, afirmam durar em torno de uma à duas semanas, o que varia muito entre as residências, pois, está diretamente ligado à magnitude dos eventos e à distância da residência ao curso d'água.

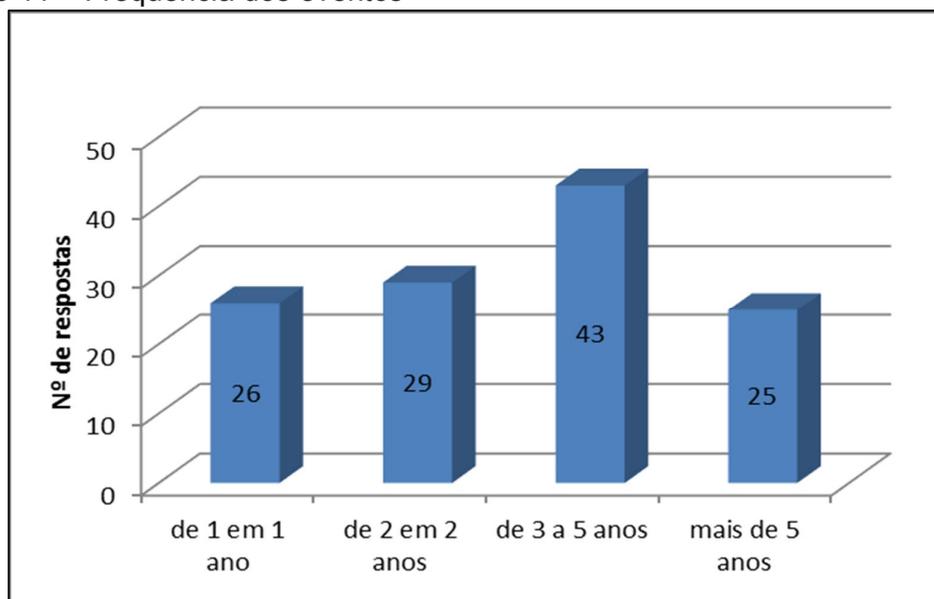
Gráfico 10 – Duração dos eventos



Fonte: Elaboração Própria

A sexta questão, ilustrada pelo Gráfico 11, envolve o tempo de retorno dos fenômenos, ou seja, o intervalo de tempo que os fenômenos costumam ocorrer. Segundo 43 pessoas, os eventos ocorrem com uma frequência de três anos. O que torna a vulnerabilidade dessas regiões ainda maior, pois, é um prazo considerado relativamente curto, gerando grandes transtornos e perdas para a população e município.

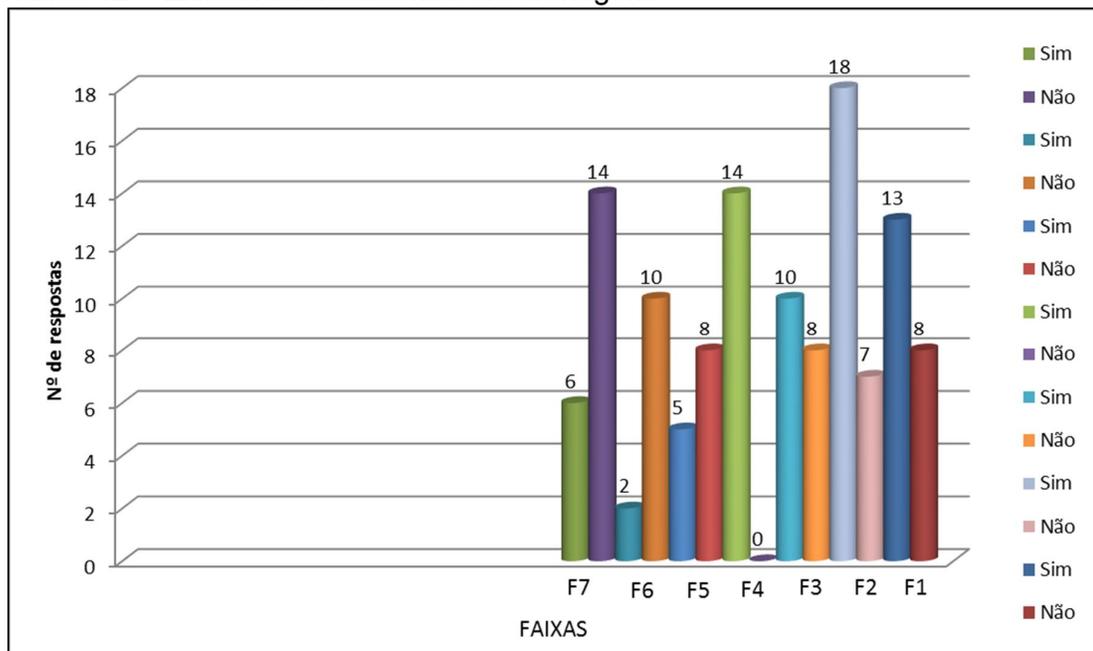
Gráfico 11 – Frequência dos eventos



Fonte: Elaboração Própria

A sétima pergunta envolve a existência de sistemas de drenagem de coleta de águas pluviais nessas áreas de vulnerabilidade, visto que, a ausência ou mesmo deficiência destes sistemas pode contribuir e muito para o agravamento da situação nas épocas de cheias, pois, a água da chuva não terá por onde escoar, o que contribuirá para o aumento do tempo de permanência das enchentes e inundações, aumentando o risco de doenças e a extensão dos danos e destruição causados pelas mesmas. O Gráfico 12 mostra por faixa, se os moradores tem conhecimento da existência desses sistemas, e segundo 68 dos entrevistados existem sistemas de drenagem nas áreas de vulnerabilidade.

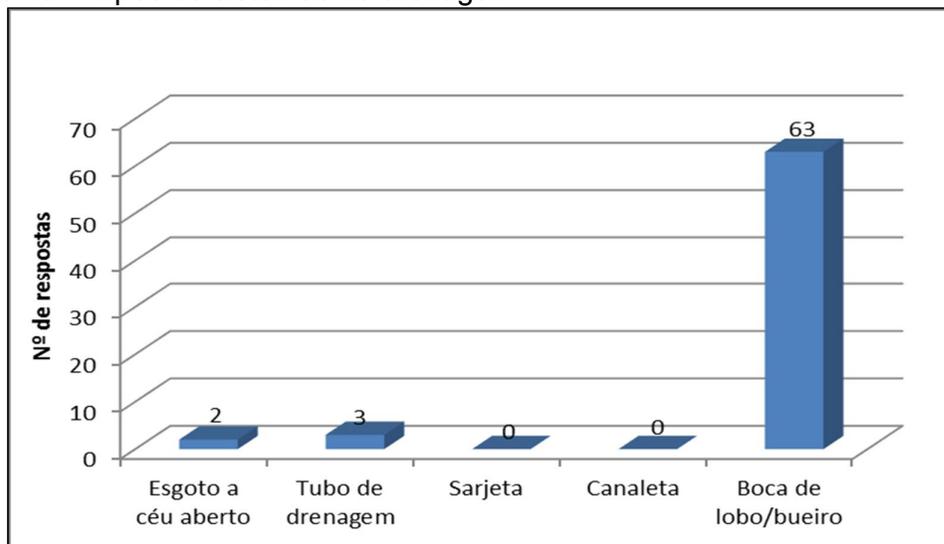
Gráfico 12 – Existência de sistemas de drenagem



Fonte: Elaboração Própria

A questão de número oito apresentada no Gráfico 13, está ligada a pergunta anterior, se tratando de sistemas de drenagem e sua existência, quais seriam os elementos existentes, se de fato os moradores que disseram sim na resposta à questão 7 sabiam do que se tratava. No entanto, pode-se perceber que a maioria não tem conhecimento do que são e para que servem os sistemas de drenagem, mesmo assim, 63 dos entrevistados afirmam ser boca de lobo.

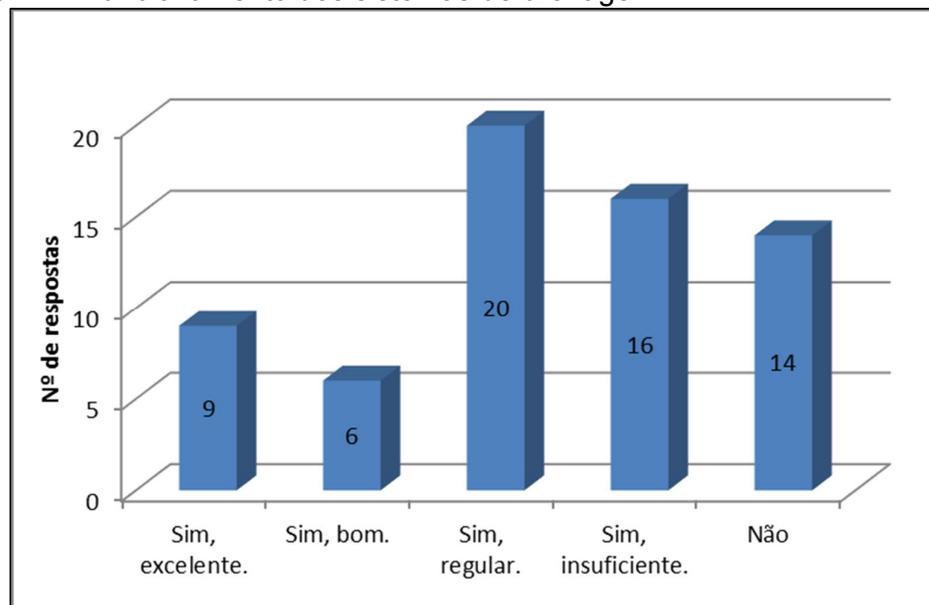
Gráfico 13 – Tipos de sistemas de drenagem



Fonte: Elaboração Própria

Ainda tratando-se de sistemas de drenagem, buscou-se saber também na questão nove sobre seu estado de funcionamento, se o mínimo de elementos que existem ao menos estão funcionando corretamente. Quase metade dos entrevistados não sabia responder à esta questão, visto que apenas 65 moradores responderam a pergunta, como mostrado no Gráfico 14.

Gráfico 14 – Funcionamento dos sistemas de drenagem

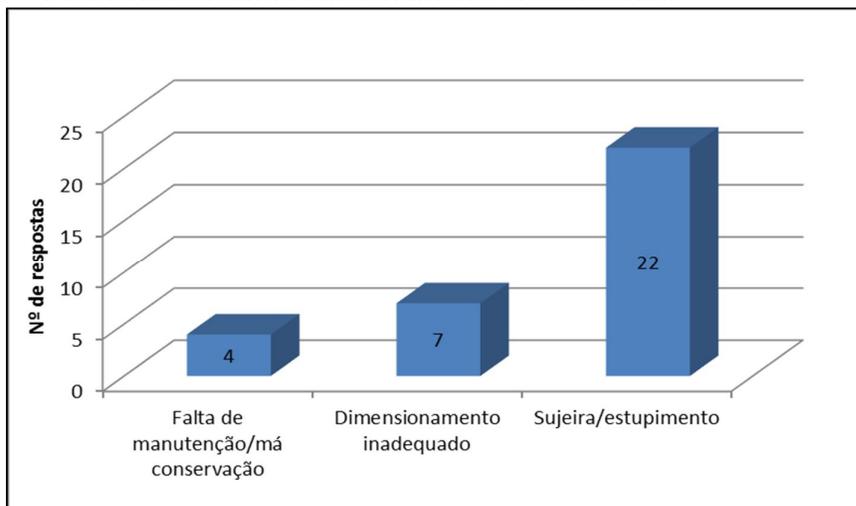


Fonte: Elaboração Própria

Já na pergunta 10, mostrada no Gráfico 15, perguntou-se aos moradores se eles saberiam dizer quais seriam as causas para o mau funcionamento dos sistemas de drenagem, e uma minoria de 22 pessoas sabia responder e acreditavam que o problema maior seria o lixo disposto em lugares inadequados, pois, acabava indo parar nas sarjetas e consequentemente bocas de lobo, comprometendo o sistema como um todo.

No entanto, 7 pessoas respondeu que o problema seria o dimensionamento inadequado, visto que, os mesmos já são projetados para não serem efetivos nas épocas de cheias, devido a inviabilidade econômica de se projetarem microdrenagens para tempos de retorno altos. As microdrenagens, geralmente, são dimensionados para tempos de retorno de dois à cinco anos, sendo assim, as mesmas não funcionarão nas épocas de enchente e inundação, devido ao dimensionamento errôneo dos mesmos.

Gráfico 15 – Problemas do mau funcionamento dos sistemas



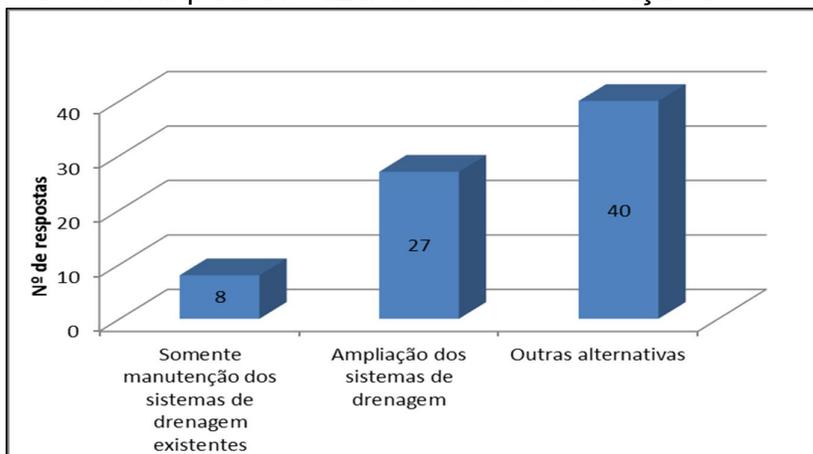
Fonte: Elaboração Própria

Para conhecer mais sobre os sistemas de drenagem que estão inseridos nas áreas de susceptibilidade, fez-se necessário também saber a opinião dos moradores à respeito do que eles pensam que poderia ser feito para amenizar as enchentes e inundações, quando estas ocorrem.

A questão 11, expressada pelo Gráfico 16, mostra que 75 dos entrevistados que respondeu à pergunta, ficou dividida entre as alternativas de manutenção, ampliação dos sistemas de drenagem e outras alternativas.

Do total de moradores que responderam a essa pergunta, 40 optaram por outras alternativas, respondendo que acreditam que a solução para amenizar essa situação calamitosa, está em obras envolvendo os cursos d'água, tanto o Rio Ibirapuitã, quanto o Arroio Regalado.

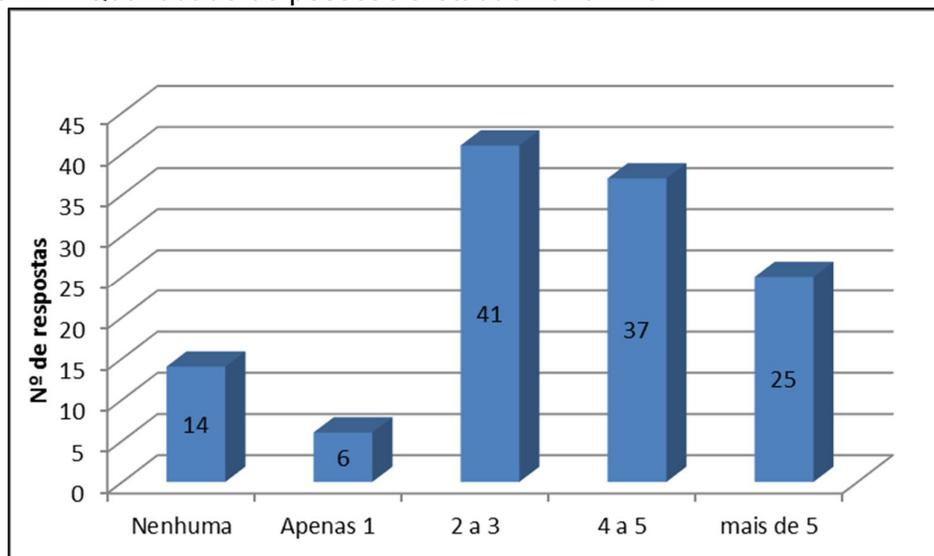
Gráfico 16 – Alternativas para amenizar os eventos em relação aos sistemas



Fonte: Elaboração Própria

Na questão doze, mostrada no Gráfico 17, abordou-se a quantidade de pessoas afetadas pelos eventos, onde 41 disseram que entre duas à três pessoas na sua família foram afetadas.

