

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Mapeamento de áreas de alagamentos no bairro Santa Maria Goretti,  
Porto Alegre - RS

JONES ZAMBONI GRAOSQUE

Orientador: Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli

Porto Alegre

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Mapeamento de áreas de alagamentos no bairro Santa Maria Goretti,  
Porto Alegre – RS

JONES ZAMBONI GRAOSQUE

**Orientador:**

Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli

**Comissão Examinadora:**

Profª Dra. Kátia Kellem

Profª MSc. Michele Monguilhott

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia, pelo curso de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre

2015

## Resumo

Este trabalho objetivou desenvolver um levantamento dos eventos de alagamento, caracterizando as áreas suscetíveis a alagamentos do bairro Santa Maria Goretti, em Porto Alegre/RS. Com os processos de urbanização, problemas como a impermeabilização do solo e a alteração topográfica do ambiente, modificam a hidrologia da área. Sempre que ocorrem chuvas fortes em curto intervalo de tempo, muitos pontos deste bairro sofrem com alagamento. A Prefeitura Municipal de Porto Alegre carece de informações sobre os alagamentos nesta área, dificultando o entendimento do problema e, conseqüentemente, interferindo em um melhor planejamento de drenagem naquela região. O presente trabalho tem a intenção de mapear as áreas de alagamento do bairro Santa Maria Goretti utilizando a metodologia de mancha falada junto com algumas ferramentas de SIG. Foram analisados relatos de pessoas que moram e trabalham no local para elaborar o mapa da mancha de alagamento. Junto com isto, alguns mapeamentos com MDT e ortofoto foram necessários para dar maior precisão nos resultados, assim como a análise do Plano Diretor de Drenagem Urbana para buscar soluções nos problemas de drenagem da região. Como resultado, foram elaborados mapas temáticos da mancha de alagamento de acordo com o relato dos frequentadores do bairro, além de mapas de suscetibilidade, vulnerabilidade, etc.

Palavras chave: Santa Maria Goretti; impermeabilização; mapeamento; alagamento; mancha falada.

## **Abstract**

This thesis aims to develop maps of flooding areas in the Santa Maria Goretti neighbourhood in Porto Alegre, Brazil. In the process of urbanisation, issues such as soil sealing and environmental topographic modifications have changed the area's hydrology. Heavy rain in a short period of time causes floods in many locations in the neighbourhood. The municipal government of Porto Alegre lacks information regarding these floods which hampers the understanding of the problem and therefore interferes in more effective drainage planning for the affected regions. This thesis aims to map the flooding areas in the neighbourhood Santa Maria Goretti by combining SIG tools and interviews with residents and visitors indicating flooding spots. Reports of people living or working in the area have been analysed in order to elaborate a map with the respective flooding spots. Furthermore, MDT mappings and orthophotos have been used to define the results more precisely and the Directive Plan for Urban Drainage has been analysed in order to find solutions for the region's drainage issues. As a result, specialised flooding spot maps among other maps such as susceptibility and vulnerability maps have been developed according to the reports of residents and visitors in the neighbourhood.

Key words: Santa Maria Goretti; soil sealing, mapping, flooding, indicated flooding spots

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	6
1.1	<b>Tema</b> .....	10
1.2	<b>Hipótese</b> .....	10
1.3	<b>Justificativa</b> .....	10
1.4	<b>Objetivos</b> .....	11
1.4.1	<i>Objetivo geral</i> .....	11
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	11
2.	<b>LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	12
3.	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	14
4.	<b>METODOLOGIA</b> .....	17
4.1	<b>Mapeamento dos pontos de ocorrência de alagamentos</b> .....	17
4.1.1	<i>Curvas de nível</i> .....	19
4.1.2	<i>Extraindo informações de drenagem</i> .....	19
4.1.3	<i>Direção de Fluxo</i> .....	19
4.2	<b>Análise do histórico de chuvas no período da ocorrência de alagamentos</b> .....	20
4.3	<b>Mapeamento e classificação de áreas suscetíveis e vulneráveis a alagamentos no bairro Santa Maria Goretti</b> .....	21
5.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
5.1	<b>Análise de mapas</b> .....	41
5.1.1	<i>Mapa de direção de drenagem</i> .....	43

5.1.2	<b>Mapa de uso e ocupação do solo</b> .....	45
5.2	<b>Análise do histórico de chuvas no período da ocorrência de alagamento</b> .....	46
5.3	<b>Áreas suscetíveis e vulneráveis a alagamentos</b> .....	49
5.4	<b>Alternativas para controle de alagamentos</b> .....	54
6.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	56
7.	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	58
8.	<b>ANEXOS</b> .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades brasileiras se dá por diversos fatores, junto com eles, as estruturas do município (logradouros, esgoto, drenagem pluvial, etc.) precisam acompanhar o ritmo de crescimento urbano. Estas estruturas devem suportar a carga que a população exerce diariamente nestas áreas, artificializando grandes porções de terreno. Porém, não somente a população influencia nas cidades, fatores climáticos também testam os limites que essas estruturas urbanas são capazes de suportar.

Em Porto Alegre, cidade com aproximadamente 1.500.000 habitantes, a urbanização é classificada como “muito densa” e a extensão total da área urbanizada é de 228,34km<sup>2</sup> (INDE, 2015). A densidade é bastante acentuada, principalmente nas regiões centro e norte da cidade, tornando-as extremamente importantes tanto para o setor econômico quanto para o social, concentrando maiores preocupações quando o assunto é planejamento urbano. Embora tenham ocorrido investimentos nestas áreas, nos últimos anos, as estruturas para suportar eventos de precipitação ainda deixam muito a desejar em alguns pontos.

A cidade de Porto Alegre tem uma área estimada em 496,68km<sup>2</sup>. A mobilidade é um dos principais desafios, especialmente ao longo dos últimos anos. O principal meio de locomoção é o transporte rodoviário, sendo que as ruas e avenidas são essenciais para o bom funcionamento dos serviços diários.

De acordo com o portal eletrônico do DEP (Portal DEP), as regiões baixas possuem aproximadamente 35% de sua área urbanizada abaixo da cota 3 (três metros acima do nível do mar), ou seja, praticamente no mesmo nível médio das águas dos rios. Parte considerável destas áreas está na Zona Norte da cidade.

No bairro Santa Maria Goretti a cota máxima não ultrapassa 9 m. O bairro faz parte da Sub-bacia do Arroio da Areia e está localizado na parte mais a jusante da sub-bacia. Nesta região, segundo o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU, 2002), a parte mais baixa da sub-bacia (São João, Santa Maria Goretti) é uma zona chamada corredor de desenvolvimento, onde se localizam principalmente atividades industriais.

Segundo a Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, o conceito de alagamento se refere ao acúmulo de água da chuva em um ambiente urbano. Embora o conceito seja claro, ainda há muitas interpretações no sentido de padronizar o que é um alagamento. Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE (BRASIL, 2012), alagamento é a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana, e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas. Já as inundações, se caracterizam pela submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que, normalmente, não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.

Para o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), da Prefeitura de Porto Alegre, as áreas de ocorrência de alagamento são definidas primeiramente, a partir de reclamações da própria população e também, pela recorrência de eventos considerados de maior intensidade. No entanto, esta intensidade segundo os próprios técnicos do DEP são muito relativas.

Anualmente ocorrem alagamentos em diversos pontos de Porto Alegre. Em primeira instância, a atenção é voltada às principais vias de circulação, pois é onde se sente o primeiro impacto das chuvas: a paralisação do trânsito. Logo, outros setores sofrem com problemas relacionados, ou pela precipitação ou pela falta de mobilidade na cidade. Além disso, existem locais de alagamento em áreas residenciais, que causam transtornos e prejuízos econômicos para os cidadãos. De modo geral pode-se dizer que chuvas com características de enxurrada, ou seja, muita chuva em um curto período de tempo, trazem para a cidade problemas não só de trânsito ou econômicos, mas também atinge diretamente a qualidade de vida da população.

O evento com a chuva ocorrido na manhã do dia 24 de fevereiro de 2015, por exemplo, mostrou os transtornos que a cidade pode sofrer. Com precipitações que chegaram a 50 mm em menos de 12 horas (ClicRBS, 2015) alguns pontos da cidade ficaram debaixo da água. Neste dia, a chuva chegou com muita força em alguns bairros, porém em outros nem sequer choveu. Isto acontece porque a cidade tem uma área extensa, sendo difícil a previsão da chuva considerando toda a área

urbana. A Tabela 1 mostra o registro da chuva ocorrida no dia 24/02/2015 em relação aos bairros.

Tabela 1. Precipitação em bairros de Porto Alegre, evento de alagamento ocorrido em 24/02/15.

<i>Bairros</i>	<i>Precipitação (mm)</i>
Centro	30
Lomba do Pinheiro	1
Moinhos de Vento	53
Navegantes	6
Partenon	6
Sarandi	53
São João	50
Tristeza	0

Fonte: ClicRBS (2015)

Com base na Tabela 1, destaca-se a disparidade da precipitação entre os bairros, verificando uma quantidade elevada principalmente nos que correspondem às regiões centro e norte de Porto Alegre.

Em aglomerados urbanos, onde as ruas e avenidas sofrem com a superlotação de veículos, pontos importantes de circulação como as avenidas Assis Brasil e Sertório, frequentemente são comprometidas pelo acúmulo de água (Correio do Povo, 2015). Outros serviços também podem parar por conta dos alagamentos. É o caso da linha ferroviária, que teve três de suas estações da zona norte e zona central de Porto Alegre interditadas por conta de alagamentos (Trensurb, 2013).

Além dos prejuízos materiais que a água pode causar, a interrupção de importantes vias compromete os serviços na cidade, já que as pessoas demoram mais para chegar aos seus destinos. A população sofre com estes alagamentos em suas casas (G1, 2015), afetando diretamente a qualidade de vida dos cidadãos que vivem em áreas suscetíveis a estes eventos.