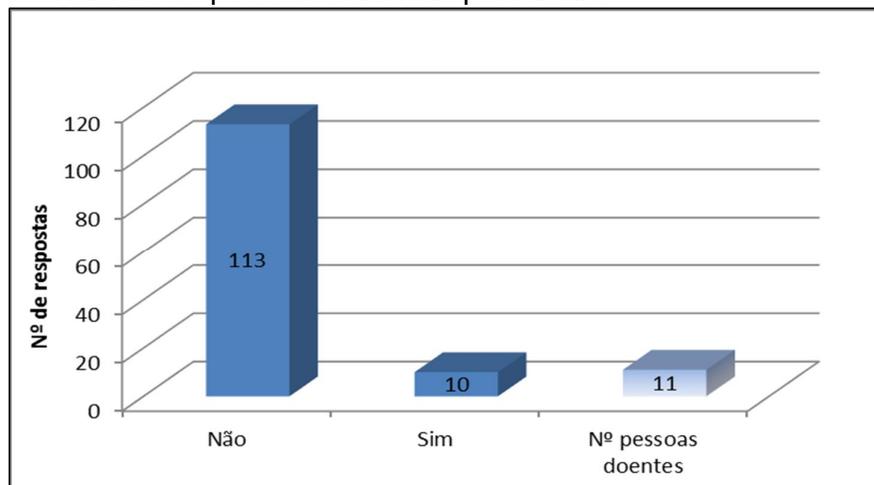
Gráfico 17 – Quantidade de pessoas afetadas na família



Fonte: Elaboração Própria

A questão treze, observada no Gráfico 18, informa a quantidade de pessoas afetadas que ficaram doentes por causa da água, desde micoses de pele até pneumonia, logo, percebe-se que em uma das família mais de uma pessoa ficou doente, e apesar de ser pequena a parcela de pessoas que ficaram fisicamente afetadas, não deve-se menosprezar os riscos que esses eventos oferecem.

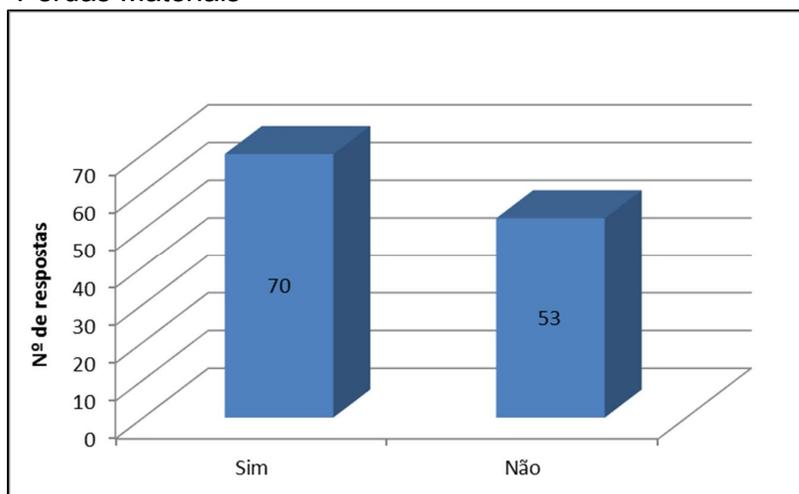
Gráfico 18 – Número de pessoas enfermas por família



Fonte: Elaboração Própria

A questão quatorze, no Gráfico 19, mostra quantas pessoas perderam e não perderam bens materiais nos eventos ocorridos, pode-se perceber que 70 dos moradores tiveram algum prejuízo, pois infelizmente não são todos que conseguem retirar seus pertences a tempo do local.

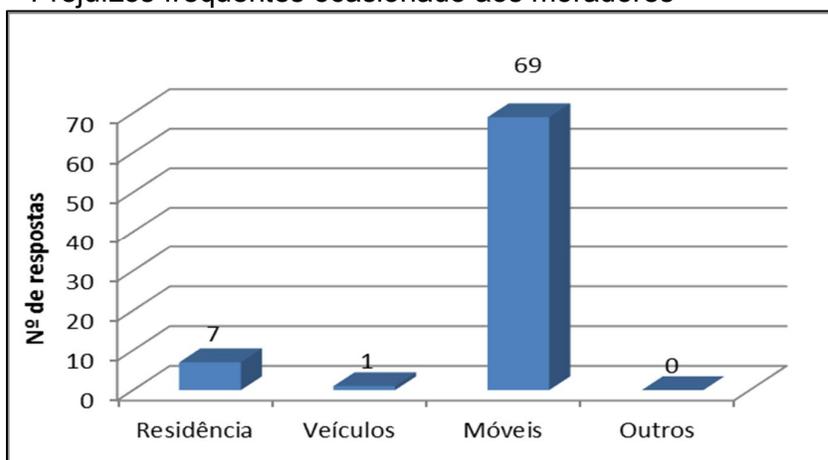
Gráfico 19 – Perdas Materiais



Fonte: Elaboração Própria

O Gráfico 20 expressa a questão de número quinze, na qual aborda quais são os danos materiais com qual a população mais sofre a cada inundação que acontece, e percebe-se que o prejuízo com móveis é o mais sofrido pela população, pois, aqueles que não conseguem retirar a tempo os seus pertences, muitas vezes os perdem por completo. Há moradores que além de prejuízo com móveis também tiveram a sua residência danificada, necessitando fazer reparos quando retornaram.

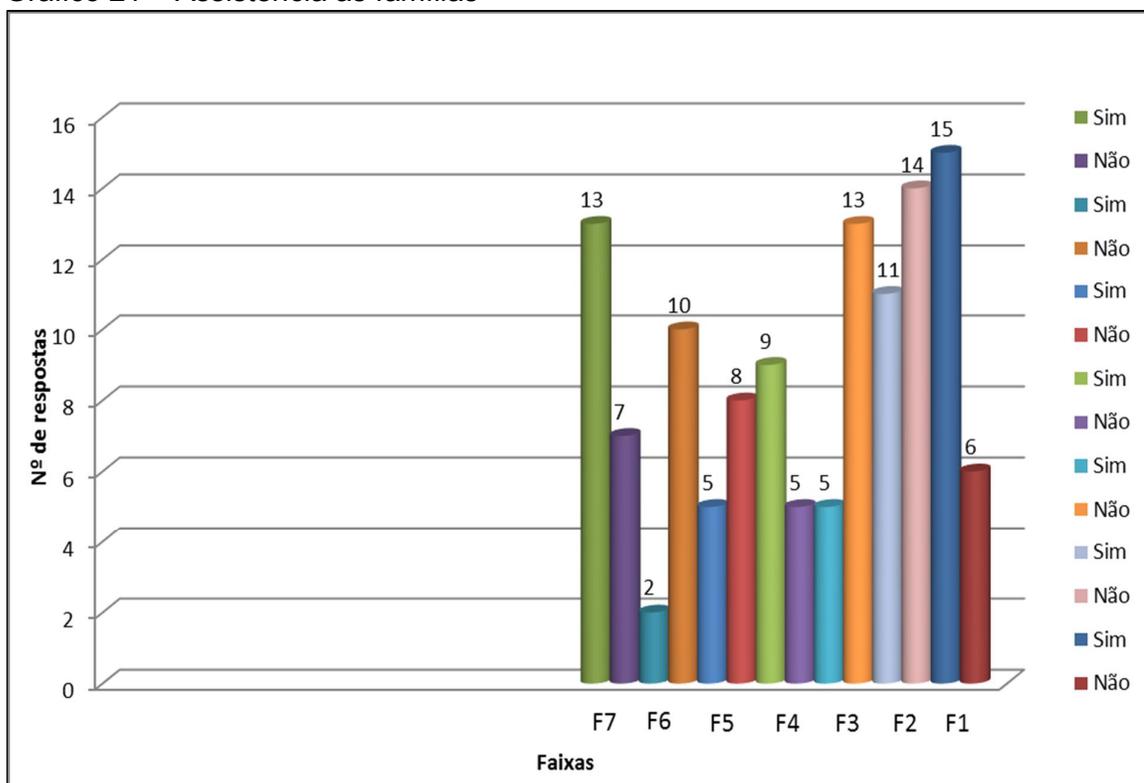
Gráfico 20 – Prejuízos frequentes ocasionado aos moradores



Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 21, está explicitado a questão 16, onde tratou-se saber se durante os eventos ocorridos houve assistência às famílias necessitadas, logo, analisando as sete faixas juntamente, percebe-se que as respostas estão divididas, onde 63 afirmam não terem sido ajudados por ninguém, e 60 dizem terem sido socorridos, inclusive por mais de uma entidade durante os eventos.

Gráfico 21 – Assistência às famílias



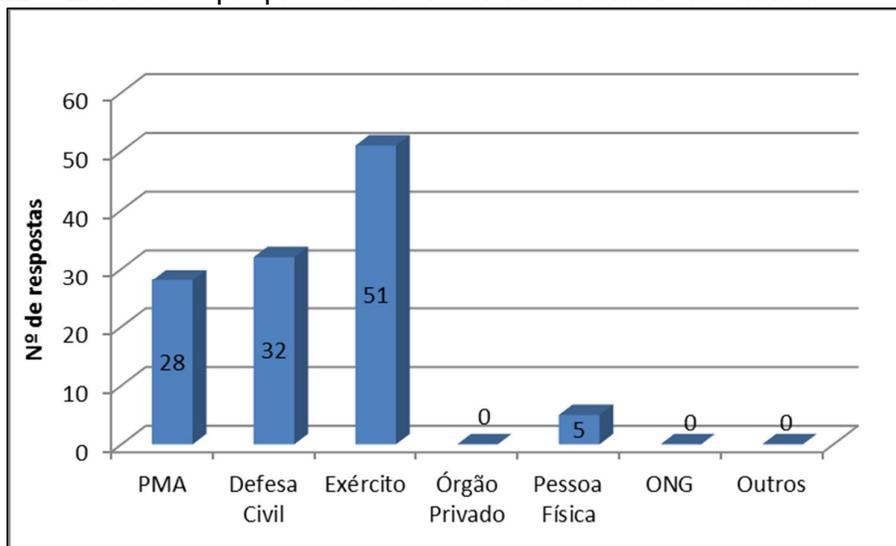
Fonte: Elaboração Própria

A questão 17, contida no Gráfico 22, traz as informações sobre quais entidades mais se preocupam em atender esta parcela da população que frequentemente é assolada pelas enchentes e inundações.

Como pode-se observar o Exército lidera a prestação de serviço ao próximo, auxiliando na remoção da população e na retirada de pertences. Já a Defesa Civil e a Prefeitura Municipal são conhecidas por fornecerem lonas plásticas para a população, fornecimento de abrigo quando possível e produtos de limpeza para as residências.

Contudo, segundo relatos dos moradores há muita solidariedade entre a população ribeirinha, os vizinhos com mais recursos, como barcos, ajudam os mais desafortunados a removerem suas coisas.

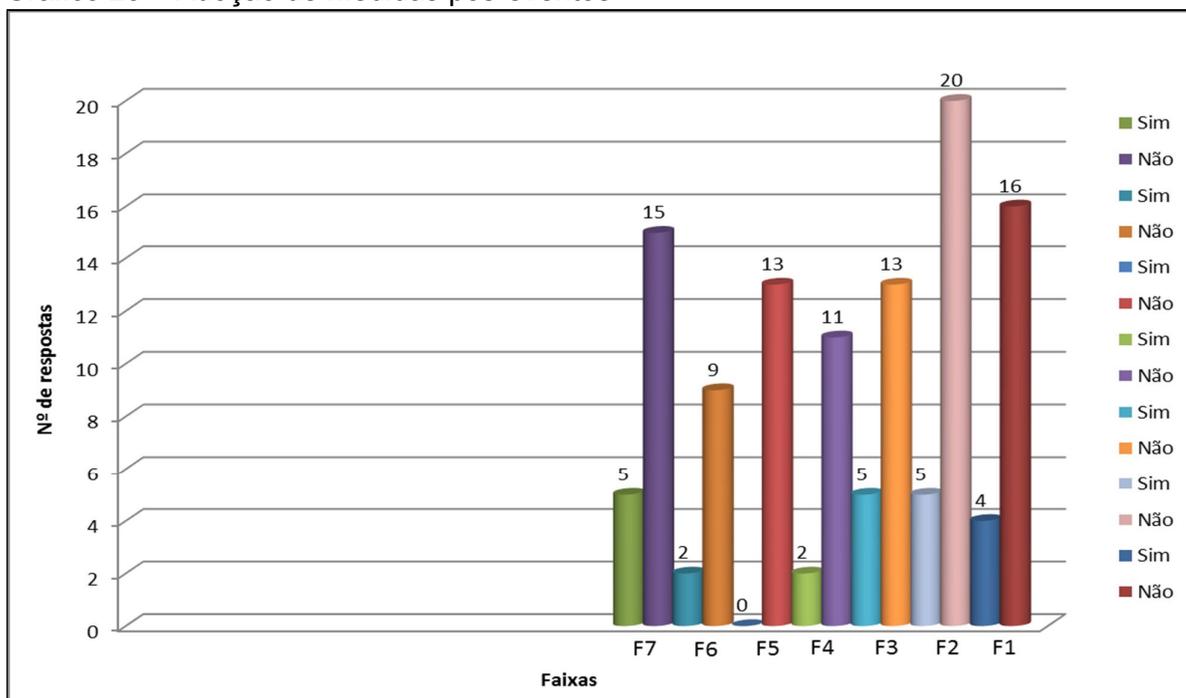
Gráfico 22 – Entidades que prestam assistência às famílias ribeirinhas



Fonte: Elaboração Própria

Na questão 18, perguntou-se aos moradores se após os eventos alguma medida de prevenção teria sido adotada, não só contra contaminação, devido à diversos detritos que a água traz, como também que auxiliasse para amenizar impactos de fenômenos futuros. Infelizmente, de acordo com 97 pessoas que respondeu “Não”, nada foi adotado nas localidades, como mostra o Gráfico 23.

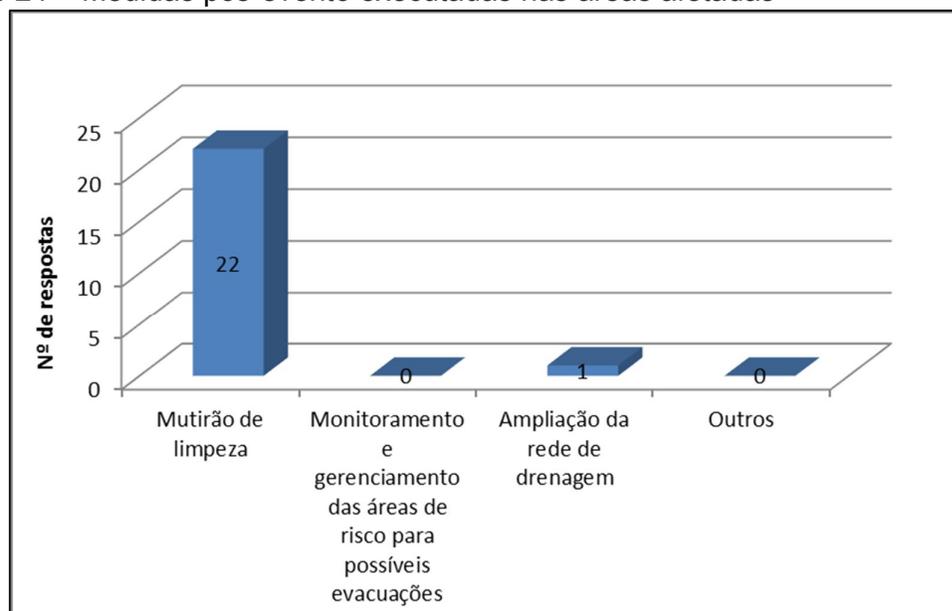
Gráfico 23 – Adoção de medidas pós-eventos



Fonte: Elaboração Própria

O Gráfico 24, referente à questão 19, complementa à questão anterior que trata da adoção de medidas preventivas pós-eventos, e segundo apenas 22 dos entrevistados, a única medida executada foi mutirão de limpeza entre os próprios moradores das áreas de risco, que limpavam as redondezas de suas próprias casas. Pode-se perceber assim, que depois que os eventos passam, a negligência dos órgãos competentes continua e nenhuma medida é adotada.

Gráfico 24 – Medidas pós-evento executadas nas áreas afetadas



Fonte: Elaboração Própria

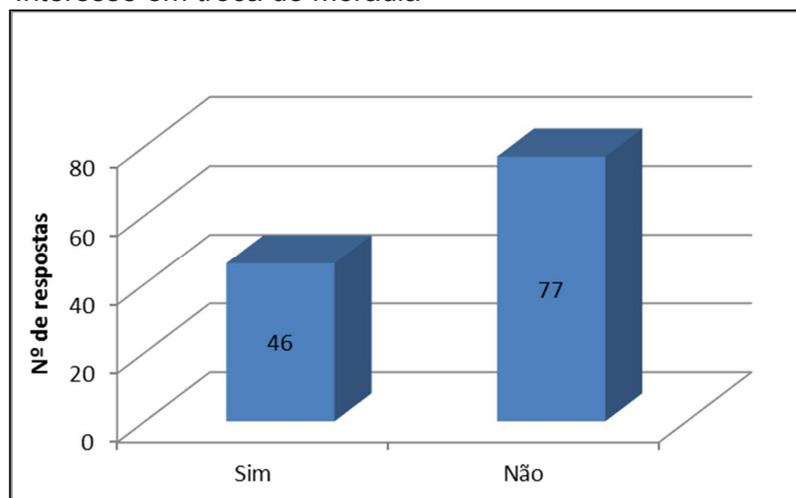
A questão 20, representada pelo Gráfico 25, trata de um assunto bastante interessante por ajudar a entender um pouco a problemática dos acontecimentos. Nesse sentido, foi perguntado a cada um dos entrevistados, no caso de ser oferecido uma possibilidade de trocar de moradia, para um local que não houvesse risco de inundação, se eles aceitariam se mudar ou permaneceriam no local onde estão.

No entanto, 77 dos afetados rejeita qualquer ajuda nesse sentido, pois, alegam ser lugares muito distantes do centro da cidade, o que dificultaria o deslocamento deles, sendo assim, compreende-se porque existem tantas pessoas vivendo de maneira irregular nas zonas periféricas da cidade, sujeitando-se a todo tipo de risco que esses locais oferecem.

Entretanto, ressalta-se que o ideal para essas regiões inundáveis, é que não houvessem moradias, visto que são locais com altíssima vulnerabilidade por estarem

muito próximas aos cursos d'água. Portanto, o reassentamento de todas essas famílias seria uma das medidas mais coerentes a se tomar.

Gráfico 25 – Interesse em troca de moradia



Fonte: Elaboração Própria

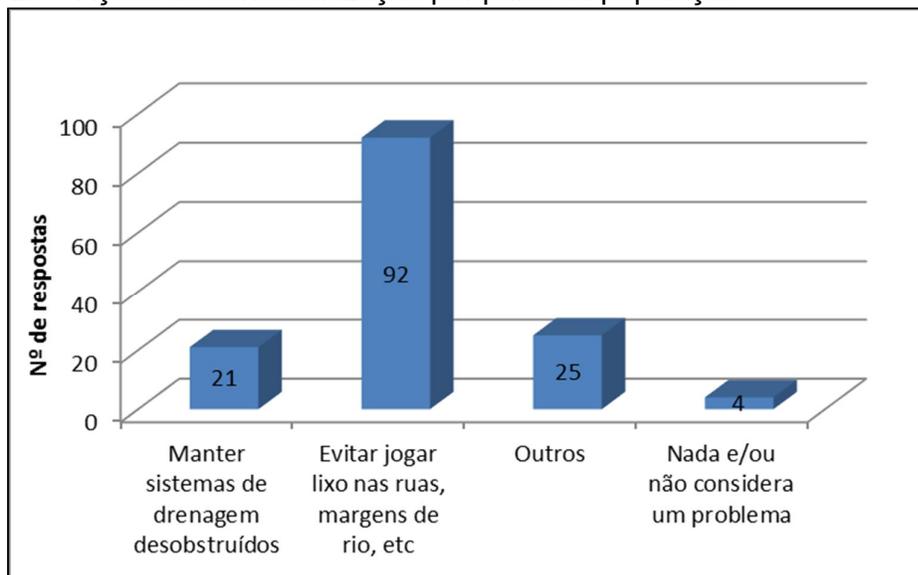
As questões 21, 22 e 23 abordam perguntas de conscientização da população habitante dessas regiões no que tange a educação com o meio em que elas estão inseridas.

O Gráfico 26 representa a questão 21, que tratou de conhecer a opinião da população sobre o que eles podem fazer para contribuir positivamente com o meio ambiente e amenizar os efeitos das enchentes e inundações.

Assim, 92 pessoas concorda que evitar jogar lixo nas ruas, margens de rios, etc, é muito importante, pois a maioria dos moradores tem consciência do quão prejudicial o lixo pode ser, inclusive, segundo relatos de diversos entrevistados a maioria do lixo que é descartada nas margens dos cursos d'água são de cidadãos de outras regiões da cidade.

Muitos dos entrevistados além de citarem a questão do lixo também enfatizaram a importância de se manter e conservar os sistemas de drenagem, não deixando que os mesmos fiquem obstruídos com lixo. No entanto, durante o levantamento de campo, pode-se evidenciar que a maioria dos moradores que sabem a importância da conservação do meio ambiente, não fazem a sua parte, visto que seus pátios e ruas estavam cobertos de lixo.

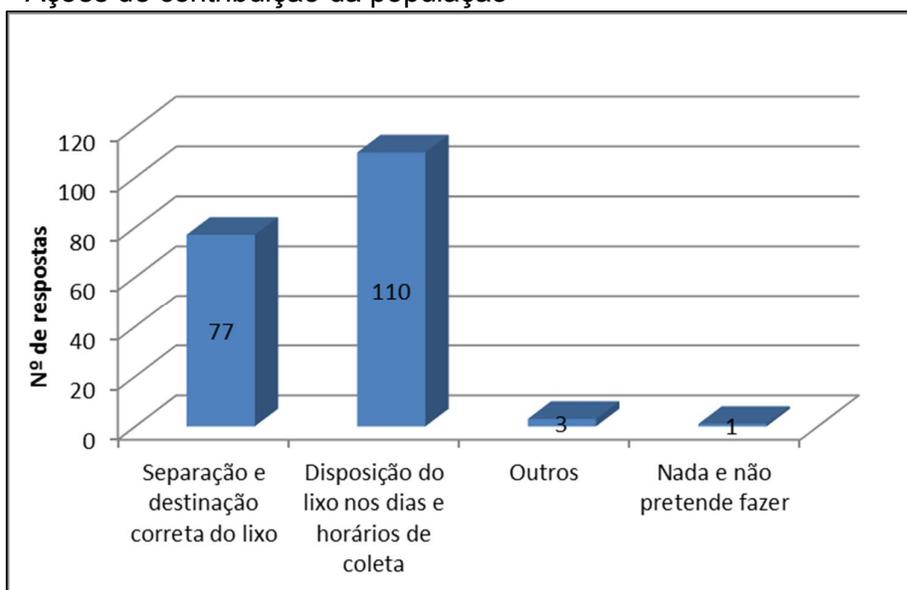
Gráfico 26 – Ações de conscientização por parte da população



Fonte: Elaboração Própria

O Gráfico 27 trata da questão 22, e tem por objetivo saber se os moradores contribuem com atitudes básicas que cidadãos responsáveis que integram uma sociedade devem tomar, como separação e destinação correta do lixo, bem como a disposição do mesmo em lugares e horários certos para a coleta, longe do chão, onde os animais podem rasgar e espalhar os mesmos. Como observa-se no Gráfico 27, a maioria da população dispõe e separa o seu lixo corretamente.

Gráfico 27 – Ações de contribuição da população

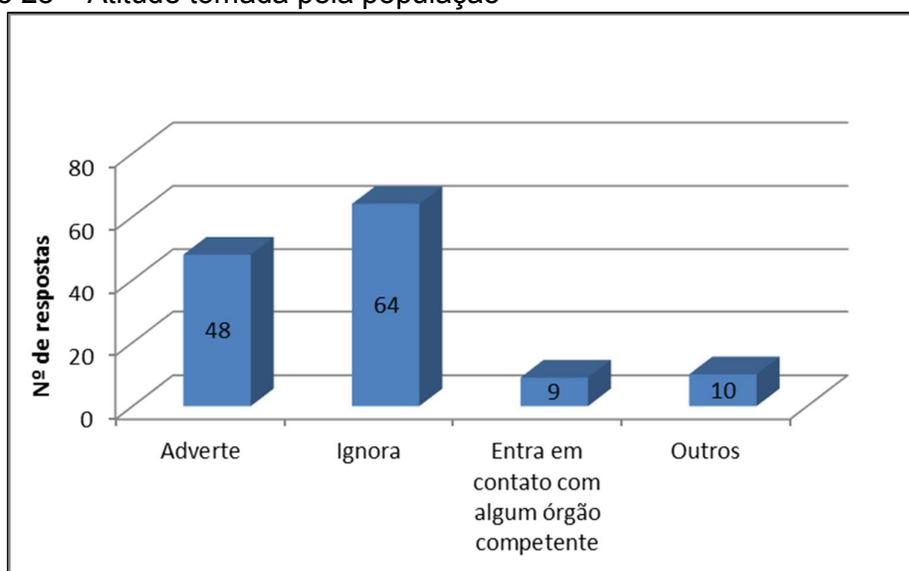


Fonte: Elaboração Própria

Por último o Gráfico 28 elucida a questão 23, que abordou qual a atitude dessa população quando deparada com outras pessoas cometendo atos prejudiciais à sociedade como um todo, como por exemplo, o descarte de lixo nas margens do Rio Ibirapuitã e Arroio Regalado, onde pode-se encontrar diversos móveis velhos que agravam severamente a situação nas épocas de cheia.

Infelizmente, por não quererem comprometer-se, a maioria ignora essa situação, outras pessoas alegam que cansaram de fazer advertências e denúncias e nunca foi tomada nenhuma providência por parte dos órgãos públicos.

Gráfico 28 – Atitude tomada pela população

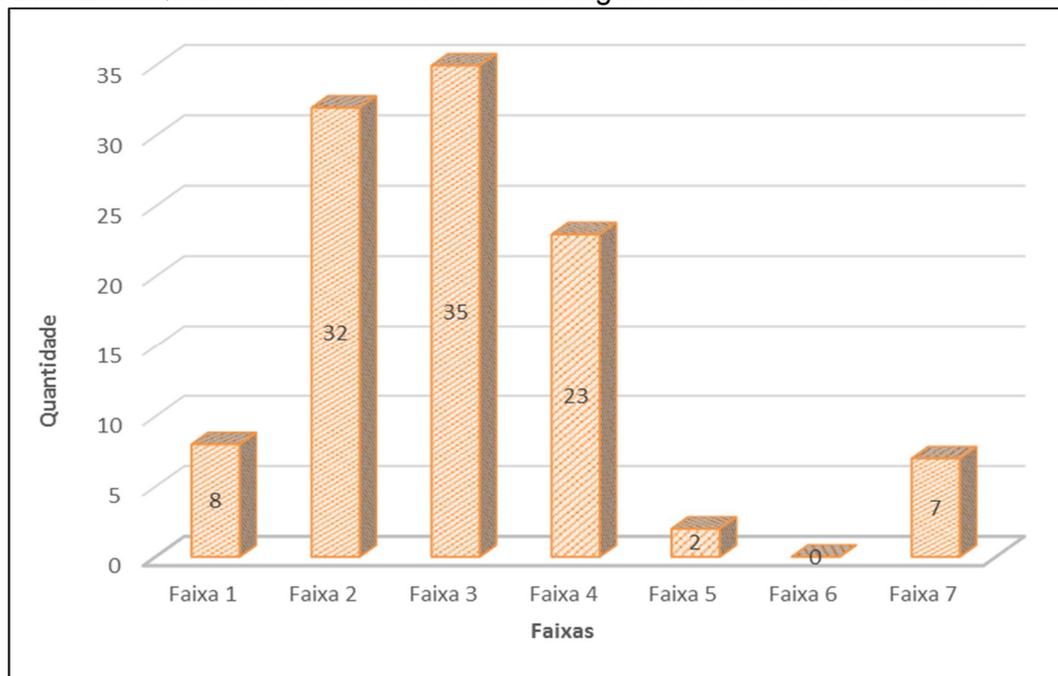


Fonte: Elaboração Própria

## 4.2 Análise dos sistemas de drenagem

Após o levantamento descrito no item 3.4.4, os sistemas de drenagem foram contabilizados e marcados a sua localização espacialmente no mapa do Apêndice C1 ao C7. Como pode-se observar há uma precariedade de sistemas coletores de água da chuva nas faixas estudadas como aborda o Gráfico 29.

Gráfico 29 – Quantidade de sistemas de drenagem em cada faixa estudada



Fonte: Elaboração Própria

A Faixa 6 é a mais deficiente neste quesito, pois, não possui nenhum sistema de drenagem, já as Faixas 2 e 3 por se tratarem de locais próximos ao centro urbano de Alegrete, estão contempladas com um número maior de elementos coletores, havendo predominância de bocas de lobo em todas as faixas estudadas.

Sendo assim, a Tabela 1 mostra as quantidades de sistemas de drenagem e as respectivas dimensões desses elementos, contabilizando a Faixa 1, sete bocas de lobo e um esgoto a céu aberto, a Faixa 2 com 27 bocas de lobo, 3 esgotos a céu aberto e dois poços de visita, e a Faixa 3 com 35 bocas de lobo.

Já a Tabela 2 traz a quantidade e dimensões das faixas restantes, ficando a Faixa 4 com 23 bocas de lobo, a Faixa 5 com uma boca de lobo e um esgoto a céu aberto, a Faixa 6 não possui elementos, e por fim a Faixa 7 com sete bocas de lobo.

Tabela 1 – Quantidade de elementos de drenagem e dimensão nas faixas 1, 2 e 3

Medidas dos Sistemas de Drenagem referentes à Faixa 1			Medidas dos Sistemas de Drenagem referentes à Faixa 2			Medidas dos Sistemas de Drenagem referentes à Faixa 3		
Nº	Largura (cm)	Altura (cm)	Nº	Largura (cm)	Altura (cm)	Nº	Altura (cm)	Largura (cm)
SD1	60	20	SD1	90		SD1	20	70
SD2	65	55	SD2	130		SD2	15	80
SD3	80	30	SD3	280		SD3	80	100
SD4	80	20	SD4	280		SD4	20	90
SD5	75	15	SD5	100		SD5	10	70
SD6	Esgoto a céu aberto		SD6	100		SD6	80	100
SD7	60	20	SD7	100	20	SD7	70	110
SD8	60	20	SD8	100	15	SD8	20	70
			SD9	100		SD9	30	70
			SD10	100		SD10	70	100
			SD11	100	20	SD11	40	40
			SD12	120		SD12	10	80
			SD13	120		SD13	10	80
			SD14	Poço de visita		SD14	5	40
			SD15	110		SD15	10	20
			SD16	60		SD16	20	80
			SD17	100		SD17	110	120
			SD18	100		SD18	60	90
			SD19	100		SD19	60	70
			SD20	100		SD20	20	70
			SD21	90		SD21	10	80
			SD22	100		SD22	10	110
			SD23	100	20	SD23	10	100
			SD24	110		SD24	30	70
			SD25	100	20	SD25	10	90
			SD26	Poço de visita		SD26	50	80
			SD27	Esgoto a céu aberto		SD27	10	100
			SD28	Esgoto a céu aberto		SD28	62	85
			SD29	20		SD29	37	60
			SD30	20		SD30	18	50
			SD31	Esgoto a céu aberto		SD31	10	20
			SD32	30		SD32	14	78
						SD33	20	80
						SD34	20	80
						SD35	20	80

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 2 – Quantidade de elementos de drenagem e dimensão nas faixas 4, 5 e 7

Medidas dos Sistemas de Drenagem referentes à Faixa 4			Medidas dos Sistemas de Drenagem referentes à Faixa 5			Medidas dos Sistemas de Drenagem referentes à Faixa 7		
Nº	Largura (cm)	Altura (cm)	Nº	Largura (cm)	Altura (cm)	Nº	Largura (cm)	Altura (cm)
SD1	120	10	SD1	130	20	SD1	50	15
SD2	70	20	SD2	Esgoto a céu aberto		SD2	Sem tampa	
SD3	50	15				SD3	70	20
SD4	75	15				SD4	70	20
SD5	75	15				SD5	70	15
SD6	75	15				SD6	70	15
SD7	80	37				SD7	70	15
SD8	100	15						
SD9	80	15						
SD10	80	15						
SD11	80	15						
SD12	100	30						
SD13	100	30						
SD14	75	20						
SD15	60	20						
SD16	80	15						
SD17	80	30						
SD18	80	15						
SD19	110	15						
SD20	80	20						
SD21	75	20						
SD22	60	15						
SD23	85	15						

Fonte: Elaboração Própria

Portanto, como visto na análise quantitativa, há uma grande precariedade de sistemas de drenagem nas áreas de vulnerabilidade. Nesse sentido, os mesmos também foram analisados qualitativamente, e ao longo do estudo observou-se que além de serem poucos elementos, a maioria ainda encontra-se em péssimo estado de conservação, sem tampas protetoras ou com a tampa quebrada e obstruídos por lixo como mostra a Figura 16.