Planejar o espaço urbano torna-se essencial para uma cidade de grande porte como Porto Alegre, tendo em vista a complexidade do sistema urbano em geral, mas, principalmente os problemas que a cidade e seus cidadãos enfrentam anualmente, em eventos de chuva. O Plano Diretor de Porto Alegre recentemente passou a exigir que aproximadamente 7% da área de um lote urbano estejam livres e sem construções. Esta medida é muito recente, e tem como objetivo possibilitar

que a água da chuva não escorra diretamente para as ruas e esgotos pluviais, e assim diminuir o risco de alagamentos.

Os relatos de quem vive ou já passou por problemas de alagamentos, tornam-se importantes para o esclarecimento da gravidade dos problemas. Para isto, a comunicação com a comunidade exposta a estes eventos, deve ser aprimorada para atingir resultados mais precisos sobre causas e consequências dos alagamentos na área urbana. Junto com isto, é importante a aplicação de ferramentas modernas para combinar com resultados de campo e chegar a um resultado melhor.

Dentre as tecnologias disponíveis, o SIG é a ferramenta ideal para modelar tanto fenômenos ambientais, quanto sociais, em função de sua versatilidade em processar uma grande quantidade de dados, criando um ambiente para a análise e visualização dos resultados. Tal condição tem levado a base de dados dos pontos de alagamentos, áreas suscetíveis e vulneráveis de sua aplicação em diversas áreas (Rocha, 2013).

Neste sentido, a utilização de ferramentas modernas para controle e planejamento torna-se necessária. Entre estas ferramentas, o uso do SIG aparece como uma opção para gestão deste tipo de problema. A possibilidade de mapear e gerar uma base de dados de forma digital de áreas de alagamentos permite melhor planejar a gestão, em relação aos problemas causados por esses eventos.

No entanto, existem dificuldades na implementação de tais tecnologias. Segundo Vieira (2006), os principais obstáculos em países em desenvolvimento estão relacionados à capacitação profissional, ao desconhecimento das tecnologias, à falta de cooperação entre diferentes esferas do Estado, além das dificuldades financeiras. Mas levantamentos estatísticos realizados em países desenvolvidos e também em países da América Latina revelam alto índice de benefício sobre custo, refletindo diretamente na qualidade de vida dos munícipes e no aumento da arrecadação municipal (Duarte, 2010).

## **1.1 Tema**

A aplicação do método de mancha falada e SIG para o mapeamento e distribuição de alagamentos no bairro Santa Maria Goretti em Porto Alegre - RS.

## **1.2 Hipótese**

Com as novas tecnologias e metodologias, é possível que o planejamento urbano leve em consideração um maior número de variáveis, e sejam mais precisos em relação à ocupação em áreas suscetíveis a alagamentos. Especialmente quando temos situações em áreas densamente urbanizadas. Torna-se extremamente importante as ferramentas de SIG para o melhor aproveitamento dessas regiões, sem expor a população a riscos de perdas econômicas ou ainda, a danos irreparáveis como a perda de vidas humanas.

## **1.3 Justificativa**

Problemas com o planejamento urbano são perceptíveis na cidade de Porto Alegre quando relacionados aos recursos hídricos. O SIG aparece como um instrumento para melhor compreensão e gestão destes acontecimentos. Os métodos de mapeamento digital garantem uma percepção precisa e prática das áreas sujeitas a alagamentos que, por serem muitas, tornam-se custosas e difíceis de resolver somente com trabalhos de campo. Ao mesmo tempo, os relatos de quem convive com problemas urbanos do gênero, são extremamente importantes para relacionar com os modelos digitais e agregar maior precisão aos resultados.

A impermeabilização do solo aparece como principal causador dos problemas de alagamentos no meio urbano. Por alterar a cobertura natural do solo, a água da chuva não consegue infiltrar no mesmo, há insuficiência de zonas naturais para amortecimento nas bacias hidrográficas e a impermeabilização, e canalização dos cursos hídricos aumentam o fluxo superficial das águas das chuvas, exigindo maior precisão nos projetos de drenagem pluvial. No bairro Santa Maria Goretti estes problemas estão presentes há muitos anos, porém o poder público carece de informações técnicas a respeito de alagamentos nesta área.

Desta forma, é preciso utilizar novos materiais e métodos para gestão de áreas densamente urbanizadas, que sofrem com carência de infraestrutura adequada. Sabemos que o planejamento urbano é importante e para isto é preciso o maior volume de informações a respeito do espaço urbano, a fim de garantir uma melhor adequação do meio antrópico com o ambiente natural.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 *Objetivo Geral***

- Identificar e mapear eventos de alagamento no ano de 2015, caracterizando as áreas propensas a alagamentos no bairro Santa Maria Goretti, na cidade de Porto Alegre - RS.

### **1.4.2 *Objetivos Específicos***

- Analisar o histórico de chuvas no período da ocorrência de alagamentos;
- Mapear pontos de ocorrência de alagamentos;
- Identificar a área suscetível a alagamentos e classificar sua vulnerabilidade.

## 2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, situa-se no leste do estado. O município, na sua parte leste, faz divisa com os municípios de Viamão e Alvorada, ao norte faz divisa com Canoas e Cachoeirinha e a oeste é banhado pelo lago Guaíba. Sua localização é aproximadamente na latitude 30° sul e na longitude 51° oeste, com área total de 496,68 km<sup>2</sup> (IBGE, 2015). A população em 2010 era de 1.409.351 sendo a densidade de 2.837,53 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2015).

Segundo Livi (1998), Porto Alegre por estar localizada na latitude de 30° sul e a aproximadamente 100 km de distância do Oceano Atlântico, possui um clima subtropical úmido, com grande variabilidade nos elementos do tempo meteorológico ao longo do ano. O município se localiza numa zona de transição climática em que massas de ar tropical marítimo alternam-se com as massas de ar polar marítimo, causando alterações bruscas de temperatura.

A precipitação pluviométrica, em Porto Alegre, é maior no período mais frio do ano, especificamente entre os meses de junho e setembro, com média de 130 mm por mês. De modo geral, a precipitação anual média é de 1.300 mm. Entretanto, eventos de precipitação concentrada ocorrem durante todo o ano (LIVI, 1998). Por estar situada numa área extensa, a cidade nem sempre recebe as chuvas de forma uniforme em toda sua área, a exemplo do observado no dia 24/02/2015 onde houve forte precipitação com alagamentos em alguns bairros, enquanto outros nem sequer receberam chuva (clicrbs 24/02/2015)

De acordo com a ocupação do solo observada no Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (Hasenack, 2008) aproximadamente 30% da área da cidade é impermeabilizada por prédios, casas, vias, etc. Ainda de acordo com o Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre, a região central assim como seus bairros periféricos, junto com a Zona Norte corresponde às áreas com elevada taxa de ocupação. Essa característica confere à área, um grande armazenamento de calor (Hasenack & Ferraro, 1998), além de altas taxas de impermeabilização. Ao contrário disso, os bairros da Zona Sul se caracterizam por terrenos mais amplos, maior arborização e menor impermeabilidade.

O bairro Santa Maria Goretti está situado na Sub-bacia do Arroio da Areia. Este com aproximadamente 11,7km<sup>2</sup> e seu curso principal 5,4km de comprimento, das nascentes à Casa de Bombas Engenheiro Sílvio Brum, apresentando um desnível de 121m (Porto Alegre, 2002). As nascentes se localizam nos morros Rio Branco, Petrópolis e Alto Petrópolis (Menegat, 1998). A área do bairro é de 0,734 km<sup>2</sup> PDDU (2002).

A drenagem da sub-bacia é realizada por condutos forçados até a Casa de Bombas Sílvio Brum. Tanto o curso principal quanto os canais, em grande parte, foram canalizados em dutos subterrâneos. Apenas no interior do Country Club e no Parque Germânia ainda há segmentos de cursos d'água com características mais próximas às naturais.

A Sub-bacia do Arroio da Areia apresenta intensa ocupação urbana. Na porção mais a jusante, nos bairros São João e Santa Maria Goretti, predomina a ocupação de atividades industriais e comerciais. Os outros bairros no interior da sub-bacia concentram, predominantemente, áreas residenciais e comerciais, estas últimas principalmente, ao longo de importantes vias de circulação, como as avenidas Assis Brasil, do Forte, Protásio Alves, dentre outras. A densidade habitacional no bairro pesquisado neste trabalho de acordo com o Plano Diretor da Sub-bacia do Arroio da Areia (2002) é de 54,65 hab/ha.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

O crescimento urbano sem o devido planejamento pode alterar a dinâmica local. Uma destas das principais alterações é a impermeabilização do solo, pois modifica a cobertura natural do mesmo, assim como feições de declividade e fluxos de escoamento superficial. Por conseguinte, a impermeabilização torna-se um fator importante para o entendimento de áreas que sofrem com alagamentos. A ocupação e a impermeabilização são elementos importantes para o mapeamento de alagamento em ambientes urbanos. Determinados usos e formas de ocupação da superfície terrestre alteram em maior ou menor grau o ciclo hidrológico, na medida em que, aumentam a impermeabilidade do solo e, conseqüentemente, o escoamento superficial e a acumulação de água nas áreas mais planas e de topografia favorável (Oliveira, 2007).

A ocupação urbana em áreas vulneráveis é comum nas cidades brasileiras e com apresenta com frequência, um quadro dramático de interação entre a ocupação antrópica e o ambiente. Essa ocupação urbana em geral não considera as condições do meio físico, o que causa conseqüências ao meio e à qualidade de vida urbana (Vieira e Kurkdjian, 1993).

Entre as avenidas Castelo Branco e Cristóvão Colombo – Benjamin Constant observa-se alta concentração de prédios comerciais de grande porte e que, apesar de possuírem geralmente um ou dois pavimentos, ocupam praticamente todo o terreno, sendo as áreas verdes privadas e extremamente raras. A baixa permeabilidade e os terrenos planos favorecem os alagamentos em períodos de precipitação intensa (Hasenack, 2008).