Logo, pode-se perceber os motivos pelos mesmos não estarem funcionando de maneira eficiente como relatado pelos entrevistados e abordado nos Gráficos 14 e 15.

Figura 16 – Sistemas de drenagem

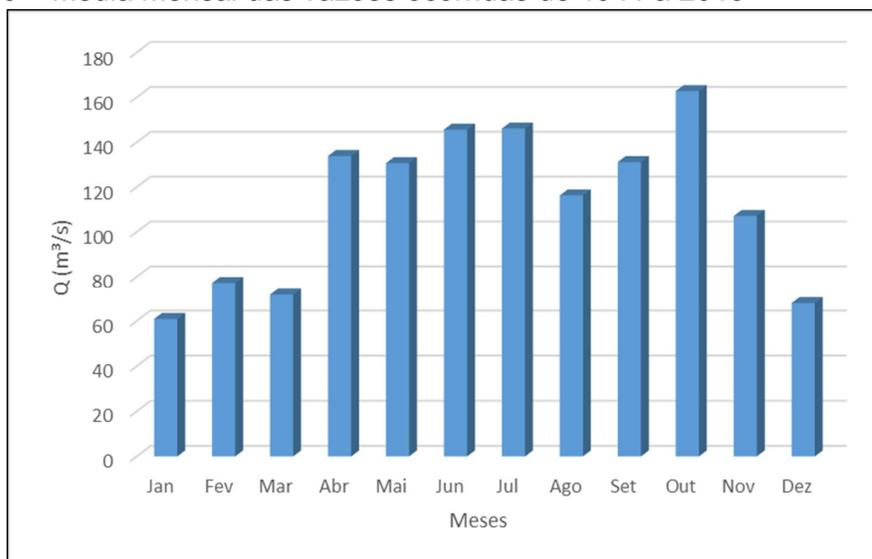


Fonte: Elaboração Própria

### 4.3 Análise dos dados hidrológicos

De acordo com a metodologia descrita no item 3.5.3, compatibilizou-se os dados obtidos da série histórica da ANA para melhor compreensão dos meses que obtiveram as maiores vazões, então, a partir da média de cada mês, em 71 anos de dados observados pode-se perceber, pelo Gráfico 30, que o mês mais crítico é outubro.

Gráfico 30 – Média mensal das vazões ocorridas de 1941 à 2013



Fonte: Elaboração Própria

Conforme ilustra a Tabela 3, o mês de outubro aparece doze vezes obtendo as maiores vazões diárias, em 71 anos de levantamento, seguido de maio e abril. No entanto, apesar do mês de outubro liderar o número de vezes com maiores vazões, o maior valor de vazão em 71 anos foi no mês de abril, atingindo uma vazão de 1610,5 m<sup>3</sup>/s em 15 de abril de 1992, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 3 – Posição dos meses com maiores vazões diárias

posição	mês	quantidade
1º	outubro	12
2º	maio	9
3º	abril	8
3º	junho	8
3º	agosto	8
4º	novembro	7
4º	setembro	7
5º	fevereiro	4
6º	janeiro	3
7º	março	2
7º	julho	2
8º	dezembro	1
	total	71

Fonte: Elaboração Própria

A Tabela 4, mostra os 71 anos de dados de vazões observados pela Agência Nacional das águas.

Tabela 4 – Dados das maiores vazões em 71 anos

Nº de dados	Série histórica das maiores vazões		Nº de dados	Série histórica das maiores vazões	
	Data	Vazão (m³/s)		Data	Vazão (m³/s)
1	15/08/1941	1018,3	36	10/08/1976	785,5
2	20/05/1942	1113,5	37	22/04/1977	1126,3
3	03/06/1943	513,0	38	21/11/1978	1044,6
4	09/10/1944	1148,0	39	30/09/1979	1075,5
5	28/09/1945	626,8	40	23/10/1980	929,0
6	13/10/1946	1056,9	41	21/02/1981	403,2
7	20/05/1947	1224,0	42	30/10/1982	1063,0
8	28/09/1948	1073,4	43	07/05/1983	1128,5
9	05/10/1949	1178,9	44	26/05/1984	1167,8
10	28/06/1950	697,6	45	07/04/1985	1028,3
11	27/06/1951	751,1	46	20/04/1987	1444,8
12	04/06/1952	978,7	47	28/09/1988	654,2
13	03/10/1953	1159,0	48	24/08/1989	235,5
14	12/06/1954	1075,5	49	08/11/1990	1361,7
15	20/05/1955	604,4	50	20/04/1991	1523,4
16	22/03/1956	626,8	51	15/04/1992	1610,5
17	16/06/1957	751,1	52	14/05/1993	1401,5
18	22/02/1958	1192,3	53	04/03/1995	527,9
19	11/04/1959	1547,5	54	31/01/1996	1092,3
20	25/07/1960	959,4	55	17/10/1997	1249,3
21	23/10/1961	1217,1	56	15/04/1998	1507,4
22	22/09/1962	1034,4	57	17/10/1999	341,5
23	17/10/1963	1228,6	58	08/05/2000	925,2
24	18/04/1964	444,0	59	04/05/2001	1329,9
25	14/09/1965	892,0	60	06/12/2002	1354,3
26	24/07/1966	1161,2	61	03/05/2003	982,6
27	30/06/1967	639,7	62	08/11/2004	497,2
28	15/11/1968	468,9	63	26/08/2005	520,4
29	11/01/1969	680,9	64	11/11/2006	329,2
30	10/08/1970	780,6	65	22/08/2007	550,9
31	04/02/1971	716,2	66	19/10/2008	654,0
32	24/09/1972	1145,8	67	25/11/2009	1263,6
33	13/02/1973	1389,0	68	07/01/2010	1022,7
34	02/07/1974	448,4	69	03/08/2011	390,0
35	16/08/1975	530,4	70	13/10/2012	1102,3
			71	15/11/2013	1074,3

Fonte: Elaboração Própria

### 4.3.1 Análise da Curva-chave

A partir dos dados observados de cota e vazão, foi possível ajustar uma equação de tendência, expressada pela equação 7 que deve ser utilizada somente para dados observados. A Curva-chave gerada pelo programa CurveExpert está representada no Gráfico 31, onde  $h$  (cm) expressa os valores de cota e  $Q$  (m<sup>3</sup>/s) expressa valores de vazão.

$$y = \frac{ab+cx^d}{b+x^d} \quad \dots(7)$$

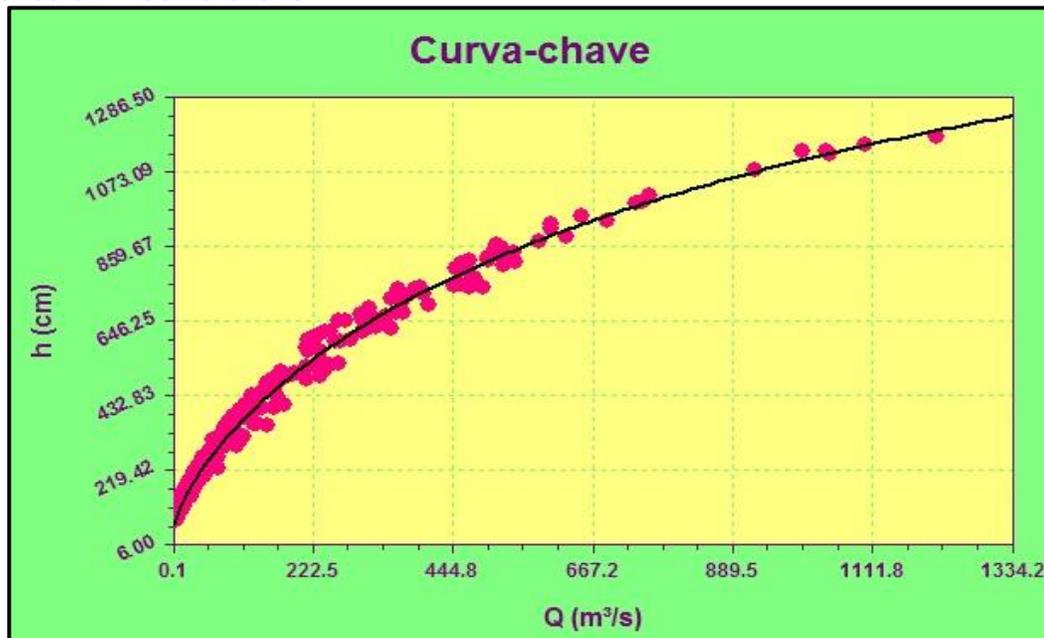
Onde:

Parâmetros	
a	6,24E+01
b	2,51E+02
c	2,30E+03
d	7,82E-01

$y$  representa valores de cota;

$x$  representa valores de vazão;

Gráfico 31 – Curva-chave



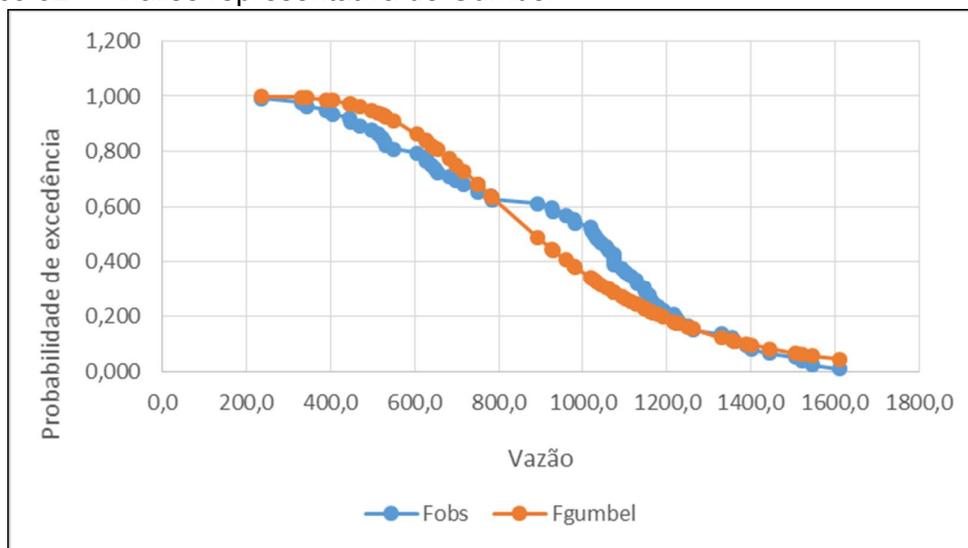
Fonte: Elaboração Própria

No entanto, como não há dados observados de vazão acima de 1334,2 m<sup>3</sup>/s e cotas acima de 1286,5 cm, para fins apenas estimativos extrapolou-se a equação de tendência ajustada (7) para determinação de valores de vazão e cotas maiores.

#### 4.3.2 Ajuste da distribuição de probabilidade Gumbel

De acordo com o item 3.5.3, plotou-se em forma de gráfico as frequências observadas e obtidas por Gumbel para saber se a mesma seria representativa. Embora, não seja a representação ideal para a amostra, considera-se que a mesma foi aceitável para esta análise, pois, para vazões altas o ajuste foi bom, como mostra o Gráfico 32.

Gráfico 32 – Análise representativa de Gumbel



Fonte: Elaboração Própria

Enfatiza-se que devem ser testadas outras distribuições de probabilidade, e adotar a que melhor representar a série de dados observados. Para esta análise não testou-se outros modelos estimativos por tratar-se apenas de uma estimativa, ou seja, considerando que a distribuição de Gumbel teve uma representação de maneira aceitável, aplicou-se a mesma, com o intuito de projetar valores de vazões futuras para tempos de retornos escolhidos, logo, estipulou-se tempos de retornos variando de 2 à 1000 anos, como abordado na Tabela 5 do item 4.3.3.

A partir das vazões estimadas pelo método Gumbel, pode-se entrar na curva-chave do item 4.3.1 e saber quais seriam os valores de cota correspondentes a cada probabilidade de vazão. Porém, devido a limitação de dados de descarga observados enquadrados pela curva-chave, foi necessário extrapolar a mesma para as previsões de vazões muito altas, que foram além das observadas, seguindo a linha de tendência representada pela equação 7, disposta no item 4.3.1.

Todavia, apesar de não ser confiável a extrapolação de uma curva de descarga, pelo fato da mesma só ser válida para dados que se tem observados, a mesma foi extrapolada para se ter uma noção de como poderão se comportar os dados analisados, caso a tendência da curva permaneça, nesse caso, apenas para fins estimativos, pois não há certeza do comportamento do Rio.

#### **4.3.3 Análise da frequência das enchentes**

Após análise e aceitabilidade da representação de Gumbel descrita no item 4.3.2, para estimar-se valores de vazões e cotas futuras, utilizou-se Gumbel a partir de valores de retorno estabelecidos, projetando-os para um período de até 1000 anos. A partir dos valores de vazões projetados, pode-se determinar também a cota que as mesmas atingirão para o mesmo período, como descreve o item 4.3.2.

Ainda, com o auxílio do perfil transversal disposto no Apêndice D, pode-se determinar também quais seriam as curvas de nível (item 4.3.4) respectivas às cotas extrapoladas pela curva-chave. A Tabela 5 mostra a projeção desses valores para um período de 1000 anos.

Tabela 5 – Estimativa dos dados de vazão e cota para 1000 anos

Estimativas de Gumbel			
TR	Q (m <sup>3</sup> /s)	COTA (cm) em relação ao leito do Rio	Curva de Nível (localização no mapa)
2	884,2159	1055,83	71,97
5	1186,318	1183,66	73,25
10	1386,34	1251,59	73,93
20	1578,20	1307,72	74,49
30	1688,57	1336,76	74,78
40	1766,39	1355,99	74,98
50	1826,54	1370,22	75,12
60	1875,59	1381,43	75,23
70	1917,00	1390,64	75,32
80	1952,83	1398,43	75,40
90	1984,41	1405,16	75,47
100	2012,64	1411,07	75,53
200	2198,06	1447,63	75,89
300	2306,36	1467,33	76,09
400	2383,15	1480,64	76,22
500	2442,69	1490,60	76,32
1000	2627,57	1519,76	76,61

Fonte: Elaboração Própria

Na sequência, foram determinados para cada vazão e cota máxima dos 71 anos observados, o tempo provável de retorno segundo o método estatístico de Gumbel, demonstrados na Tabela 6, para comparar com TR calculados da Tabela 5.

Logo, com base nos resultados da Tabela 5, pode-se afirmar que pelo menos a cada três anos ocorrerão grandes vazões na cidade de Alegrete, o que confere com os dados da série histórica dispostos na Tabela 6. Sendo assim, fica evidente o quão recorrentes são os fenômenos de enchentes e inundações na cidade de Alegrete.