De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 2010), as construções devem obedecer à restrição de no mínimo 7% da área total do terreno a ser destinada como de área permeável. Este cálculo muda de acordo com o bairro, não sendo necessário o cumprimento deste percentual em regiões densamente urbanizadas, a exemplo do centro. Esta medida é um avanço para combater os problemas de alagamento, pois a intenção é que os lotes consigam dar conta de absorver a água da chuva, ou pelo menos a maior parte dela, para que não sejam despejadas em sua totalidade nos sistemas de esgoto pluvial.

O DEP (2005) também prevê medidas para a retenção da água pluvial nos lotes, praças e passeios. No documento algumas alternativas como aumento da infiltração através de dispositivos diversos, e o armazenamento (ou amortecimento) da água da chuva são apresentadas como medidas de controle para a rede de drenagem pluvial.

As áreas de alagamento podem ser caracterizadas por fatores que modificam determinada região, a exemplo da modificação de cobertura de solo, obstruções nas redes de drenagem e infraestrutura insuficiente nas mesmas. Nesse contexto, pode-se compreender que os alagamentos não são apenas decorrências de fortes chuvas, mas possuem a contribuição da localização, dimensionamento e manutenção de infraestruturas que se tornam sobrecarregadas, ou do uso inadequado do solo quando em áreas naturalmente alagadiças são ocupadas, não apenas, por habitações irregulares, mas também pelas decisões equivocadas das administrações públicas (Rocha, 2013).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil, a cidade de Porto Alegre recebe uma média de 1300 mm de chuva anualmente. Sendo uma área de aproximadamente 496 km<sup>2</sup>, a chuva muitas vezes não apresenta uma uniformidade na precipitação. Há evidências que mostram que as áreas mais aquecidas dos centros urbanos favorecem o incremento de chuvas, como demonstrado nos trabalhos pioneiros de Changnon (1968) e Holtzman and Thom (1970) para La Porte e Chicago nos Estados Unidos (Lucena, 2011).

O mapeamento de áreas suscetíveis constitui-se em uma ferramenta muito importante para controle e prevenção, além de possibilitar a tomada de decisões emergenciais em casos extremos. A elaboração de mapas, utilizando ferramentas de geoprocessamento, contribui para a espacialização mais precisa dos eventos, além de propiciar mais alternativas para análise. O armazenamento praticamente ilimitado de informações, além das inúmeras possibilidades de cruzamentos entre as mesmas, mostra o quão útil pode ser o emprego de técnicas do geoprocessamento na execução de trabalhos e pesquisas nesse campo de atuação (Oliveira, 2007).

O IBGE (2002, p. 217), conceitua uma área vulnerável da seguinte forma: “Quando uma região está exposta a um conjunto de condições e processos resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a

susceptibilidade à ocorrência de eventos com potencialidade de danos à propriedade, de perdas de vidas, de perdas econômicas e de degradação ambiental, diz-se que esta região ou esta população está vulnerável”. Desta forma, podemos considerar que algumas regiões do bairro Santa Maria Goretti se enquadram nesta definição, logo, são vulneráveis.

A utilização de tecnologias de Geoprocessamento como o SIG, pode levar os profissionais que trabalham com o espaço urbano a uma leitura mais próxima da realidade, e à definição de alternativas que auxiliem no planejamento e na tomada de decisões (Rocha, 2013). Ainda, conforme a mesma autora, a complexidade do espaço urbano tem tornado as análises cada vez mais complexas. A análise espacial urbana tende a operar sobre grandes bases de dados - dependendo do porte da cidade que está sendo analisada - que, na maior parte dos casos, só pode ser manipulada com eficiência, através de computadores.

TUCCI (2003) explica que os mapas de inundação podem ser úteis para o planejamento e gerenciamento de bacias ou para alertar a população. Os mapas de planejamento definem áreas atingidas por inundações, e os mapas de alerta informam, em cada ponto de controle, o nível de régua para o qual inicia a inundação. No caso da área de estudo desta pesquisa, os mapas de alagamento tornam-se úteis para tal gerenciamento.

## **4. METODOLOGIA**

Antes de adentrar na metodologia, é importante definir o que consideraremos um ponto de alagamento. De acordo com o DEP, departamento responsável por este assunto no município de Porto Alegre, é considerado alagamento aquele evento que se repete diversas vezes em diferentes eventos de chuva. No entanto, podemos aprofundar esta definição para, além de recorrentes, os eventos precisam causar alguma interrupção nos serviços ou bom funcionamento das estruturas, como bloqueio total ou parcial de alguma rua.

Para atingir os objetivos propostos, os procedimentos metodológicos serão os seguintes:

### **4.1 Mapeamento dos pontos de ocorrência de alagamentos**

Para identificação das áreas que mais sofrem com alagamentos, foi executado o método da mancha falada. Para tanto foi aplicado um questionário às pessoas que moram ou trabalham no bairro Santa Maria Goretti, para avaliar os relatos e características dos eventos de alagamento. Este método se configura como uma ferramenta importante também para que, além de delimitar a área atingida, consigamos classificar os graus de baixa, média e alta suscetibilidade, utilizando como parâmetro a altura do nível da água.

O mapa feito através de relatos de pessoas do bairro pode atingir resultados muito precisos. O procedimento para elaborar um mapeamento por mancha falada pode ser feito de duas formas: presenciando os eventos no momento em que estes estiverem acontecendo ou aplicando questionário aos que testemunharam tais acontecimentos (KOBAYAMA, 2011). Por se tratar de eventos difíceis de serem previstos e também da dificuldade de acesso no período de alagamento, foi escolhido a segunda opção.

Analisando o histórico de ruas alagadas no bairro, foram escolhidos pontos para coleta de informações, especialmente nas ruas em que já eram conhecidas por alagamentos frequentes. Outros pontos do bairro não foram descartados, porém nas ruas onde os alagamentos são mais previsíveis, se concentram maior número de

informação. Por este motivo, alguns pontos foram decididos em campo, pois logo que se descobre que uma rua é propensa a alagamento, torna-se importante ter mais relatos de pessoas nas proximidades.

Para o trabalho de campo foram utilizados duas ortofotos do bairro, obtidas do Google Earth do ano de 2015 e impressas em folha A4 cobertas com uma lâmina de plástico para que se pudesse desenhar e editar a mancha quantas vezes fossem necessárias. Tornou-se fundamental também um caderno para anotações e canetas para desenhar a mancha e anotar o relato das pessoas. Para medir a altura da lâmina de água, segundo o relato dos entrevistados, foi utilizada uma régua.

Foram realizados trabalhos de campo nos meses de setembro e outubro de 2015, questionário em anexo. As perguntas do questionário visaram obter as seguintes informações: se a rua alaga ou não; quanto alaga (altura em que a água atinge); frequência do evento; tempo de demora para escoamento; e danos materiais.

Para coleta de dados, o ideal é perguntar para moradores do bairro, principalmente se for residente de longa data, pois assim teria presenciado eventos de alagamento. No entanto, a maioria dos pontos de coleta de informação foi em locais comerciais, pois eram locais onde certamente teriam pessoas para responder as perguntas em horário comercial. Procurou-se conversar com pessoas que tinham anos de vivência no bairro. Casualmente o tipo de comércio e serviços local não caracteriza empregos de alta rotatividade de funcionários e, portanto, os trabalhadores entrevistados estão no mínimo há 4 anos no bairro. Alguns moradores foram entrevistados, porém a maioria foram trabalhadores do comércio local que também moram nas proximidades.

Para cada entrevistado, o mapa da mancha foi desenhado para que esta indicasse exatamente as ruas que alagam. Todas as informações anotadas foram feitas na presença dos entrevistados para que não houvesse dúvidas quanto à veracidade do que estava sendo anotado no caderno. Alguns materiais extras foram conseguidos com os entrevistados, a exemplo de fotos das ruas do bairro alagadas.

Os mapas de curva de nível, direção de fluxo superficial e ocupação foram feitos com o *software* ArcGis 10.2 utilizando arquivos MDT (Modelo Digital de

Terreno), obtidos junto à Assessoria de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Os MDTs foram gerados a partir do perfilamento a LASER e podem ser classificados como “Classe A” para utilização em escala 1:1000 ou menor (ZANARDI, 2010). O equipamento utilizado na obtenção destas imagens foi o Sensor LASER ALS50-II com uma resolução de pixel de 1 metro. As imagens raster fornecidas pela PMPA estão no sistema de projeção TM-POA (Transversa de mercator para Porto Alegre) e o Sistema Geodésico de Referência é o SIRGAS2000.

#### **4.1.1 Curvas de nível**

A partir das imagens raster, foi feito um mosaico para trabalhar com uma parte única de toda a área. Após, com as ferramentas do ArcToolbox (*Spatial Analyst Tools/Surface/Contour*) foi possível extrair as curvas de nível, com intervalos de 0,5 metro para melhor precisão.

#### **4.1.2 Extraindo informações de drenagem**

A partir do mosaico criado anteriormente, a rotina do ArcToolbox será a seguinte: *Spatial Analyst Tools/Hydrology/Fill*. A imagem gerada é semelhante ao mosaico inicial. Este novo arquivo é necessário para gerar o mapa de direção de fluxo.

#### **4.1.3 Direção de Fluxo**

Este método considera uma única direção de fluxo para cada *pixel* do Modelo Digital de Terreno (MDT), sendo essa direção atribuída para um de seus oito vizinhos, numa janela 3x3 *pixels*. A atribuição da direção de fluxo segue a lógica da maior declividade – diferença de elevação entre o *pixel* vizinho e o *pixel* central, dividida pela distância entre eles. O produto final deste procedimento é uma imagem em que cada *pixel* possui um código que explica para qual dos *pixels* vizinhos ele drena. Ainda no *Spatial Analyst Tools*, foi seguido a rotina *Hydrology/Flow direction* e utilizado como base o mapa de informação de drenagem. A partir deste resultado é possível identificar os locais que mais recebem água da drenagem superficial.

## **4.2 Análise do histórico de chuvas no período da ocorrência de alagamentos**

A chuva é o principal condicionante dos desastres de alagamentos, pois estes são consequências da insuficiência da bacia hidrográfica de dar vazão ao volume de água precipitado. Desta maneira, o coeficiente de escoamento de enchentes (C) de uma bacia representa a quantidade de água de escoamento gerada pela bacia em eventos chuvosos. O coeficiente de escoamento médio anual (Ca) representa a parcela total escoada na bacia com relação à precipitação total anual. Estes coeficientes devem variar à medida que a bacia se urbaniza Tucci (2000, apud Zanon, 2014). Assim, torna-se importante saber a precipitação nos dias em que os alagamentos foram relatados, para que seja possível fazer a relação da quantidade de chuva com o que o bairro suporta.

A análise de precipitação foi feita com base nos dados da estação pluviométrica automática do bairro São João, localizada no ponto 30° 0'8.21"S 51°10'20.67"O com altitude 6,84 m. Estes dados estão todos disponíveis no *website* do CEIC (Centro Integrado de Comando) da Prefeitura de Porto Alegre. Das estações com dados disponíveis, esta é a de localização mais próxima do bairro Santa Maria Goretti, portanto é possível obter a quantidade de chuva no bairro com uma considerável precisão.

Os registros desta estação são recolhidos diariamente às 9 horas da manhã, desta forma, não se tem informação da quantidade de chuva em minutos ou horas. Esta informação seria o ideal para identificar mais precisamente os dias em que ocorreram alagamentos, pois segundo relatos, o alagamento ocorre quando chove forte em pouco tempo. Todos estes dados foram organizados em uma planilha, e os dias em que possivelmente tiveram alagamentos, foram identificados. Juntamente, pretendeu-se entender a quantidade em milímetros necessária para ocorrer alagamento, e comparar a quantidade de dias dos eventos com os relatos obtidos no trabalho de campo.

De acordo com as informações obtidas com os entrevistados no bairro, a frequência dos alagamentos ocorre em média 4 a 5 vezes por ano. Grande parte dos entrevistados não soube dizer as datas específicas dos acontecimentos, no entanto alguns apresentaram fotos e vídeos de eventos mais graves ocorridos no ano de

2015 (mais recente). Um dos mais lembrados pela maioria dos entrevistados é o do dia 24 de fevereiro. Com base neste evento conhecido, foi procurado nos registros de 2015 precipitações igual ou superior ao deste dia.

O grande problema de alagamentos são as chuvas que são fortes e em curto intervalo de tempo. Portanto, a análise dos dados desta estação pode apresentar divergências no sentido de, em um dia com menor precipitação ocorrer alagamento e em um dia com maior precipitação não, pois dependendo do intervalo em que esta chuva caiu, pode acontecer de não ser suficiente para comprometer os sistemas de drenagem.

#### **4.3 Mapeamento e classificação de áreas suscetíveis e vulneráveis a alagamentos no bairro Santa Maria Goretti.**

Com base no resultados dos questionamentos feitos aos moradores e trabalhadores do bairro, delimitamos a mancha falada de alagamento. Inicialmente os resultados e desenhos feitos à mão foram passados para o computador. A ortofoto utilizada anteriormente, retirada do Google Earth do ano de 2015, foi útil para que o mapa da mancha fosse desenhado, assim um novo *shapefile* de polígono foi criado com o nome de mancha falada. Todos estes procedimentos foram executados utilizando o software ArcGis 10.

Para caracterizar uma mancha, não somente identificando as ruas em que ocorrem alagamentos, foi elaborado um mapa onde polígonos foram desenhados para identificar não só as ruas, mas sim a região em que o alagamento ocorre. Para este o procedimento que foi parecido com o anterior, ao invés de usar um *shapefile* de linha, foi utilizado um novo, em forma de polígono, assim conseguiu-se delimitar toda área que o alagamento abrange.

O mapa de suscetibilidade tem como objetivo classificar o mapa da mancha falada em três níveis: alta, média e baixa suscetibilidade a alagamento. Para cada nível, foram utilizadas cores diferentes de identificação, para melhor visualização. Com base no mapa da mancha falada, foi utilizado o *shapefile* de linhas do primeiro mapa e adicionado uma coluna na tabela de atributos, identificada como suscetibilidade e qualificado em número 1 para alta, 2 para média e 3 para baixa.

Estas definições se basearam nos relatos dos entrevistados a respeito da altura que a lâmina de água alcança em dias de alagamento.

No caso do mapa de vulnerabilidade também foi considerado o mapa de mancha falada. A vulnerabilidade foi classificada em três partes, exatamente como no mapa de suscetibilidade, porém os critérios são diferentes. Neste, as perdas materiais, imóveis invadidos pela água e população que frequenta o local, foram considerados. Todas estas informações foram baseadas nos relatos dos entrevistados, sendo que foi feita uma pesquisa no bairro e na internet para localizar as escolas e asilos nos arredores, pois estes são locais onde concentram pessoas mais vulneráveis. Nenhum asilo foi encontrado, porém algumas escolas estão presentes no bairro e estas foram identificadas com um *shapefile* “escolas”.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É histórico o reconhecimento, principalmente na mídia local, de que o bairro Santa Maria Goretti sofre com problemas relacionados aos alagamentos. No entanto, foi a partir da pesquisa com os moradores e os trabalhadores da região, que foi possível perceber a real dimensão dos problemas que estes eventos causam na vida da população, e de quem frequenta o referido bairro.

Logo no início das entrevistas com a população local, era muito comum as pessoas não disponibilizarem tempo para as perguntas, e tão pouco se interessarem pelos questionamentos que a presente pesquisa envolve. Tal atitude já era esperada. Entretanto, logo foi percebido que se desde o primeiro contato, rapidamente fosse exposto o tema do questionário, as pessoas passaram a ter maior aceitação e a cooperação aumentou consideravelmente. Ao saber do propósito da pesquisa, algumas pessoas forneceram detalhes ilustrativos, como, por exemplo, fotos, vídeos e relatos mais minuciosos a respeito dos eventos de alagamento. Era muito comum após os questionamentos, os moradores e trabalhadores perguntarem “quando teremos nosso problema resolvido?”. Na entrevista sempre foi esclarecido que o mapeamento é apenas um primeiro passo para a busca de soluções do problema, mas que isso depende de um conjunto de parcerias e interesses principalmente do poder público, em resolver a situação.

As primeiras entrevistas começaram pela Rua 25 de julho, limite entre os bairros Santa Maria Goretti e São João. Nesta rua já se sabia por meio de observações em dias de chuva, que é uma área suscetível a alagamentos. Um fato curioso relatado pelo entrevistado do ponto 1, é que a maioria daqueles que são moradores ou proprietários de comércio que estão no bairro por muitos anos, arranjaram formas para se proteger das águas que invadem as ruas nos dias de chuva intensa. Estas proteções podem ser feitas tanto por barreiras improvisadas nos muros das casas, quanto aterramentos, sendo este último o mais comum. A figura 03 mostra algumas construções na Rua 25 de Julho, adaptadas para os alagamentos do bairro.

Assim sendo, verifica-se no mapa de elevação, que nas áreas mais críticas de alagamento, as ruas contrastam muito com a altura dos terrenos. Se comparado

com as partes mais altas do bairro, o desnível dos arruamentos para os terrenos em áreas não alagáveis é muito menor do que nas áreas críticas.