Tabela 6 – Tempo de Retorno para os dados observados

Dados diários máximos observados			Estimativa	Dados diários máximos observados			Estimativa
Data	Vazão (m³/s)	Cota (cm) em relação ao leito do Rio	TR (anos)	Data	Vazão (m³/s)	Cota (cm) em relação ao leito do Rio	TR (anos)
15/08/1941	1018,259	1196	3	22/04/1977	1126,343	1213	4
20/05/1942	1113,474	1242	4	21/11/1978	1044,555	1174	3
03/06/1943	512,9874	880	1	30/09/1979	1075,494	1189	3
09/10/1944	1148,026	1258	4	23/10/1980	928,9854	1115	2
28/09/1945	626,8215	966	1	21/02/1981	403,1734	728	1
13/10/1946	1056,854	1215	3	30/10/1982	1063,041	1163	3
20/05/1947	1223,974	1292	6	07/05/1983	1128,498	1194	4
28/09/1948	1073,411	1223	3	26/05/1984	1167,794	1212	5
05/10/1949	1178,88	1272	5	07/04/1985	1028,317	1146	3
28/06/1950	697,6223	1014	1	20/04/1987	1444,767	1328	12
27/06/1951	751,0938	1048	1	28/09/1988	654,2033	930	1
04/06/1952	978,7277	1176	3	24/08/1989	235,5241	534	1
03/10/1953	1158,979	1263	5	08/11/1990	1361,68	1295	9
12/06/1954	1075,494	1224	3	20/04/1991	1523,375	1358	16
20/05/1955	604,4039	950	1	15/04/1992	1610,528	1390	23
22/03/1956	626,8215	966	1	14/05/1993	1401,528	1311	11
16/06/1957	751,0938	1048	1	04/03/1995	527,9074	837	1
22/02/1958	1192,282	1278	5	31/01/1996	1092,258	1177	4
11/04/1959	1547,539	1422	18	17/10/1997	1249,3	1248	6
25/07/1960	959,3774	1166	2	15/04/1998	1507,4	1352	15
23/10/1961	1217,133	1289	6	17/10/1999	341,5328	665	1
22/09/1962	1034,385	1204	3	08/05/2000	925,2352	1093	2
17/10/1963	1228,55	1294	6	04/05/2001	1329,903	1281,5	8
18/04/1964	443,9615	821	1	06/12/2002	1354,3	1292	9
14/09/1965	891,9665	1130	2	03/05/2003	982,6308	1123	3
24/07/1966	1161,178	1264	5	08/11/2004	497,1654	812	1
30/06/1967	639,688	940	1	26/08/2005	520,4094	831	1
15/11/1968	468,8726	808	1	11/11/2006	329,1507	654	1
11/01/1969	680,9191	968	1	22/08/2007	550,8626	854	1
10/08/1970	780,5519	1031	2	19/10/2008	654	875	1
04/02/1971	716,1743	698	1	25/11/2009	1263,6	1356	7
24/09/1972	1145,845	1222	4	07/01/2010	1022,7	1176	3
13/02/1973	1388,988	1326	10	03/08/2011	390	637	1
02/07/1974	448,419	790	1	13/10/2012	1102,3	1231	4
16/08/1975	530,4237	859	1	15/11/2013	1074,3	1210	3
10/08/1976	785,5402	1034	2				

Fonte: Elaboração Própria

Segundo dados da Agência Nacional das Águas (2010) apud Silva (2011, p. 77) "o Ibirapuitã possui um nível médio anual normal (entre 5% e 95%) de 340 cm,

uma vazão média de 143,14 m<sup>3</sup>/s e uma largura média na zona urbana de 67 m". Estes dados informam como comporta-se o Rio Ibirapuitã no período de curso normal, sendo assim, Silva (2011) também afirma que este Rio, a partir de 7,4 m acima de seu nível normal, já afeta alguns bairros e, a partir de 10 m, mais de 20 bairros ficam submersos.

Já segundo dados dos jornais, da defesa civil e da análise da série histórica de dados, as inundações começam a partir de valores de vazão de 900 m<sup>3</sup>/s que correspondem a valores de cotas em torno de 10,8 m, o que confere com as informações de Silva (2011). Logo, como pode-se observar, segundo método estimativo, os tempos de retorno para cada uma das vazões explicitadas na Tabela 6 são considerados períodos muito curtos, o que significa que a cada 2 ou 3 anos a probabilidade de ocorrerem enchentes e inundações é muito alta.

Nesse sentido, faz-se necessário que as autoridades municipais intervenham para que se possa fazer uso de medidas que protejam essa parcela da população que constantemente é afligida por esses eventos, sejam medidas estruturais ou não, algo realmente urgente deve ser implementado no município. Uma das soluções mais rápidas e econômicas que o município pode fazer uso, enquanto projetam-se medidas mais sensatas, são os sistemas de alerta.

#### **4.3.4 Análise da elaboração do perfil transversal médio do Rio Ibirapuitã**

A Figura 17 mostra o perfil médio da seção transversal do Rio Ibirapuitã, obtido a partir da sobreposição dos 24 perfis expostos no item 3.5.4, compatibilizado com a sua real localização pela imagem de satélite obtida pelo Google Earth. Após, os dados de cota e distância do perfil médio foram transferidos para o mesmo mapa da cidade utilizado para fins de mapeamento no item 3.4.3, afim de compatibilizar as cotas do perfil com as curvas de nível do terreno, podendo assim, a partir dos valores de cota e vazão estimados no item 4.3.3, estimar-se também as curvas de nível correspondentes para cada valor de cota.

Logo, no mapa (Apêndice D) traçou-se a distância do perfil médio no Rio Ibirapuitã, no ponto onde encontra-se a estação fluviométrica, e uniu-se cada borda do Rio com o perfil criado, como pode ser elucidado no Apêndice D. Assim, mediu-se a distância da borda do esquerda do Rio até a curva de nível 75, por estar mais

próxima, e a mesma medida obtida, foi rebatida para o perfil transversal. Então, unindo-se os pontos de interferência pode-se obter o valor de cota que representa a curva de nível 75, sendo essa o marco para determinação das outras curvas de nível que estão dispostas na Tabela 5.

Figura 17 – Seção transversal média Rio Ibirapuitã



Fonte: Elaboração Própria

#### **4.3.5 Comparação dos dados obtidos em campo com os dados da ANA**

Comparando os dados levantados em jornais locais e Defesa Civil municipal com os dados obtidos na Agência Nacional das Águas, observou-se alguns equívocos por parte de alguma das fontes, como mostra a Tabela 7. Os dados na cor lilás ilustram os dados compatíveis e os dados em azuis os divergentes.

No entanto, pelo fato de os dados levantados junto aos jornais do ano de 1998 terem afetado o maior número de pessoas no município, como mostra o Apêndice A, e por serem coerentes com os dados da ANA, acredita-se que o equívoco seja dos jornais locais, visto que muitas publicações ocorrem após as datas reais dos eventos, ou seja, as datas impressas referem-se à publicação e não aos eventos em si.

Outra consideração que deve ser levada em conta são as inundações pelo Arroio Regalado, pois, nas épocas de grande incidência de chuva, este afluente de pequeno porte que passa pela região urbana, assim como o Rio Ibirapuitã, também extravasa para regiões marginais, onde encontram-se grande parte da população ribeirinha. Sendo assim, algumas das publicações podem estar ligadas à estes eventos.

Tabela 7 – Dados comparativos

Dados dos jornais e Defesa Civil		Segundo dados da ANA	Q (m <sup>3</sup> /s)	cotas (m)
Data	Q (m <sup>3</sup> /s) ANA			
15/09/1972	278,49	22-26/09/72	957,46	12,8
30/04/1992	147,94	12-20/04/92	1028,3	11,46
de 30/4/01 à 11/5/2001	92,31	01-07/5/01	1016,3	11,4
14/10/2002	1228,6			
30/04/2003	654,2	02-04/05/03	963,23	11,13
26/10/2003	912,19			
11/12/2003	181,67	26-27/10/03	904,8	10,815
21/11/2009	727,8	22/11-03/12/09	913,8	10,86
25/10/1997	72,34	16-20/10/97	1002,3	11,33
13 à 20/04/1998	1092,3			
11 à 18/05/2001	92,31	01-07/05/01	1016,3	11,4
02/10/2002	53,42	09-15/10/02	1058,9	11,61
13 à 20/10/2012	1102,3			
17/10/1997	1249,3			
03/01/1998 à 10/01/1998	1042,5			
18/04/1998 à 25/4/98	1315,4			
04/05/2002	229,61	01/05/2002	963,23	11,13
19/10/2002	391,88	03-10/12/02	1010,26	11,365
07/06/2003	562,6	02-04/05/03	963,23	11,13
11/12/2003 à 13/12/03	793,9	mai/03	963,23	11,13
14/11/2009 à 28/11/09	1188,8			
09/01/2010	950,2			
31/07/2010	690,7	06-10/01/10	912,5	10,82
02/10/2012	81,5	10-16/10/12	937,85	11,045
13/10/2012	1102,3			

Fonte: Elaboração Própria

Como percebe-se na Tabela 7, nas datas de 26 e 27/10/2003 segundo dados da ANA, a vazão ocorrida fora de 904,8 m<sup>3</sup>/s e a cota alcançada de 10,815 m, conferindo com as informações de Silva (2011) descritas no item 4.3.3 de que as inundações são relatadas a partir de 7,4 m acima do nível normal que é de 3,4 m, dando assim um valor de cota inicial de inundação de 10,8 m que corresponde à uma curva de nível (cota em relação ao nível do mar) de 72,22 m.

#### **4.4 Possíveis medidas preventivas e recomendações para as áreas de vulnerabilidade**

Como visto ao longo deste trabalho, as medidas para se enfrentar as enchentes e inundações são as mais diversas, no entanto, há medidas como as estruturais que além de onerosas não são capazes de resolver o problema quando adotadas sozinhas, é necessário a adoção de medidas não estruturais em conjunto, visto que as estruturais dão uma falsa sensação de segurança, o que pode contribuir para o aumento da população das zonas de risco.

Nesse caso, soluções que permitam a convivência da população com as enchentes e inundações de maneira que não ocorram riscos, são mais adotadas por facilitarem seu emprego e por serem mais economicamente viáveis, como é o caso das medidas não estruturais composta de sistemas de alerta em conjunto com campanhas de conscientização, bem como zoneamento em conjunto com o mapeamento das áreas de risco.

Os sistemas de alertas são extremamente eficientes, visto que eles informam com antecedência a população sobre a probabilidade de ocorrer uma cheia, possibilitando remover toda a população sem maiores prejuízos. Entretanto, o sucesso dos controles de cheias estão diretamente ligados com o conhecimento dos riscos dos fenômenos por parte da população que habita regiões inundáveis, sendo assim, é muito importante que o município invista em campanhas de conscientização dos riscos que estão sujeitas essas pessoas com as inundações.

Outra alternativa bastante eficiente são os zoneamentos das áreas de risco, a partir do mapeamento das regiões vulneráveis, o município deve integrar esse mapa no conjunto de regras para ocupação das áreas com risco de inundação inserindo-o na legislação municipal sobre loteamentos, construções e habitações regulares, pois assim, permitirá um desenvolvimento racional dessas regiões.

Logo, o município deve rever seu plano diretor urbano, de maneira que inclua a regulamentação da várzea de inundação. Somente a partir da iniciativa das autoridades competentes será possível reverter este quadro lastimável que enfrenta a população alegretense ainda nos dias de hoje.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, serão apresentadas as principais questões consideradas ao longo do trabalho, sendo que o objetivo central do mesmo era avaliar as áreas críticas sujeitas à enchentes, fenômenos e inundações na zona urbana do município de Alegrete.

O levantamento de dados históricos, bem como as pesquisas realizadas em campo, serviram para compreender a magnitude dos eventos que constantemente acontecem na cidade e, também, delimitar as regiões de susceptibilidade em um mapa de risco, que englobou o raio aproximado de alcance das inundações.

A população habitante nessas regiões são pessoas consideradas de baixa renda, vivendo de maneira irregular e sem acesso aos serviços básicos de saneamento, etc. Com auxílio de um questionário aplicado em campo pode-se conhecer melhor sobre a realidade vivida por estas pessoas, onde muitos encontram-se em situações de extrema pobreza.

Essa pesquisa permitiu apurar algumas das principais necessidades dos moradores dessas regiões, que vão desde o saneamento básico até a construção de calçamento nas ruas, pois, hoje a maioria dessas são de terra, popularmente conhecidas por “chão batido”, que após o retrocesso das águas ficam intransitáveis, conforme informações obtidas com os moradores.

Segundo entrevista aos moradores das faixas críticas, pode-se constatar que os principais danos que as enchentes causam são em relação aos móveis, onde a maioria fica inutilizado, se não for removido à tempo, o que gera uma grande perda para essas pessoas, visto que são pessoas desafortunadas e que levam anos para conquistar algum tipo de bem material.

A realidade dessas pessoas tem sido calamitosa, pois, muitas delas vivem em casas de madeira que a cada ano de enchente se enfraquecem mais e os inquilinos não possuem condições financeiras para concertá-las. Enfim, o estudo abordou apenas alguns dos principais infortúnios que fazem parte da vida desses ribeirinhos, pois, infelizmente são inúmeros.

Ná análise e levantamento dos sistemas de drenagem, pode-se constatar a precariedade em que se encontram estes sistemas, visto que a quantidade existente é preocupantemente baixa e não estão em bom estado de conservação, pois, muitos encontram-se quebrados e entupidos por detritos. Sendo assim, a ineficiência desses

elementos contribui para agravar a situação nas épocas de cheias, na qual a água levará mais tempo para escoar.

Já na análise feita dos dados hidrológicos foi possível projetar os dados obtidos de cotas e vazões para grandes períodos de retorno, podendo assim, ter o conhecimento de quanto em quanto tempo aproximadamente ocorrerão as cheias, contribuindo para ajudar o município na elaboração de ações de intervenção nessas localidades, visto que os mesmos foram extremamente curtos, o que não deve ser de maneira alguma aceitável.

Dessa forma, obteve-se valores muito curtos referentes aos tempos de retorno, sendo de dois anos aproximadamente para ocorrerem vazões que acarretarão em fenômenos de inundação, sendo os meses de outubro, maio e abril os mais propensos à ocorrência desses eventos, segundo dados da ANA, o que divergiu com as informações dos moradores, pois, segundo eles, o mês de novembro é o mais preocupante.

Somado à isso, ficou evidenciado pelos histórico de vazões e cotas levantados, que uma vazão em torno de  $900 \text{ m}^3/\text{s}$  tem uma cota de aproximadamente 10,8 m. Assim, considerando que o Rio Ibirapuitã tenha um nível normal em torno de 3,4 m, como afirma Silva (2011), e um nível de início de enchente de 7,4 m acima do normal, pode-se afirmar que as inundações terão cota crítica de 10,8 m, inundando primeiramente as moradias à montante que estão mais próximas do Rio.

Por fim, acrescenta-se também que a projeção dos tempos de retorno, permitiu relacionar os dados obtidos de vazões e cotas com as curvas de nível dispostas no mapeamento elaborado, contribuindo para o conhecimento do alcance de cada uma das previsões.

Logo, é muito importante que soluções sejam buscadas no sentido de ajudar a população ribeirinha não somente à enfrentar as épocas de cheias como também atender as necessidades dessa parcela carente da população alegretense através da inclusão do mapeamento das zonas de risco no Plano Diretor da cidade, instituindo regras para zoneamento de áreas marginais à cursos d'água, adoção de sistemas de alerta que ajudem na evacuação da população em tempo hábil para amenizar as perdas sofridas.

Contudo, enfatiza-se que o ideal seria a realocação das famílias ribeirinhas para regiões seguras, visto quão importante é a preservação de locais onde há natureza, como as margens de rios, pois, onde há população, há um aumento

intensivo da poluição, o que pode comprometer seriamente a água que abastece toda a população.

### **Sugestões para trabalhos futuros**

O presente estudo tratou-se de uma pesquisa feita com uma amostra relativamente pequena de pessoas. Como sugestão entende-se que seria necessário abranger um número maior de entrevistados, ou até mesmo estender o estudo a outras localidades que sofram com os problemas aqui abordados.

Na questão de análise e manipulação dos dados hidrológicos, trabalhou-se apenas com dados de vazões do Rio Ibirapuitã. Dessa forma, sugere-se para outros estudos analisar dados de precipitações da cidade de Alegrete, bem como dados de precipitação da cabeceira do Rio, localizada em Santana do Livramento/RS.

Ainda na etapa de análise dos dados de vazão, fez-se uso do método estatístico de Gumbel, no entanto, como visto neste trabalho, o mesmo não representou de maneira 100% satisfatória a série de dados observados, dessa forma, sugere-se a adoção de um método estatístico mais representativo para uso em projeções futuras de vazões.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Banco de Dados**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 02 jun. 2015.

ALMEIDA, G. A urbanização contemporânea na cidade do Natal - (RN) e as novas práticas espaciais: Reestruturação da Avenida Engenheiro Roberto Freire e seus respectivos impactos no território usado. In: I SIMPÓSIO MINEIRO DE GEOGRAFIA DA UNIFAL, 2014. Minas Gerais. **Anais eletrônicos...** Minas Gerais: UNIFAL, 2014. Disponível em: <<http://www.unifal-mg.edu.br/simgeo/system/files/anexos/Geovane%20de%20Souza%20Almeida.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2014.