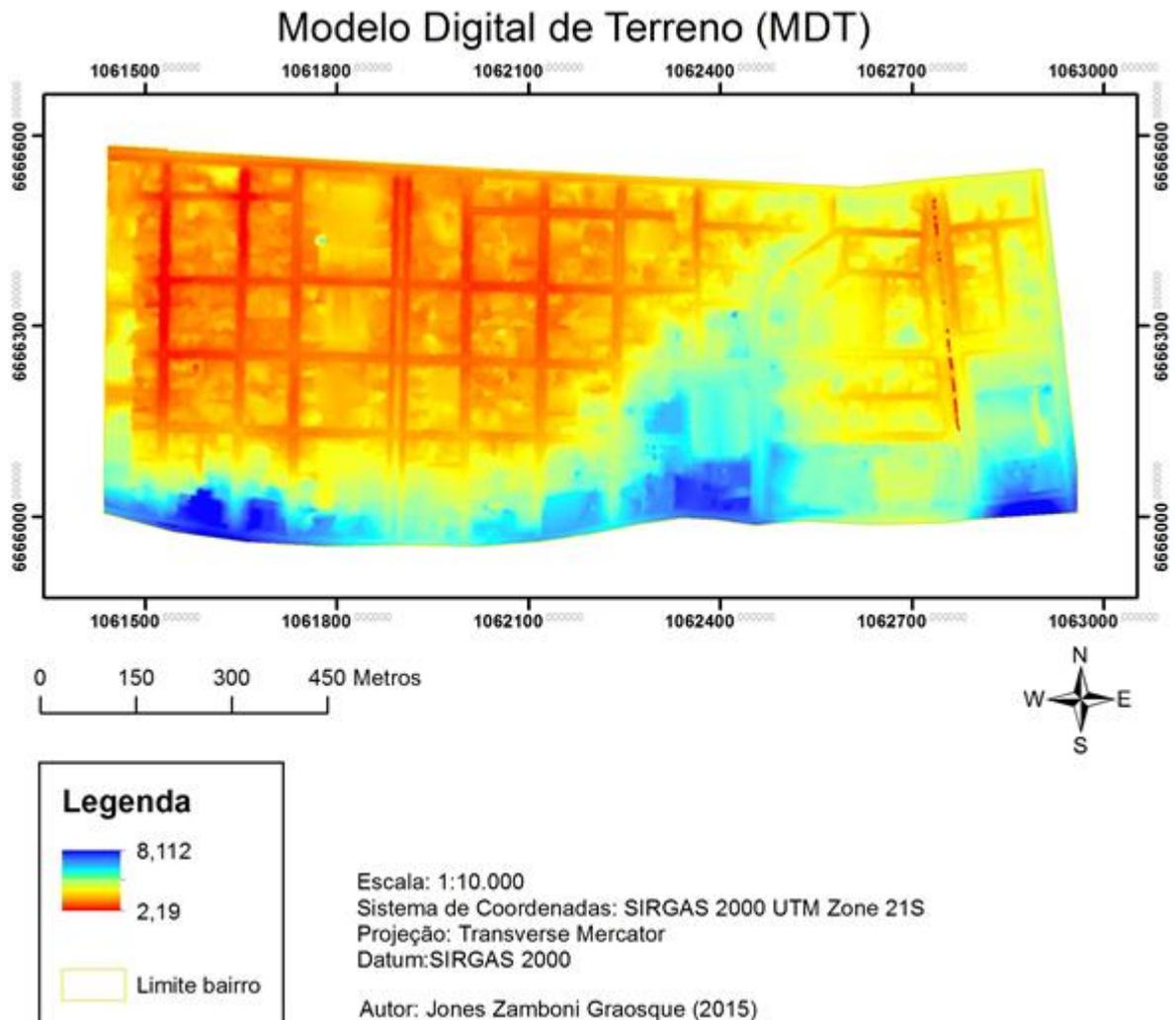
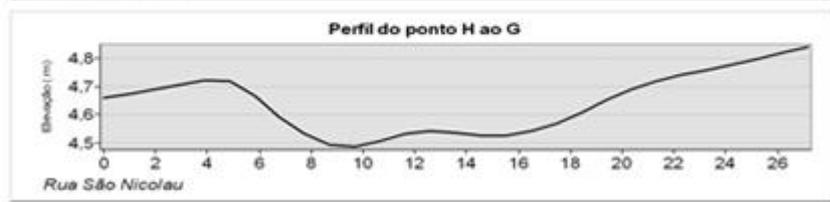
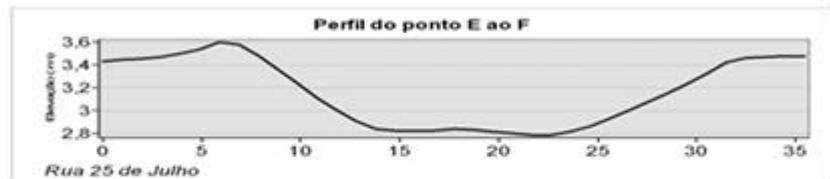
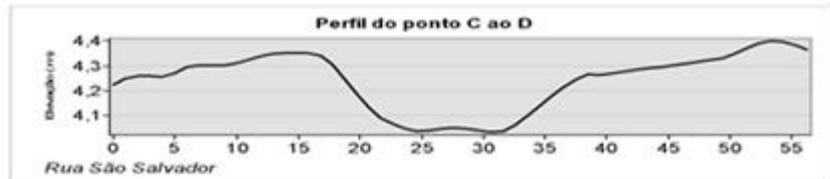
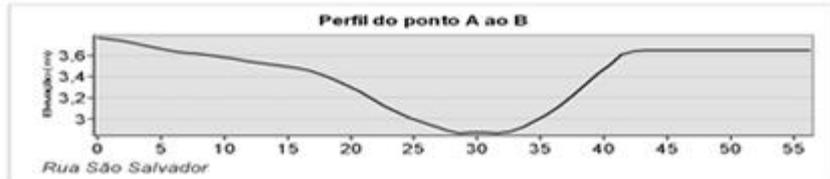
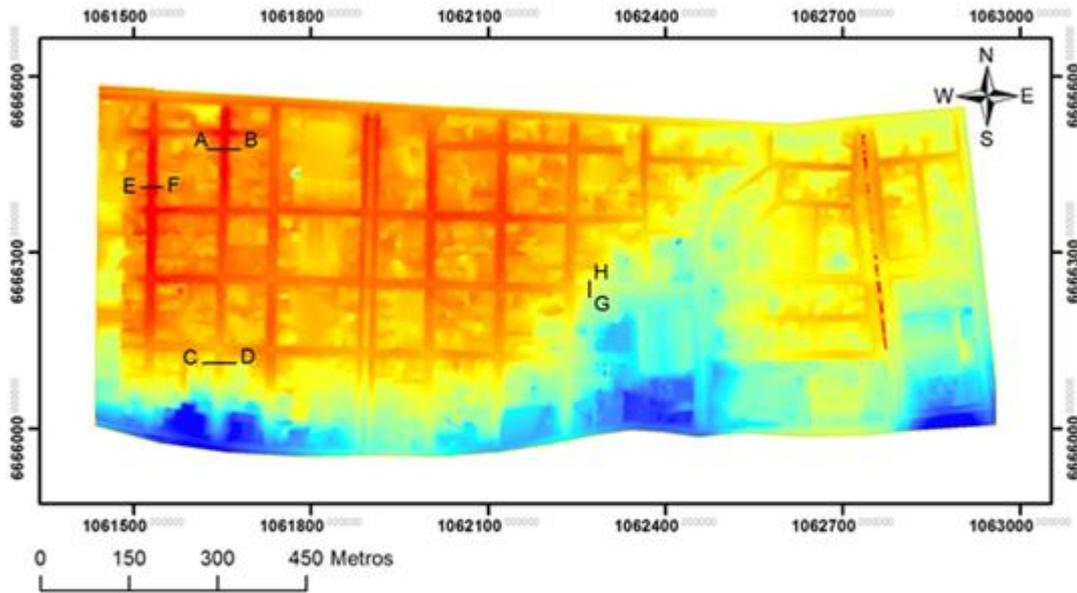


Figura 01. Modelo digital do terreno, bairro Santa Maria Goretti - Porto Alegre

### Perfis topográficos e localização dos pontos



Escala: 1:10.000  
 Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 21S  
 Projeção: Transverse Mercator  
 Datum: SIRGAS 2000

Autor: Jones Zamboni Graosque (2015)

Figura 02. Perfis topográficos, bairro Santa Maria Goretti - Porto Alegre

Possivelmente este desnível entre os terrenos e as ruas agrave os problemas de alagamentos nestas regiões. Principalmente quando se refere à impossibilidade de locomoção nas ruas, pois a água fica represada nas vias e não consegue extravasar para outras direções, aumentando a lâmina de água e danificando carros por exemplo.



Figura 03 – Terrenos aterrados para evitar alagamentos, bairro Santa Maria Goretti – Porto Alegre.

Em todos os relatos houve respostas semelhantes na questão de quando ocorrem os alagamentos: em dias de forte chuva em um curto período de tempo. A questão do tempo para baixar a água teve respostas variadas, sendo que o tempo mínimo relatado foi de aproximadamente 4 horas, porém alguns relatam que já demorou mais que 12 horas.

Em referência aos prejuízos causados, é unânime na opinião dos que trabalham no bairro que estes eventos prejudicam a locomoção dos funcionários até o local de trabalho, assim como impossibilita o acesso dos clientes aos estabelecimentos. Para evitar danos aos carros particulares, as pessoas se organizam para estacionar em ruas mais afastadas que não sofrem alagamento em dias de chuva.



Nas ruas São Salvador e 25 de Julho, os relatos foram mais graves. Destaca-se que nestas ruas, a lâmina de água pode ultrapassar 1 m em dias de chuva forte e em curto período de tempo. Os casos mais graves se concentram nos pontos próximos à Avenida Sertório, sendo este, um ponto mais baixo em relação ao outro extremo na Avenida Assis Brasil. Quanto mais distante destas duas primeiras ruas, percebe-se uma diminuição da altura relatada dos alagamentos.

De acordo com os relatos de alagamentos para as ruas próximas à Avenida Sertório, partindo da Rua 25 de Julho até a Rua Ibirapuitan, o alagamento mais intenso foi na primeira rua citada diminuindo gradativamente até a última. Outro ponto importante segue na Rua São Nicolau, partindo da Rua 25 de Julho até a Rua Santa Catarina. Relatos e registros fotográficos mostram que a água pode subir 40 cm na esquina das ruas Brino e São Nicolau e até 1 m na Rua São Nicolau próximo à Avenida General Emílio Lúcio Esteves e Rua Morretes. Na Rua Padre Leopoldo Brentano, próximo à esquina com Rua Morretes, também foi relatado ponto de alagamento, porém não mais que 30 cm em dias de chuva intensa.

Entre as ruas pesquisadas e mapeadas, aquelas que foram relatadas com problemas de alagamento foram as seguintes: Rua 25 de Julho; Rua São Salvador; Rua Cerro Azul; Rua São Nicolau; Avenida Brino; Rua Morretes; Rua Santa Catarina; Rua Piauí; Rua Júlio Verne; Rua Ibirapuitan e Avenida General Emílio Lúcio Esteves. Embora todas estas sofram com problemas em dias de chuva, a gravidade do alagamento é diferente em cada uma.

O mapa da figura 05 identifica os transectos dos perfis de cada uma das ruas em que foram relatados alagamentos. Logo, as figuras em seguida mostram cada um dos perfis da figura 05 com maior detalhe e informações a respeito.

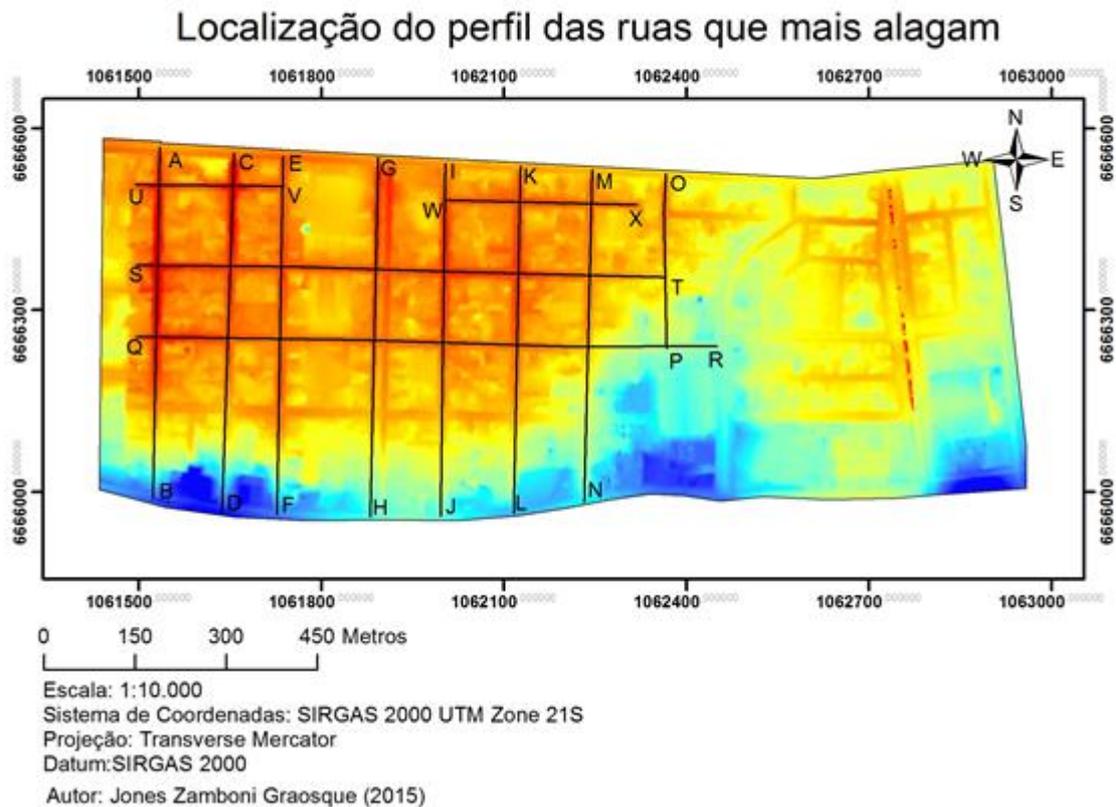


Figura 05. Mapa de localização das ruas que mais alagam, bairro Santa Maria Goretti – Porto Alegre

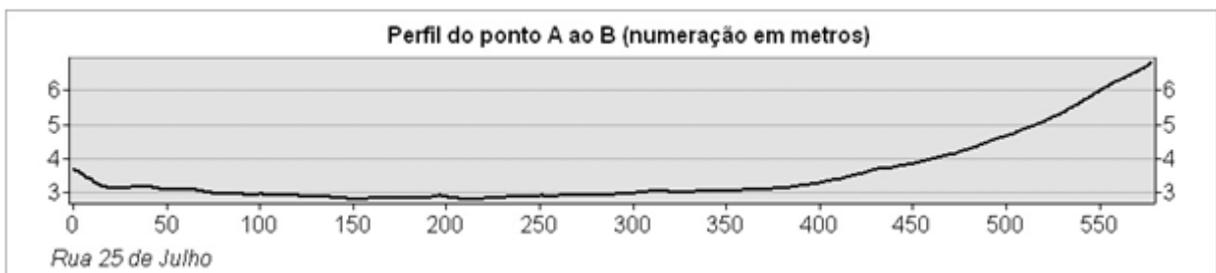


Figura 06. Perfil da Rua 25 de Julho

Nesta rua foram coletados dois pontos, ambos em local crítico de alagamento. Esta rua aparece como uma das mais preocupantes em relação aos eventos de alagamento, tanto referente aos relatos, quanto nos resultados obtidos pela análise de imagens. Na imagem altimétrica e de curvas de nível, é possível identificar áreas muito baixas nesta rua, com cotas inferiores a 3 m.

A direção do fluxo da água basicamente aponta direto para esta rua. Quando observamos o perfil do arruamento, percebe-se que partindo da Avenida Assis Brasil

até a Avenida Sertório existe uma declividade até chegar à Sertório, onde esta avenida é mais elevada, fazendo com que a água fique represada na rua. Por isto, os alagamentos são mais comuns partindo da Avenida Sertório até os arredores da Rua Padre Hildebrando.

No ponto 2 (figura 4), a proprietária de um restaurante relatou danos diversos em eletrodomésticos e móveis causados pela água que invade o estabelecimento, e já chegou a 50 cm dentro do local. Neste mesmo ambiente, mora a família da proprietária, sendo ela, o marido e dois filhos. Segundo relato da própria, que mora no local há mais de 10 anos, além dos prejuízos materiais, os filhos têm muito medo de dias de chuva, pois já associam estes eventos aos transtornos de ver a casa alagada.

O entrevistado do ponto 1 (figura 4) relata que só conseguiu se livrar da água que entrava no comércio, depois que aterrou todo o terreno. Além disso, segundo relato do mesmo, a escola que se situa do outro lado da rua, adquiriu uma caminhonete *off-road* para transportar as crianças em dias de alagamentos.

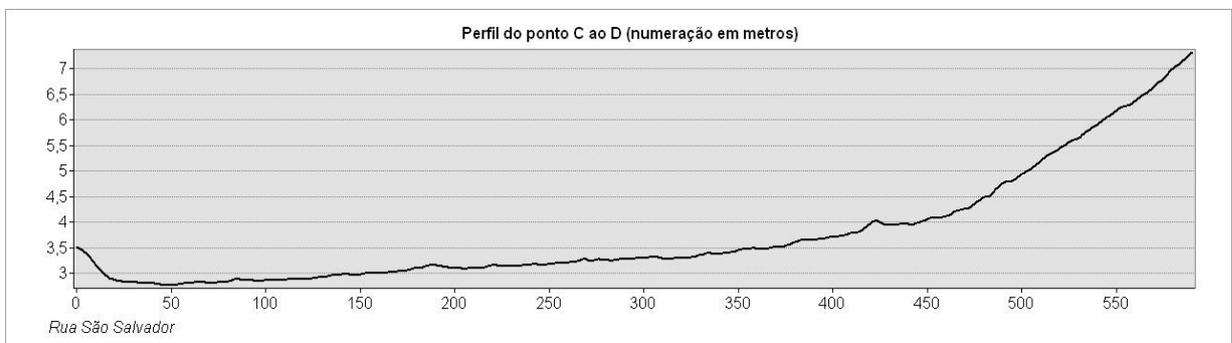


Figura 07. Perfil da Rua São Salvador

Na Rua São Salvador foram identificados pontos com cotas inferiores a 3 m, sendo uma das ruas mais baixas do bairro. Nesta rua, a Avenida Sertório age como uma barreira para o escoamento, de forma que o alagamento se intensifica, principalmente, partindo desta avenida e chegando até arredores da Rua Nicolau.

Nas entrevistas realizadas na Rua São Salvador, foram obtidas informações coerentes com os dados analisados pelas imagens do MDT. No ponto 13 (figura 4) foi relatado que a água sobe mais que 1 m. Em algumas fotos obtidas com o entrevistado, é possível ver que a Avenida Sertório ficou alagada na chuva do dia 24

de fevereiro de 2015. Analisando o perfil da rua, percebe-se que a Avenida Sertório está 1 m mais alta que os primeiros 50 m da Rua São Salvador, comprovando a veracidade do relato, onde certamente a água, pelo menos neste evento, subiu mais de 1 m. Esse entrevistado relata estar neste ponto comercial há mais de 20 anos, e neste tempo já contabilizou muitos prejuízos causados pela invasão da água no seu estabelecimento, isto, até decidir investir no aterramento do terreno. No entanto, esta medida não resolve o fato de ficar “ilhado” em dias de chuva, prejudicando o trabalho e o acesso dos clientes ao local.



Figura 08. Alagamento na Rua São Salvador esquina com Avenida Sertório após chuva de 24/02/2015. Fonte: Entrevistado do ponto 13.



Figura 09. Alagamento resultado da chuva de 24/02/2015. Fonte: Entrevistado do ponto 13.

No ponto 12 (figura 4) foi relatado que a água invade o comércio, chegando a atingir 50 cm dentro da loja (que já é mais alta que o nível da calçada). Esta localização está há aproximadamente 150 m da esquina com a Avenida Sertório, no entanto é possível que a água atinja mais que 1 m de altura, pois nesta área a diferença de nível para o local mais baixo da rua é de 20 cm.

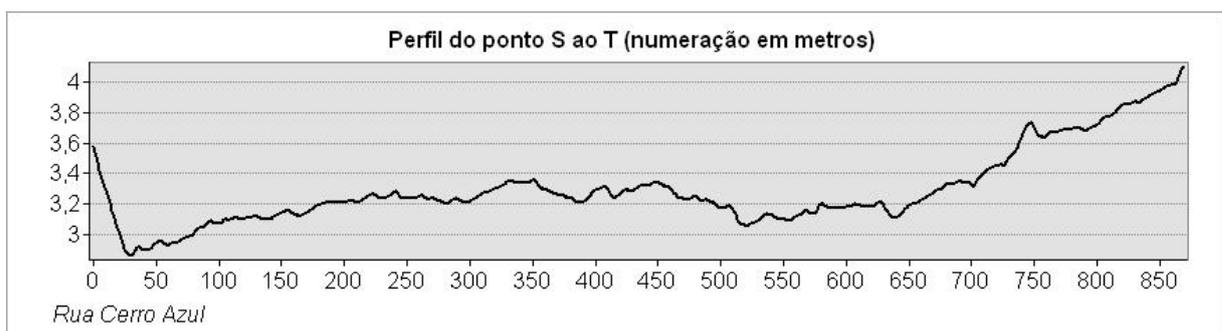


Figura 10. Perfil da Rua Cerro Azul

Com as imagens do MDT identifica-se que a Rua Cerro Azul recebe uma grande quantidade do escoamento superficial, por este motivo esta é uma rua com alta suscetibilidade a alagamento, desde a parte oeste até leste do bairro. No entanto, existem duas praças ao longo do logradouro (Praça Professor Júlio Grau e Praça Nilva Moura), que auxiliam no espalhamento da área alagável e até na

infiltração no solo. Além disso, o mapa de fluxo mostra a direção da água indo para o lado oeste da rua, logo, este lado está mais suscetível a alagamentos graves.