ANDRADE, J. **Previsão hidrometeorológica visando sistema de alerta antecipado de cheias em bacias urbanas**. 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

CARVALHO, C.; MACEDO, E; OGURA, A. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília, DF, 2007. 176 p.

CASTRO, A. **Glossário de defesa civil, estudo de riscos e medicina de desastres**. 2 ed. Brasília, DF, 1998. 173 p.

COMITÊ IBICUÍ. **Banco de Dados**. Disponível em: <[www.comiteibicui.com.br/mapas.php](http://www.comiteibicui.com.br/mapas.php)>. Acesso em 06 jun. 2015. não paginado, il. color.

COSTA, J. **Evolução da população mundial segundo estimativas da ONU**. Belém, 2012. 32 p., il. color.

COSTA, J. **Desenvolvimento de sistema de alerta de enchentes aplicado aos planos de defesa civil em áreas risco no Estado do Pará utilizando sistema de informações geográficas (SIG), Caso: cidade de Marabá**. 2012. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará. Belém, 2012.

COSTA, J. **Influência da falta de ordenamento urbano na aceleração do escoamento superficial**. Belém, 2012. 72 p., il. color.

COSTA, J. **Ocorrência relativa e absoluta de desastres naturais no Brasil entre 1900 a junho de 2011**. Belém, 2012. 54 p., il. color.

COSTA, J. **Modelo representativo das alterações dos níveis do rio ocasionando as enchentes e inundações em Marabá.** Belém, 2012. 53 p., il.color.

COSTA, J. **Modelo representativo das alterações dos níveis do rio ocasionando as enchentes e inundações em Marabá.** Belém, 2012. 53 p., il.color.

DEFESA CIVIL SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP. **Banco de Dados.** Disponível em: <[http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011\\_06\\_01\\_archive.html](http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011_06_01_archive.html)>. Acesso em 17 jun. 2014. não paginado, il. color.

DNIT. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem.** 2 ed. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 122 p.

ENOMOTO, C. **Método para elaboração de mapas de inundação: Estudo de caso na Bacia do Rio Palmital, Paraná.** 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

GOERL, R.; KOBİYAMA, M.; PELLERIN, J. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

GREHS, S. A. **Efeitos da espacialização de propriedades físicas nas respostas hidrológicas da bacia do Rio Ibirapuitã, RS.** 2003. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Censo 2010.** Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=43&dados=8>> Acesso em 15 out. 2014.

KOBİYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.; MARCELINO, I.; MARCELINO, E.; GONÇALVES, E.; BRAZETTI, L.; GOERL, L.; MOLLERI, G.; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos.** 1 ed., Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

MUCELIN, C.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124, jun. 2008.

ONU, Organização das Nações Unidas, 2006. Disponível em: <[http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2006/06/060616\\_onu\\_habitat\\_no\\_vo\\_is.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/reporterbbc/story/2006/06/060616_onu_habitat_no_vo_is.shtml)>. Acesso em: 11 nov. 2014.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Ed. Blucher, 1976.

POLI, C. As causas e as formas de prevenção sustentáveis das enchentes urbanas. In: 2º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis, 2013, Passo Fundo. Disponível em: <<http://www.imed.edu.br/Uploads/As%20causas%20e%20as%20formas%20de%20preven%C3%A7%C3%A3o%20sustent%C3%A1veis%20das%20enchentes%20urbanas.pdf>>. Acessado em: 10 nov. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ALEGRETE. Disponível em: <<http://www.alegrete.rs.gov.br/site/?bW9kdWxvPTEmYXJxdWI2bz1jaWRhZGUucGhw&pagina=geografia>>. Acesso em: 05 jan. 2015.

SILVA, C. Mapeamento das áreas de inundação do Rio Ibirapuitã em Alegrete-RS. **Geografia Ensino e Pesquisa**, Cascavel, v. 15, n. 3, p. 73-89, set./dez. 2011.

TUCCI, C. **Gestão das inundações urbanas**. Porto Alegre, RS, 2005. 200 p.

TUCCI, C. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre, [20-?]. Disponível em: <[http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/gruposdetrabalho/encerrados/residuos/documentosdiversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF](http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/gruposdetrabalho/encerrados/residuos/documentosdiversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF)>. Acesso em: 11 nov. 2014.

TUCCI, C. **Processo de impacto da drenagem urbana**. Porto Alegre, 2005. 81 p., il.color.

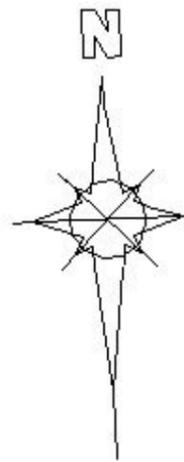
TUCCI, C.; BERTONI, J. Inundações Urbanas na América do Sul. In: TUCCI, C.; BERTONI, J. (Org.). **Urbanización**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 1-6.

SILVA, C. Mapeamento das áreas de inundação do Rio Ibirapuitã em Alegrete-RS. **Geografia Ensino e Pesquisa**, Cascavel, v. 15, n. 3, p. 73-89, set./dez. 2011.

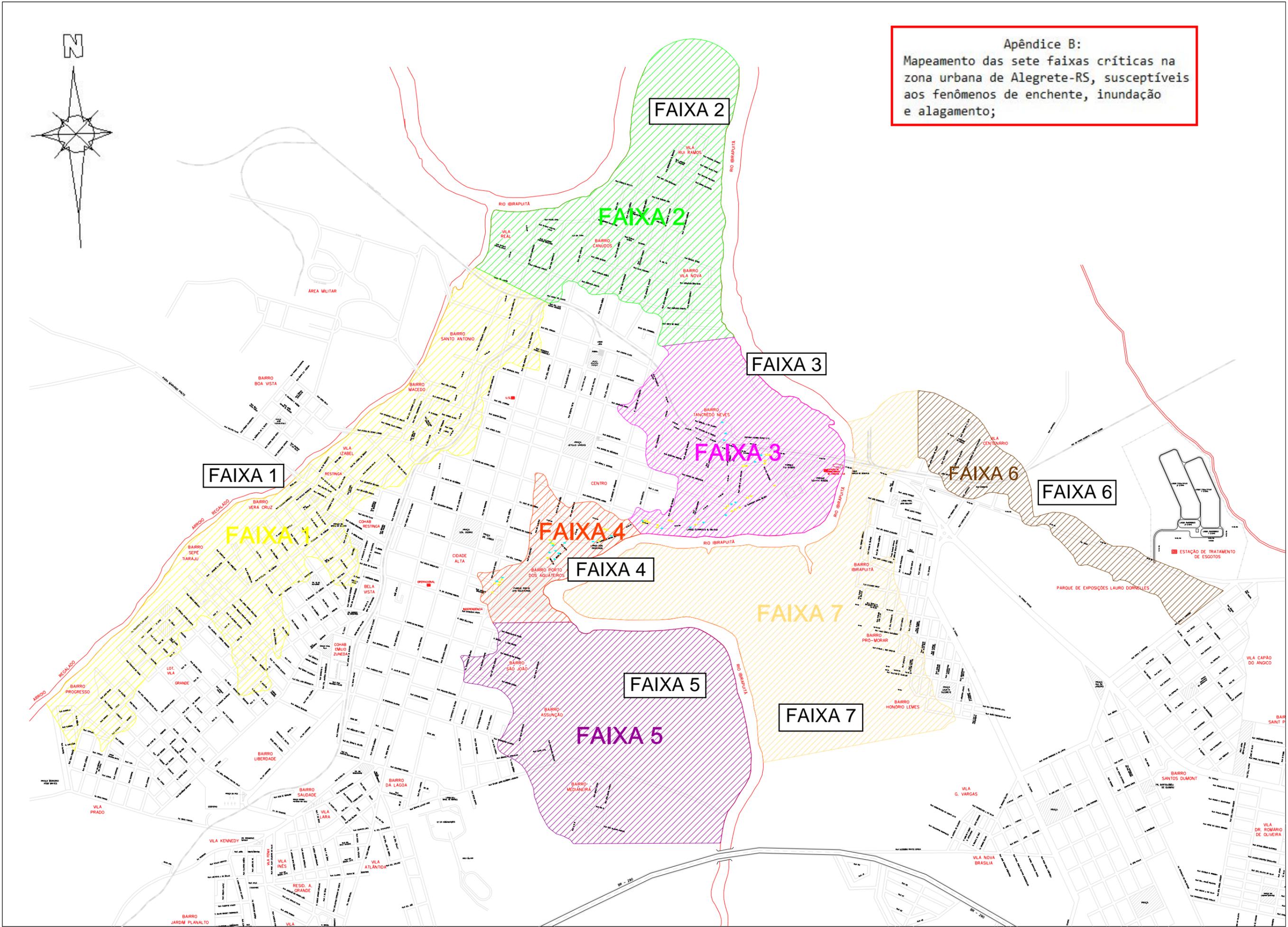
WATANABE, F. **Análise do método de Gumbel para cálculo de vazões de dimensionamento de vertedouros**. 2013. 89 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013.

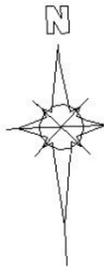
**APÊNDICES**  
**APÊNDICE A – DADOS DOS EVENTOS DE ENCHENTE LEVANTADOS EM JORNAIS E DEFESA CIVIL**

Tabela de Registro de Inundações				
Fonte	Data	Local Afetado	Dados do evento	
	dia/mês/ano	Nome do bairro, nome da área, etc.	Quantidade de afetados	Nível atingido
Defesa Civil	15/09/1972	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO
Defesa Civil	30/04/1992	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO
Defesa Civil	de 30/4/01 à 11/5/2001	Toda área ribeirinha (22 bairros)	1040 famílias; 5118 pessoas.	12,86 m acima do normal
Defesa Civil	14/10/2002	Área Central do perímetro urbano	30 desalojados; 3000 desabrigados; 1370 deslocadas e 36 enfermas	NÃO INFORMADO
Defesa Civil	30/04/2003	Vila Nova, Santo Antonio, Canudos, Macedo, São João e Aguateiros	2640 pessoas.	NÃO INFORMADO
Defesa Civil	26/10/2003	NÃO INFORMADO	100 pessoas.	NÃO INFORMADO
Defesa Civil	11/12/2003	Novo Lar, Medianeira; Prado; Progresso; Vera Cruz; Sepé Tiaraju; Restinga; Princesa Isabel; Macedo; Sto Antonio	1408 desabrigados; 209 deslocadas; 8 feridas; 27 enfermas.	NÃO INFORMADO
Defesa Civil	21/11/2009	Centenario, Ibirapuitã, Vila Nova, Medianeira, São João, Macedo, Izabel e Canudos	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO
J. Expresso Minuano	25/10/1997	NÃO INFORMADO	1300 pessoas desabrigadas	NÃO INFORMADO
J. Expresso Minuano	13 à 20/04/1998	NÃO INFORMADO	11600 pessoas	NÃO INFORMADO
J. Expresso Minuano	11 à 18/05/2001	NÃO INFORMADO	mais 8 mil pessoas desabrigadas	12,82 m acima do normal
J. Expresso Minuano	02/10/2002	NÃO INFORMADO	mais de 3000 pessoas desabrigadas	NÃO INFORMADO
J. Expresso Minuano	13 à 20/10/2012	Vila Nova; Rui Ramos; Ibirapuitã; Restinga; Sto Antonio, Canudos; Macedo e P. Isabel.	160 casas; 750 pessoas.	9,45 m acima do normal
J. Gazeta de alegrete	17/10/1997	NÃO INFORMADO	166 famílias; 930 desabrigados.	11,6 m acima do normal
J. Gazeta de alegrete	3/01/1998 à 10/01/1999	NÃO INFORMADO	1400 desabrigados	11 m acima do normal
J. Gazeta de alegrete	18/04/1998 à 25/4/98	Vila Nova, Restinga, Canudos, Macedo, Porto dos aguateiros, São João, Tancredo neves, Ibirapuitã e Promorar	10820 pessoas desabrigadas	13,45 acima do normal
J. Gazeta de alegrete	04/05/2002	NÃO INFORMADO	600 pessoas	9,3 acima do normal
J. Gazeta de alegrete	19/10/2002	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO	8,05 acima do normal
J. Gazeta de alegrete	07/06/2003	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO
J. Gazeta de alegrete	11/12/2003 à 13/12/03	NÃO INFORMADO	2000 desabrigados	8,45 acima do normal
J. Gazeta de alegrete	14/11/2009 à 28/11/09	Macedo, Ibirapuitã e Vila Nova	900 famílias	12 m acima do normal
J. Gazeta de alegrete	09/01/2010	NÃO INFORMADO	70 famílias	8,6 m acima do normal
J. Gazeta de alegrete	31/07/2010	NÃO INFORMADO	39 pessoas	8,0 m acima do normal
J. Gazeta de alegrete	02/10/2012	Sepé Tiaraju, Restinga e Airton Sena	NÃO INFORMADO	NÃO INFORMADO
J. Gazeta de alegrete	13/10/2012	Vila Nova, Rui Ramos, Ibirapuitã, Restinga, Santo Antonio, Canudos, Macedo e Princesa Isabel	100 casas afetadas	9,45 m acima do normal



Apêndice B:  
Mapeamento das sete faixas críticas na  
zona urbana de Alegrete-RS, susceptíveis  
aos fenômenos de enchente, inundação  
e alagamento;





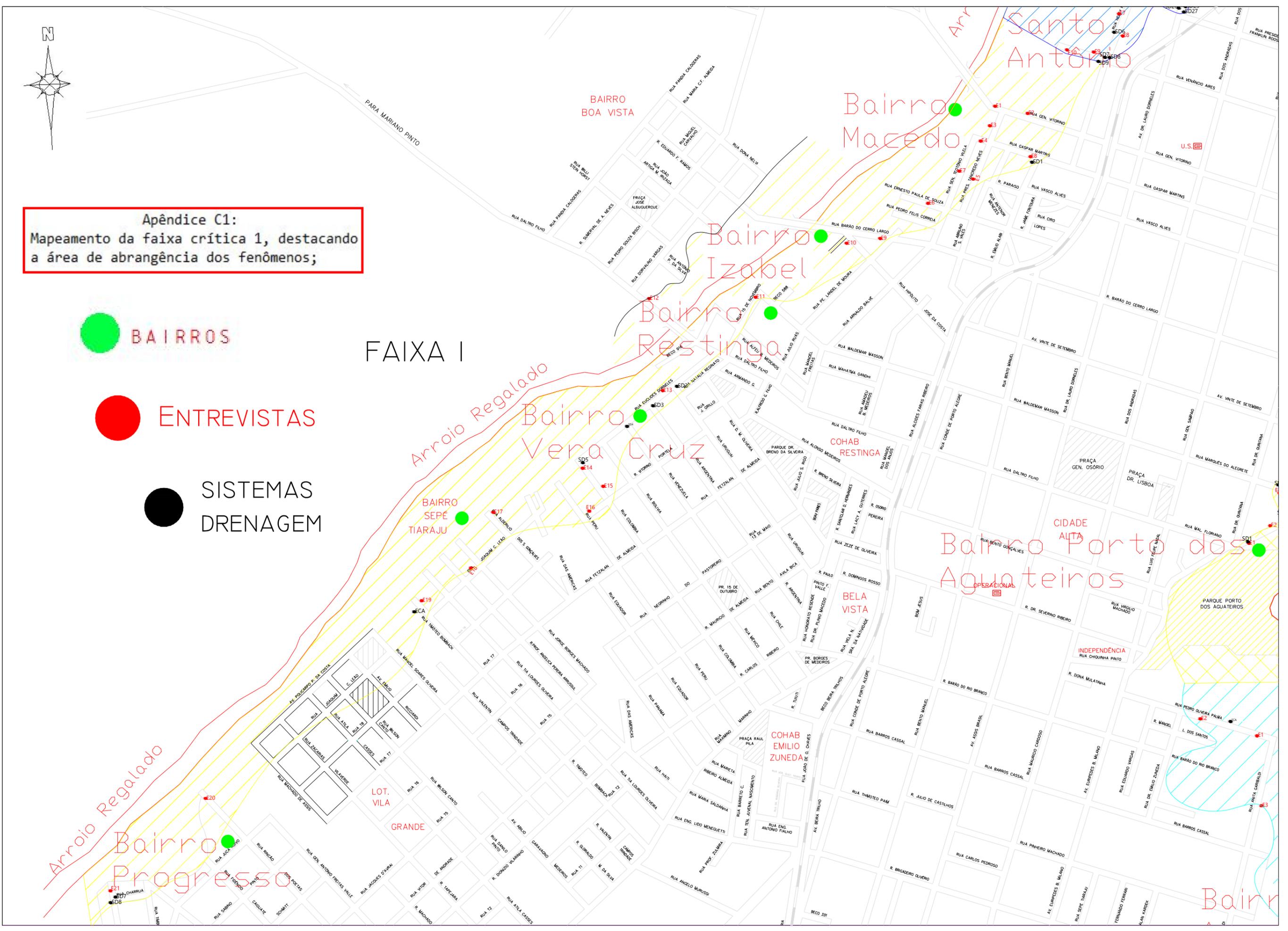
Apêndice C1:  
Mapeamento da faixa crítica 1, destacando a área de abrangência dos fenômenos;