Citado anteriormente, no ponto 2 (figura 4) os alagamentos são bem graves. Próximo a este ponto, a água pode subir próximo à cota de 1 m. No extremo oeste da rua, próximo ao ponto 11 foram ouvidos relatos de alagamentos, mas não tão graves quanto na parte leste. Os relatos dos trabalhadores do comércio situado no ponto 11 são de que as ruas ficam cheias, mas a água não chega a entrar nas lojas e casas próximas. O inconveniente maior é o deslocamento tanto a pé quanto de carro.

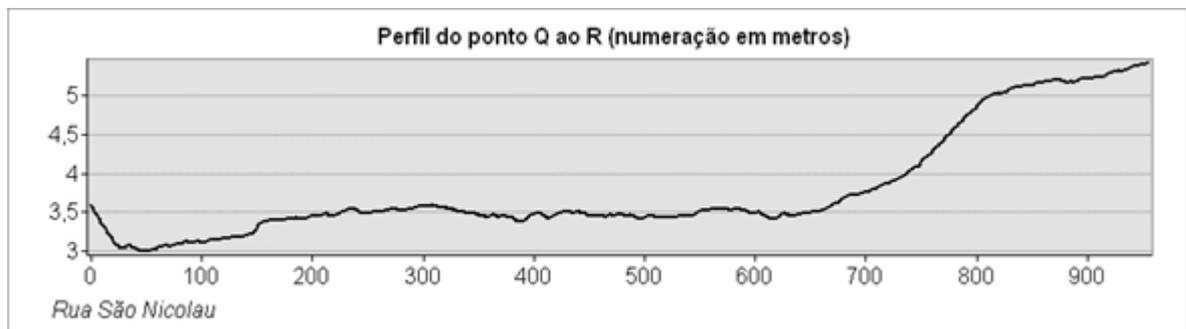


Figura 11. Perfil da Rua São Nicolau

Paralela com a Rua Cerro Azul, porém com uma cota um pouco mais elevada, a Rua São Nicolau apresenta, segundo relatos, alagamento em quase toda sua extensão. Próximo ao ponto 15 (figura 4) existe a Praça Professor Júlio Grau que em dias de chuva forte vira uma “lagoa”, contudo, isto ajuda a água espalhar-se por uma área maior e permeável. Além disso, no entorno desta praça a cota já não está mais abaixo de 3 m, fazendo com que a lâmina d’água não suba tanto. Relatos das pessoas do ponto 15 dão conta de que a água atinge no máximo 40 cm de altura na região.

Conforme análise dos mapas, a rua apresenta suscetibilidade de alagamento, mas não com muita gravidade, já que é possível ver que a cota desta rua se mantém quase toda entre 3 m e 3,5 m. No entanto, nos pontos 6 e 7 (figura 4) os entrevistados relataram alagamentos intensos, chegando a lâmina d’água subir a 50 cm dentro dos estabelecimentos, danificando equipamentos e documentos.

Analisando o mapa altimétrico, nota-se que os terrenos nestas áreas parecem não ser tão aterrados quanto os de outras ruas que sofrem com alagamentos. Este pode ser um dos motivos pelo qual a água sobe tanto dentro dos estabelecimentos. Próximos a estes dois pontos, não se encontram áreas livres e permeáveis, como, por exemplo, uma praça, para que sirva como um amortecimento para a água, dando assim mais um indício que justifica a água invadir os prédios ao redor. Já no ponto 10 não houve relato de alagamento, isto pode ser explicado pelo fato de que nesta área, a rua já tem cota acima dos 4 m, que dificilmente ocorre problemas de acúmulo de água.

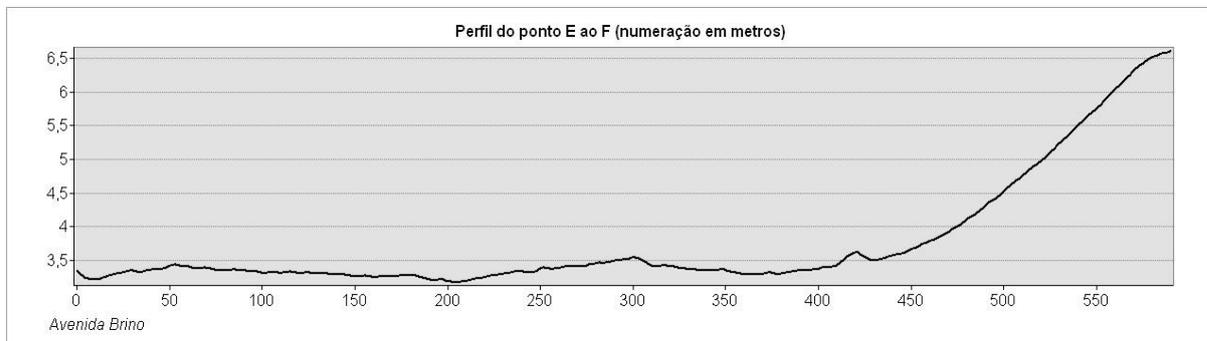


Figura 12. Perfil da Avenida Brino

A Avenida Brino é outro logradouro em que a Praça Professor Júlio Grau está localizada, ou seja, área permeável e ampla para a água depositar-se, diminuindo o impacto nas residências e comércio. Além disso, no MDT consta que a cota da rua não é tão diferente (profunda) dos lotes ao seu redor, e no mapa de ocupação percebe-se que boa parte da rua não é asfaltada, podendo assim, concluir que a água consegue se espalhar numa área maior e mais permeável, reduzindo a altura do alagamento relatado pelos entrevistados dos pontos 14 e 15 (figura 4).

No ponto 14 (figura 4) não foram relatados prejuízos, segundo o entrevistado, além do terreno ser aterrado, a água sobe mais ou menos 50 cm a partir do meio da rua. No ponto 15 (figura 4) os relatos são de que em dias de alagamento, não se distingue os limites da calçada, no entanto o volume de água não chega a ser suficiente para invadir as casas. Ressalta-se que nestas ruas as casas normalmente são preparadas para eventos de alagamentos, sendo por aterramentos ou alguma barreira contra a água (muros, portas vedadas, etc.).

No ponto 4 (figura 4) não houve relato de alagamento.

Os relatos nesta rua são coerentes com os resultados dos mapas gerados. Apesar de a cota ser mais baixa nos primeiros três quarteirões partindo da Avenida Sertório e não ultrapassando 3,5 m, existe um grande fluxo em direção à Sertório e nas ruas transversais em direção à Rua 25 de Julho, fazendo com que o alagamento se intensifique mais nas ruas a oeste do que na Avenida Brino.

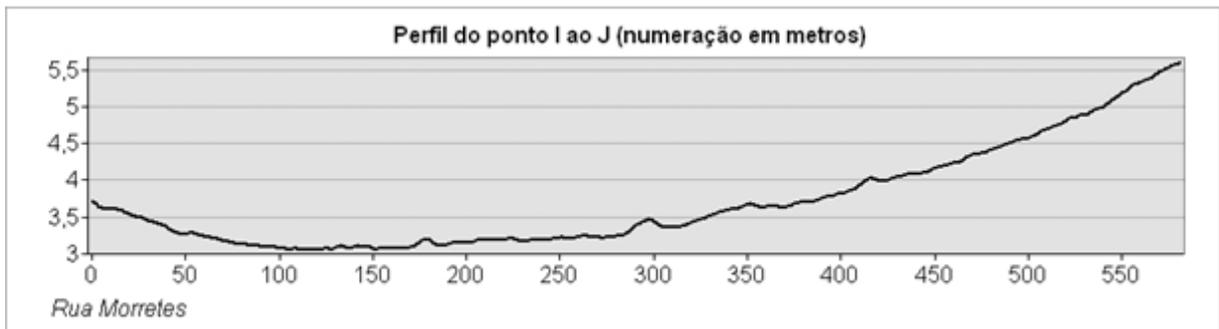


Figura 13. Perfil da Rua Morretes

Nesta rua existem poucas áreas não construídas, porém toda sua extensão não é asfaltada. A cota até a Rua São Nicolau é baixa, não ultrapassa 3,5 m nas duas primeiras quadras. No MDT é possível ver que dos 100 m até 150 m a partir da Avenida Sertório, a rua tem pouco mais de 3 m de cota, direcionando a água principalmente neste ponto que é onde está o cruzamento com a Rua Cerro Azul.

No ponto 16 (figura 4) não houve relato de alagamento invadindo as edificações, segundo informações, a água sobe o suficiente para cobrir uma parte da calçada, mas não causa prejuízos materiais, apenas transtornos com a locomoção. Já no ponto 7 (figura 4) houve queixas de alagamentos de até 50 cm dentro do comércio do entrevistado. Este ponto está há 300 metros a partir do ponto 1 no mapa de perfil, e a cota é menor que 3,5 m, então, se na esquina com a Avenida Sertório a rua alaga (cota: 3,6 m) é bastante provável que no ponto 7 alague também, talvez não tão alto quanto relatado, mas é, de qualquer maneira, uma área suscetível a alagamento.