 BAIRROS

 ENTREVISTAS

 SISTEMAS DRENAGEM

FAIXA I



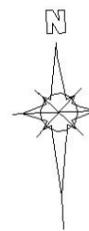
Apêndice C2:  
Mapeamento da faixa crítica 2, destacando a área de abrangência dos fenômenos;

BAIRROS

ENTREVISTAS

SISTEMAS DRENAGEM

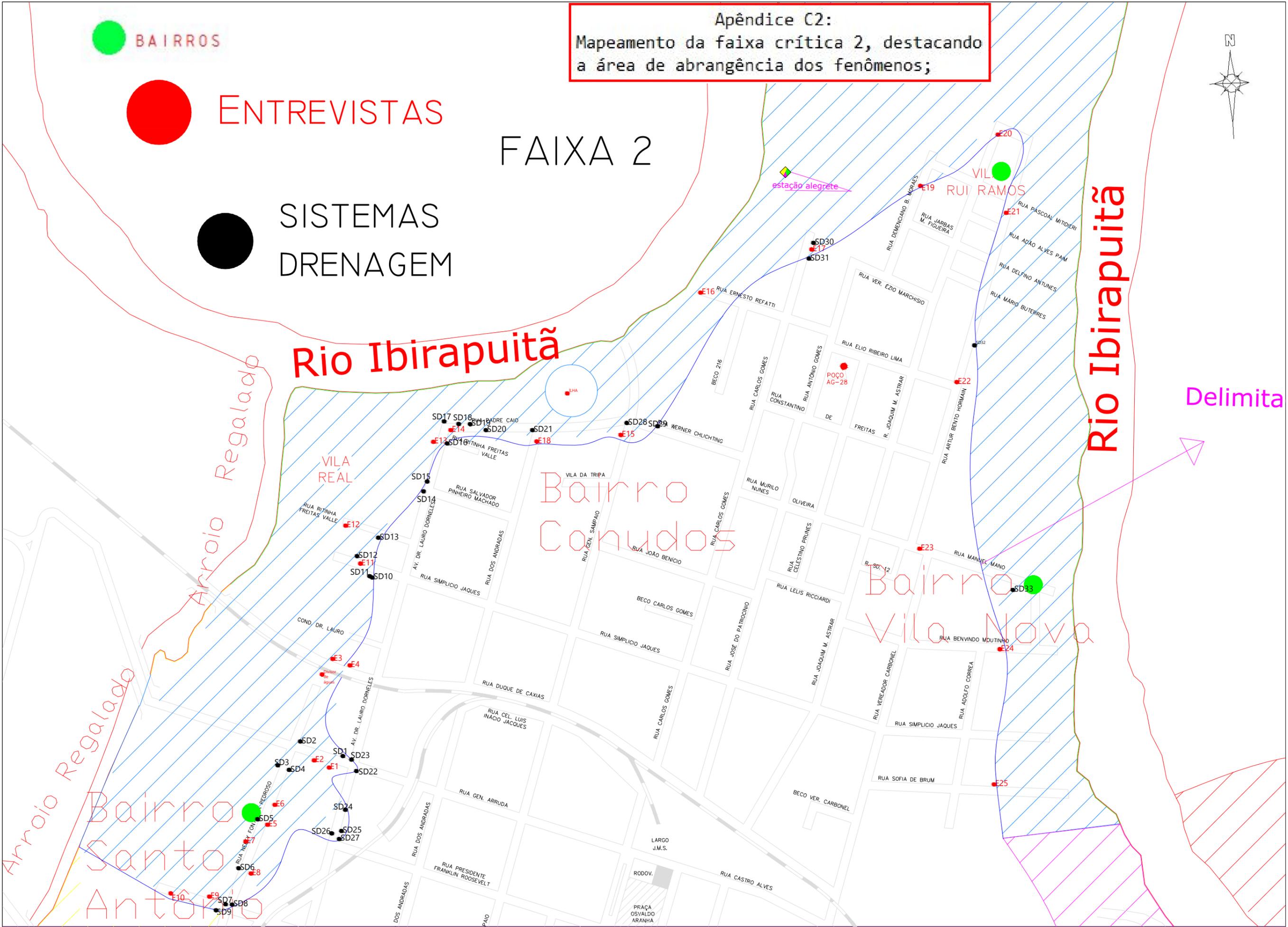
FAIXA 2



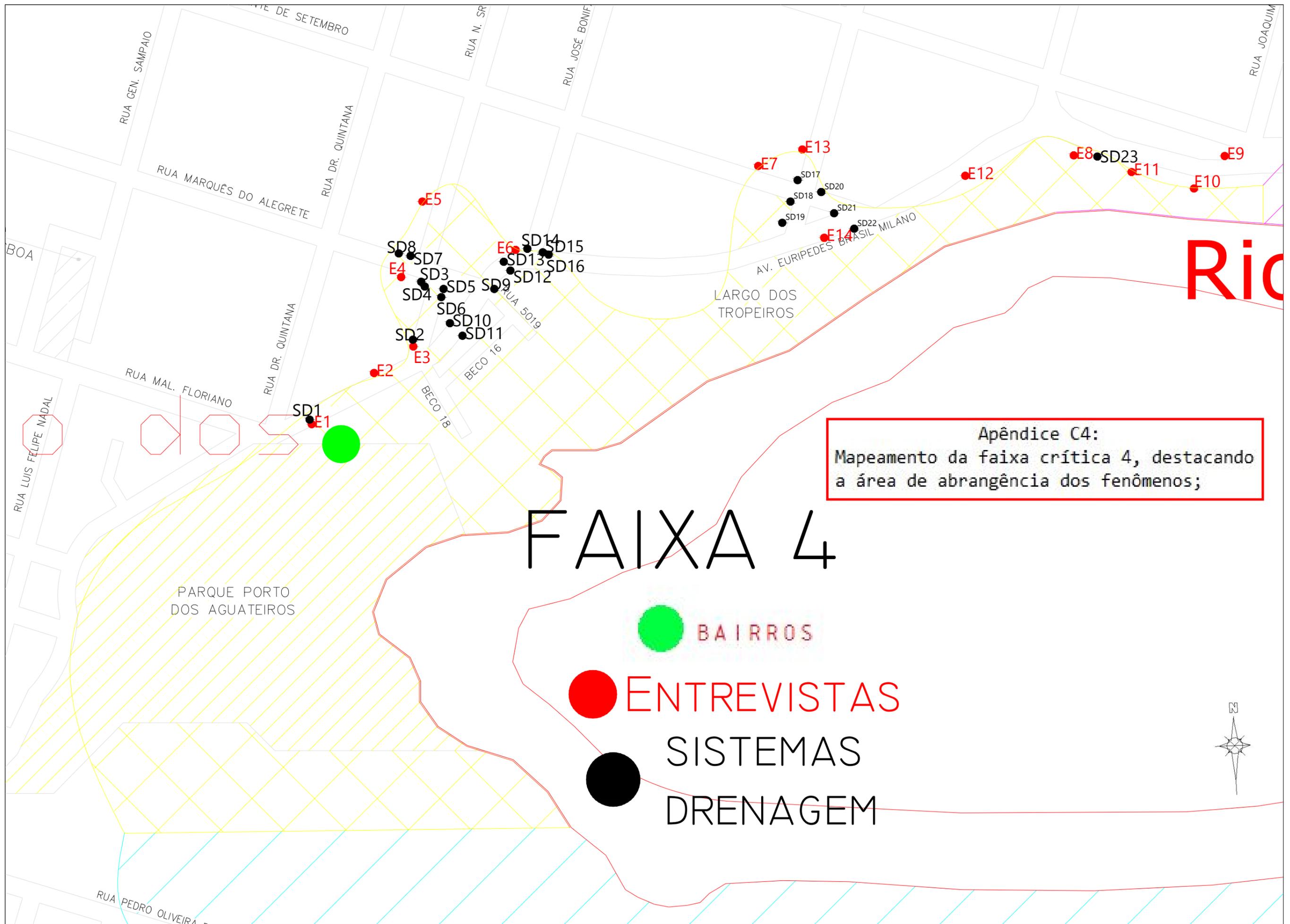
Rio Ibirapuitã

Rio Ibirapuitã

Delimita







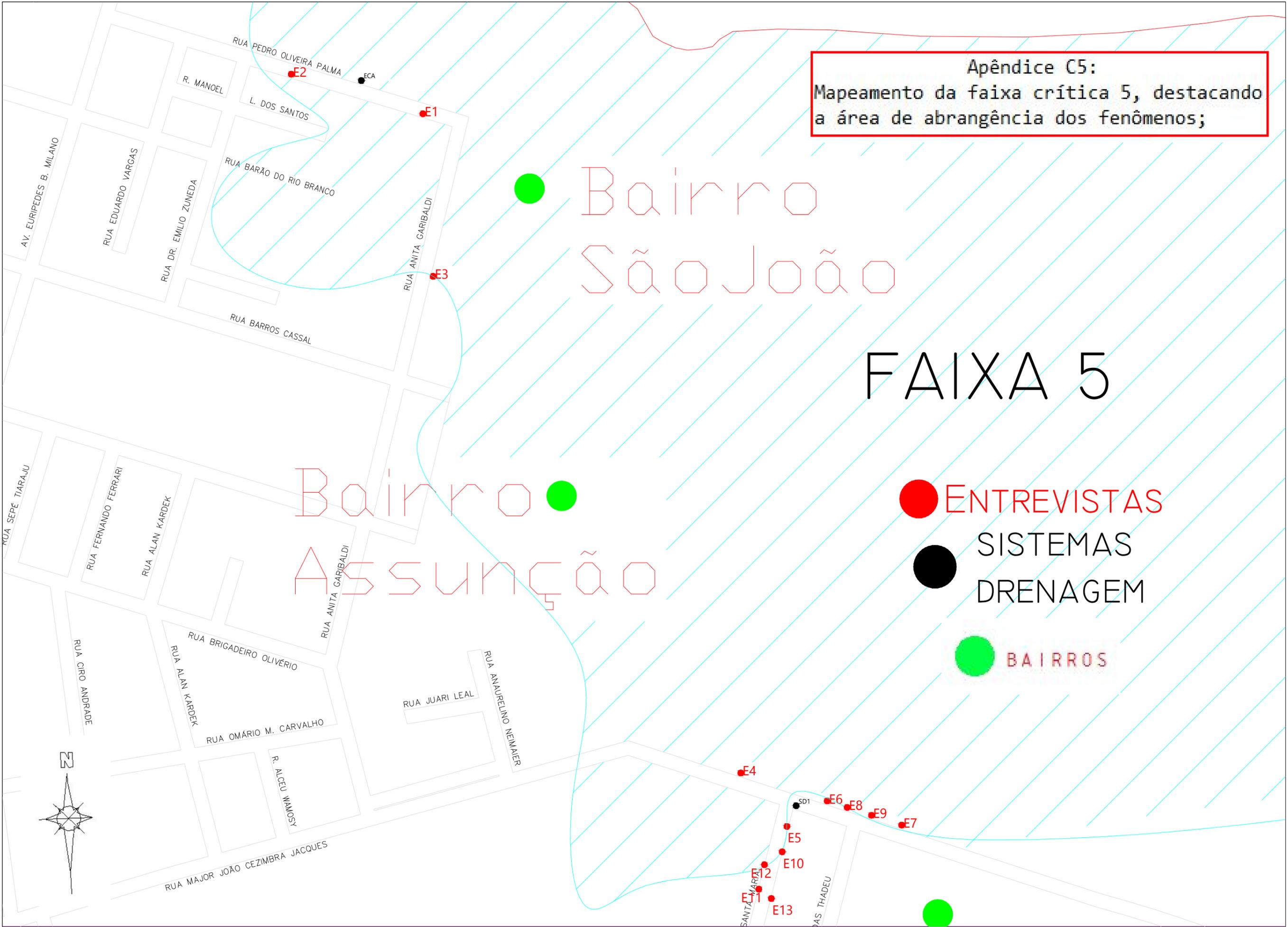
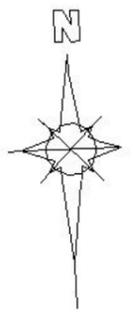
Apêndice C5:  
Mapeamento da faixa crítica 5, destacando  
a área de abrangência dos fenômenos;

Bairro  
São João

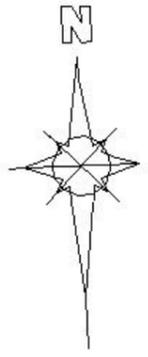
FAIXA 5

Bairro  
Assunção

- ENTREVISTAS
- SISTEMAS DRENAGEM
- BAIRROS

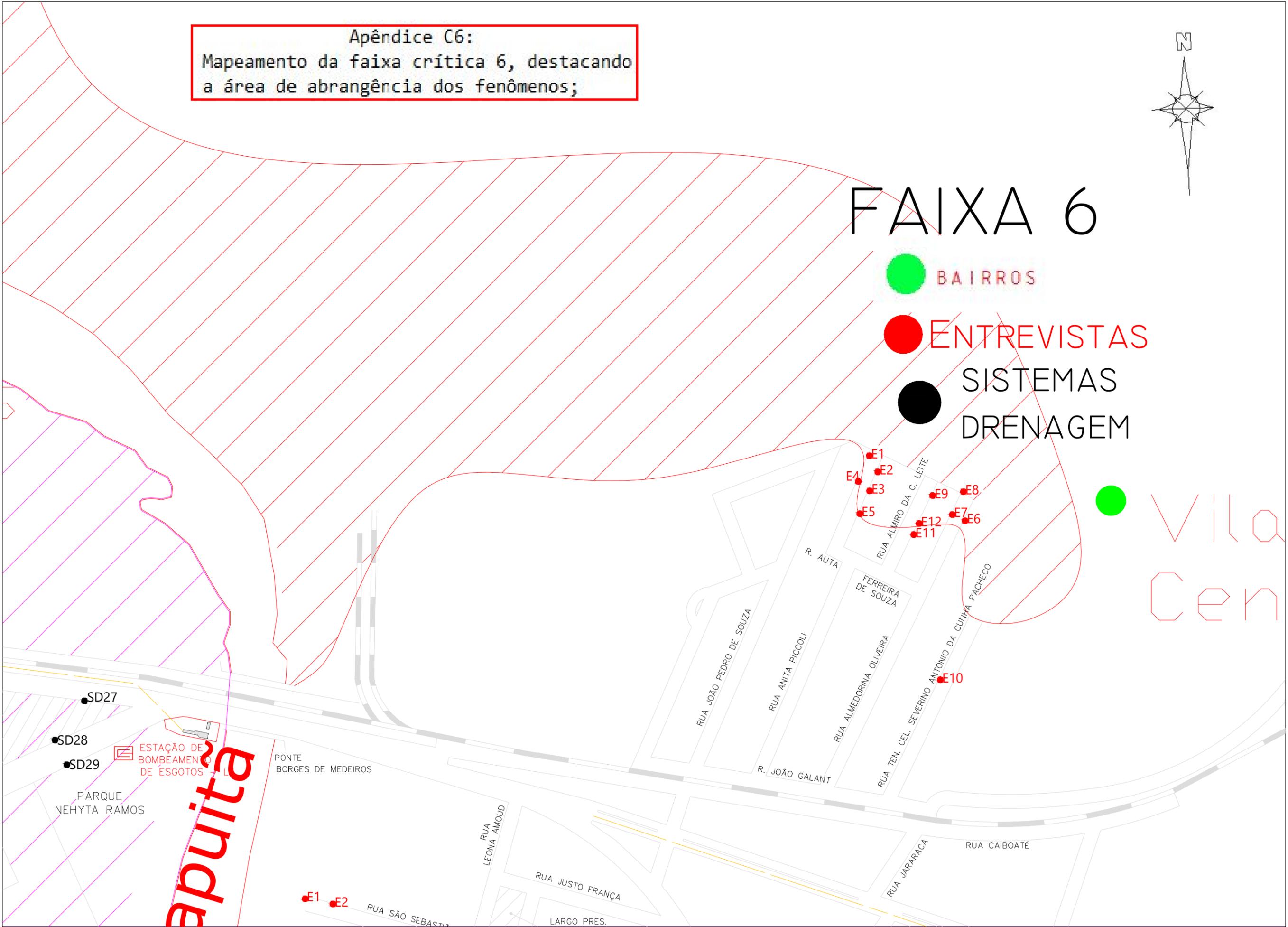


Apêndice C6:  
Mapeamento da faixa crítica 6, destacando  
a área de abrangência dos fenômenos;

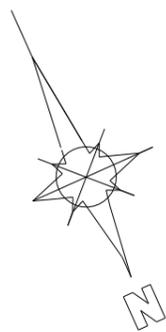
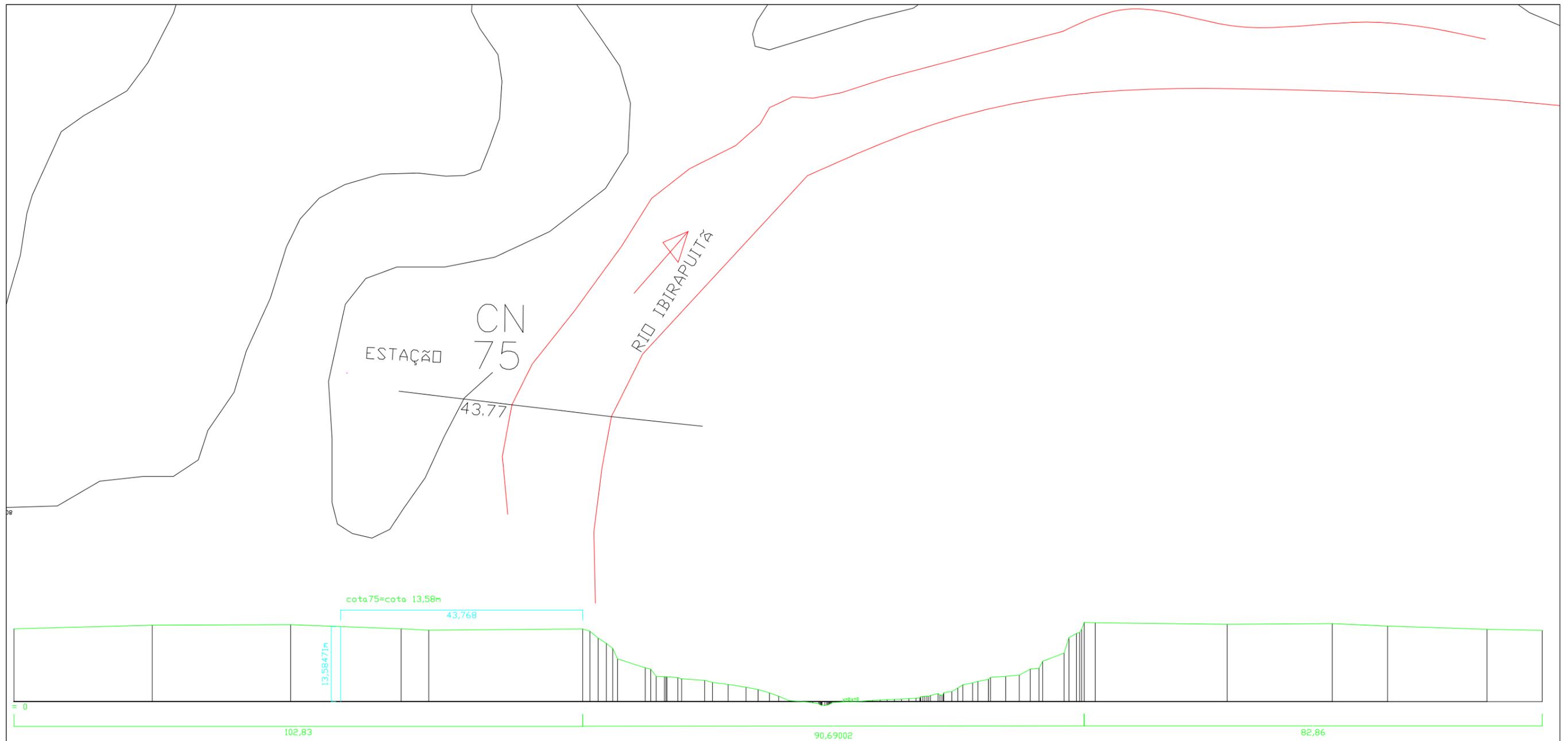


# FAIXA 6

-  BAIRROS
-  ENTREVISTAS
-  SISTEMAS DRENAGEM







**Apêndice D:**  
 Seção transversal média do Rio Ibirapuitã,  
 localizada na estação fluviométrica 76750000,  
 utilizada para compatibilização da cotas do leito  
 do Rio e curvas de nível, logo a Curva de nível 75  
 corresponde a uma cota de 13,58m em relação ao leito  
 do Rio Ibirapuitã;

## ANEXOS

## DADOS CURVA-CHAVE (ANA)

Estacao	Data	Cota	Vazao
76750000	23/02/1941	330	81
76750000	24/02/1941	384	110
76750000	21/04/1941	910	600
76750000	22/04/1941	806	525
76750000	23/04/1941	770	480
76750000	24/04/1941	888	625
76750000	17/05/1941	986	736
76750000	19/05/1941	934	689
76750000	20/05/1941	830	500
76750000	21/05/1941	601	225
76750000	22/05/1941	400	116
76750000	23/05/1941	394	115
76750000	24/05/1941	456	159
76750000	26/05/1941	481	172
76750000	10/03/1942	108	6,78
76750000	11/09/1943	126	9,72
76750000	17/05/1945	178	25
76750000	18/03/1947	110	7,4
76750000	14/12/1947	365	103
76750000	28/04/1949	259	60,5
76750000	17/06/1949	136	12
76750000	28/08/1949	401	115
76750000	29/08/1949	276	60,6
76750000	26/11/1949	103	4,74
76750000	27/11/1949	100	4,5
76750000	21/05/1950	360	100
76750000	13/08/1950	258	48
76750000	31/08/1950	162	17,5
76750000	30/04/1953	109	3,51
76750000	24/09/1953	306	64,1
76750000	10/09/1954	144	12,3
76750000	22/07/1955	202	31,7
76750000	18/08/1955	146	16
76750000	19/08/1955	144	15,6
76750000	02/09/1955	185	27,8
76750000	05/09/1955	169	22,3
76750000	19/09/1955	129	12,2
76750000	21/10/1955	190	27,8
76750000	22/10/1955	170	21,7
76750000	10/11/1955	103	5,47
76750000	07/12/1955	92	4,48
76750000	03/06/1956	414	130
76750000	04/06/1956	483	167
76750000	05/06/1956	452	148
76750000	13/06/1956	193	28
76750000	30/06/1956	136	12,5
76750000	06/08/1956	444	141

76750000	07/08/1956	402	119
76750000	08/08/1956	352	93,9
76750000	09/08/1956	318	76,6
76750000	01/09/1956	188	25,2
76750000	31/10/1956	219	34,9
76750000	01/08/1957	173	20,9
76750000	24/09/1957	649	275
76750000	25/09/1957	596	215
76750000	26/09/1957	472	149
76750000	13/08/1958	250	49,4
76750000	23/09/1958	188	28,1
76750000	20/10/1958	250	50,8
76750000	10/06/1959	392	121
76750000	11/06/1959	378	113
76750000	14/07/1959	258	54,5
76750000	15/07/1960	598	226
76750000	16/07/1960	386	109
76750000	17/07/1960	344	96,9
76750000	09/08/1960	274	59,1
76750000	11/07/1961	223	39,3
76750000	25/07/1961	338	92,5
76750000	13/09/1961	346	83
76750000	14/09/1961	229	40,5
76750000	27/07/1962	127	11,5
76750000	31/08/1962	154	19,5
76750000	22/10/1962	166	21
76750000	08/12/1962	117	8,96
76750000	21/05/1963	152	17,7
76750000	25/06/1963	152	17,8
76750000	20/08/1963	162	20,9
76750000	01/06/1964	120	9,88
76750000	28/07/1964	122	10,5
76750000	13/11/1964	113	8,55
76750000	07/10/1965	206	36,7
76750000	08/10/1965	193	32,6
76750000	12/12/1965	372	116
76750000	26/09/1966	192	33,2
76750000	30/11/1966	196	36,6
76750000	08/06/1967	500	193
76750000	19/07/1967	296	81,6
76750000	21/07/1967	595	282
76750000	22/07/1967	629	323
76750000	16/09/1967	403	133
76750000	09/11/1967	253	57
76750000	13/12/1967	125	12,7
76750000	17/11/1968	722	371
76750000	18/11/1968	496	190
76750000	04/01/1969	197	32,4
76750000	18/06/1969	740	384
76750000	19/06/1969	722	373

76750000	20/06/1969	653	300
76750000	21/06/1969	494	187
76750000	26/07/1969	162	22
76750000	24/08/1969	306	80,5
76750000	25/09/1969	398	131
76750000	14/10/1969	122	11,1
76750000	10/04/1970	174	25,9
76750000	24/11/1970	318	82,5
76750000	01/02/1971	401	133
76750000	06/03/1971	204	37,4
76750000	07/04/1971	109	6,7
76750000	12/05/1971	126	12,3
76750000	17/06/1971	123	10,3
76750000	17/07/1971	336	92,1
76750000	20/08/1971	519	231
76750000	18/09/1971	180	29,8
76750000	17/10/1971	116	10,6
76750000	24/11/1971	92	4,03
76750000	12/12/1971	105	7,18
76750000	26/01/1972	184	30,4
76750000	18/02/1972	112	9,41
76750000	13/03/1972	98	4,88
76750000	14/03/1972	98	5,02
76750000	25/04/1972	123	12,8
76750000	20/05/1972	170	25,6
76750000	10/07/1972	814	458
76750000	14/09/1972	673	356
76750000	18/10/1972	140	16,3
76750000	14/11/1972	711	356
76750000	16/12/1972	124	12,2
76750000	13/01/1973	266	60,3
76750000	25/02/1973	797	450
76750000	21/03/1973	222	46,5
76750000	13/04/1973	375	115
76750000	18/05/1973	196	36,2
76750000	05/06/1973	987	746
76750000	26/07/1973	572	211
76750000	08/08/1973	201	35
76750000	11/09/1973	198	31,1
76750000	16/01/1974	282	66,4
76750000	19/02/1974	199	35,5
76750000	17/03/1974	323	87,3
76750000	04/04/1974	117	9,98
76750000	10/05/1974	110	8,99
76750000	12/06/1974	189	33,3
76750000	08/07/1974	231	48,3
76750000	08/08/1974	666	306
76750000	18/09/1974	496	204
76750000	17/10/1974	128	12,6
76750000	23/11/1974	200	41,5

76750000	13/01/1975	264	66,1
76750000	05/02/1975	97	5,45
76750000	10/03/1975	208	36,6
76750000	12/04/1975	124	12,8
76750000	10/05/1975	127	13,4
76750000	20/06/1975	167	27,5
76750000	22/07/1975	187	31,9
76750000	08/08/1975	326	97,3
76750000	25/09/1975	755	458
76750000	20/10/1975	135	17,2
76750000	17/11/1975	135	16,3
76750000	02/12/1975	184	31,5
76750000	21/02/1977	394	135
76750000	20/04/1977	1184	1000
76750000	22/04/1977	1215	1100
76750000	20/09/1977	747	448
76750000	11/11/1977	311	83,9
76750000	20/06/1978	306	98,8
76750000	22/08/1978	154	21,1
76750000	17/11/1978	142	15,3
76750000	21/11/1978	1174	1045
76750000	10/03/1979	398	141
76750000	15/05/1979	110	9,26
76750000	17/07/1979	194	36,6
76750000	14/09/1979	211	43,9
76750000	16/01/1980	76	2,7
76750000	18/01/1980	74	2,54
76750000	13/01/1981	110	10,5
76750000	11/04/1981	98	8,06
76750000	10/07/1981	160	25,4
76750000	12/07/1981	316	113
76750000	12/07/1981	303	106
76750000	13/07/1981	398	162
76750000	15/07/1981	352	135
76750000	09/10/1981	258	67,9
76750000	08/01/1982	92	5,33
76750000	03/04/1982	100	10,6
76750000	17/07/1982	290	101
76750000	05/11/1982	1120	924
76750000	20/04/1983	198	42,3
76750000	15/06/1983	246	63,7
76750000	11/10/1983	159	26,7
76750000	10/01/1984	120	10,5
76750000	09/07/1984	874	581
76750000	05/10/1984	297	94,6
76750000	18/01/1985	72	2,37
76750000	28/07/1985	214	39,9
76750000	18/10/1985	188	38,9
76750000	10/04/1986	817	545
76750000	15/07/1986	176	35,4

76750000	10/01/1987	201	41,4
76750000	11/04/1987	743	493
76750000	06/07/1987	695	407
76750000	19/11/1987	168	29,3
76750000	12/03/1988	95	6,52
76750000	15/06/1988	167	34,4
76750000	10/09/1988	217	41,4
76750000	07/12/1988	83	4,82
76750000	11/03/1989	76	3,49
76750000	15/06/1989	96	8,55
76750000	21/09/1989	144	28,3
76750000	09/08/1992	227	71,5
76750000	05/04/1993	80	6,71
76750000	24/06/1993	285	79,8
76750000	17/08/1993	112	13,5
76750000	28/10/1993	239	58,4
76750000	28/10/1994	348	149
76750000	22/03/1995	119	18,6
76750000	05/07/1995	488	235
76750000	04/09/1995	108	15,1
76750000	17/11/1995	114	10,8
76750000	12/02/1996	230	65,1
76750000	22/06/1996	205	51,4
76750000	26/08/1996	128	17,9
76750000	12/11/1996	510	242
76750000	16/05/1997	103	10,3
76750000	14/08/1997	160	31,4
76750000	22/11/1997	223	38,5
76750000	26/02/1998	231	60,3
76750000	20/05/1998	354	129
76750000	20/08/1998	190	41,4
76750000	19/11/1998	221	54,9
76750000	12/02/1999	148	24,1
76750000	14/05/1999	113	13
76750000	20/08/1999	142	21,6
76750000	18/11/1999	105	9,41
76750000	18/02/2000	132	17,2
76750000	14/06/2000	746	471
76750000	06/09/2000	135	16,19
76750000	24/11/2000	147	20,6
76750000	05/05/2001	1268	1213
76750000	16/08/2001	145	20,2
76750000	10/11/2001	237	64,4
76750000	22/01/2002	80	3,26
76750000	14/05/2002	162	28,1
76750000	14/05/2002	162	28,1
76750000	09/08/2002	522	250
76750000	06/11/2002	528	264
76750000	20/02/2003	249	67
76750000	10/07/2003	393	107
76750000	23/09/2003	160	29,9
76750000	20/07/2004	134	21,2
76750000	04/10/2004	122	15
76750000	23/11/2004	133	18,2
76750000	18/08/2005	113	13,6
76750000	18/07/2006	407	177
76750000	16/03/2007	625	310
76750000	04/08/2007	152	25,6
76750000	27/11/2007	113	14,5
76750000	12/06/2008	627	348

76750000	24/09/2008	166,5	30,3
76750000	06/05/2009	89	5,98
76750000	31/08/2009	104,5	9,37
76750000	13/11/2009	845	508
76750000	14/03/2010	117	12,4
76750000	07/07/2010	164	27,9
76750000	08/10/2010	151	22,8
76750000	16/02/2011	139	21
76750000	27/04/2011	314	98,4
76750000	21/07/2011	258	71,4
76750000	08/10/2011	297	89,3
76750000	27/01/2012	60	1,31
76750000	14/04/2012	163,5	26,9
76750000	11/07/2012	204	45,093
76750000	18/10/2012	464	163
76750000	21/02/2013	589	257,228
76750000	28/05/2013	177	33,851
76750000	04/10/2013	127	16,01
76750000	21/01/2014	91	6,232
76750000	26/05/2014	429	165,175
76750000	29/09/2014	480	212,381