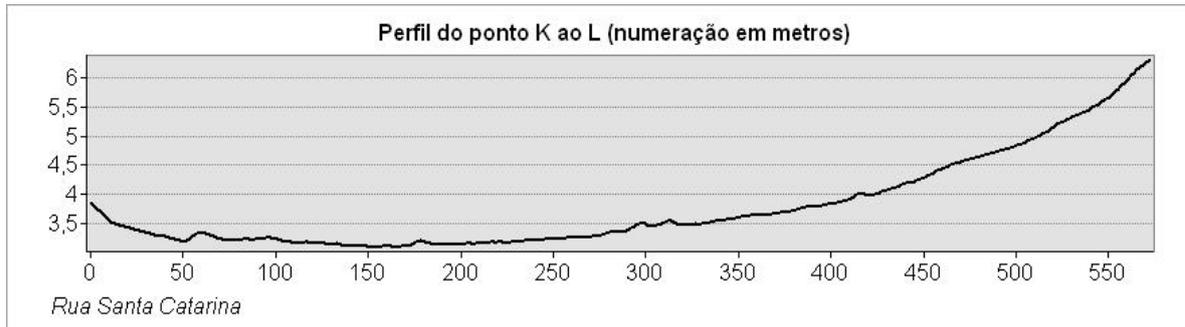


Figura 14. Perfil da Rua Santa Catarina

A Rua Santa Catarina apresenta um perfil semelhante à Rua Morretes, com cota mais baixa na região próxima à esquina com Rua Cerro Azul, fazendo esta, à área mais baixa e, conseqüentemente, onde concentra o alagamento com maior gravidade. No ponto 17 (figura 4) foi relatado alagamento, porém de baixa intensidade na esquina com a Avenida Sertório, suficiente para cobrir a calçada, porém sem prejuízos nas edificações ao redor.

Assumindo que no ponto 17 alague alguns centímetros e sendo este na esquina com a Avenida Sertório (ponto K no mapa de localização), podemos identificar que este alagamento atinge pelo menos 300 m ao longo da rua partindo do ponto K, chegando até a Rua São Nicolau.

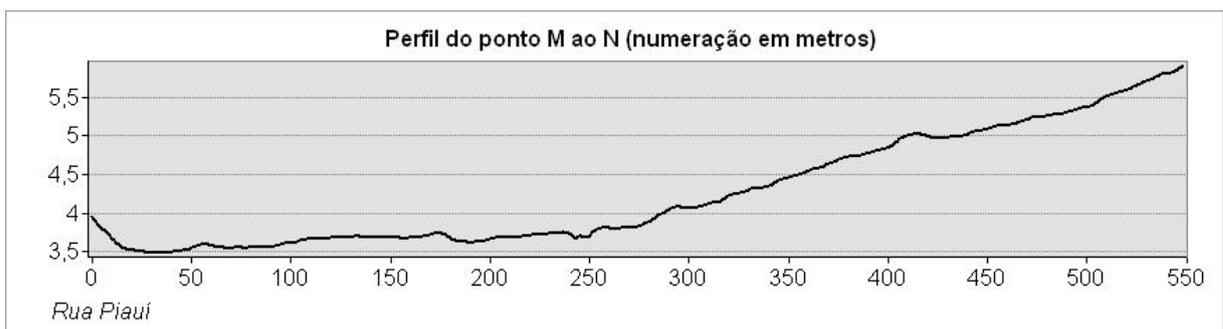


Figura 15. Perfil da Rua Piauí

De acordo com os mapas altimétricos, esta é uma rua suscetível a alagamentos, pois as cotas não ultrapassam 3,5 m até a esquina com a Rua São Nicolau, porém, não apresenta um grande fluxo superficial vindo das ruas ao leste. Também a Rua Júlio Verne não tem continuidade até a Rua Ibirapuitan, isto pode dificultar a água de chegar até a Rua Piauí. De acordo com relatos, nos pontos 18 e

9 (figura 4) o alagamento consegue cobrir a calçada, mas não mais do que isso, prejudicando somente a mobilidade na região.

O morador do ponto 9 relata que vive no mesmo local há mais de 60 anos. Segundo ele, antes de tantas construções e até mesmo da construção da Avenida Sertório o bairro não sofria com problemas de alagamento. Todavia, após o aterramento da Sertório e de inúmeras alterações no cenário (urbanização), os problemas ficaram cada vez mais recorrentes. No ponto em questão o alagamento não é tão grave, sendo de aproximadamente 30 centímetros a partir do nível da rua. No ponto 10 (figura 4) não houve relato de alagamento.

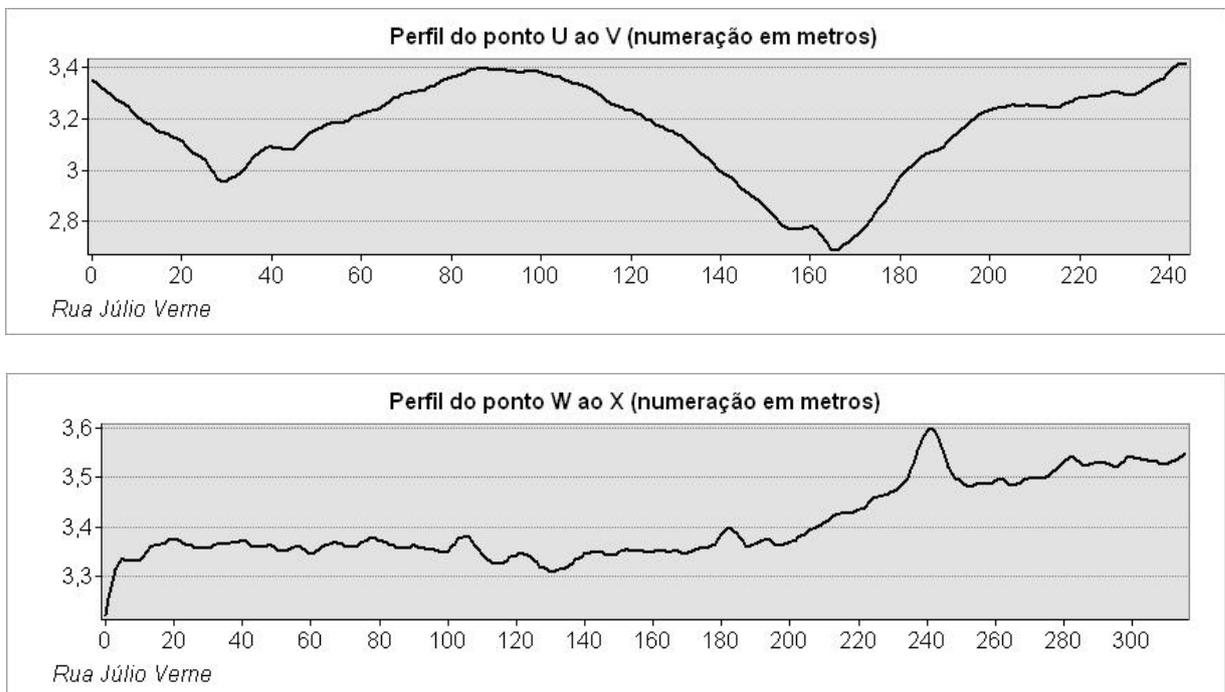


Figura 16. Perfil da Rua Júlio Verne

Neste local o alagamento se intensifica na medida em que a rua está mais a oeste do bairro. De acordo com o mapa de direção de fluxo, esta é uma rua que serve de canal para outras ruas até chegar à Rua Morretes. No entanto a rua tem continuação partindo da Avenida Brino até a Rua 25 de Julho. Neste trecho a rua alaga bastante, principalmente na esquina com a Rua São Salvador, atingindo cotas de 2,6 m, sendo esta, uma das mais baixas do bairro.

Relatos de pontos próximos a esta rua afirmam que o alagamento é muito forte nas áreas mais baixas, causando prejuízo para quem vive ou trabalha na região, porém na área próxima do ponto 9 (figura 4), o alagamento é moderado, prejudicando só a passagem dos pedestres e carros.

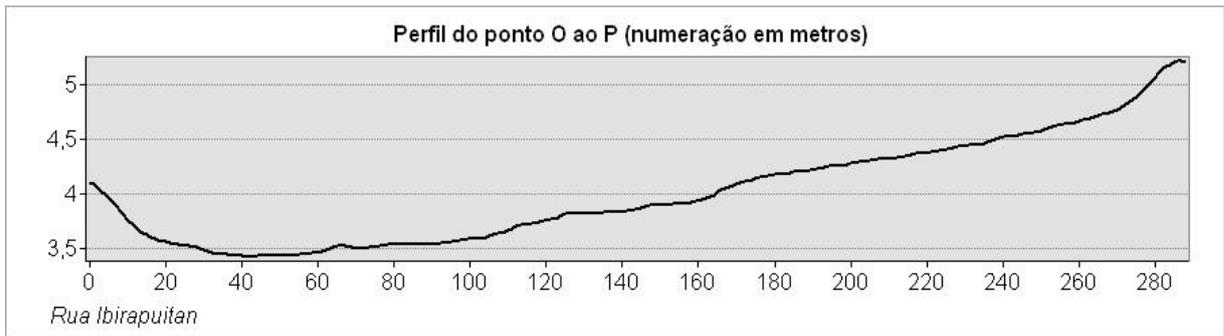


Figura 17. Perfil da Rua Ibirapuitan

Neste local existe um trecho mais baixo após 50 m da Avenida Sertório, e por esta razão, a direção de fluxo aponta principalmente para este ponto, vindo água não só de pontos mais altos da Rua Ibirapuitan, mas também recebendo o fluxo da Rua Piraju. O problema deste trecho alagável é não ter uma rua para escoamento. Não existe o acesso para a Rua Júlio Verne, fazendo com que a água fique represada na parte mais baixa da Ibirapuitan. Segundo relato do ponto 20 (figura 4), a água neste ponto chega a subir na calçada, mas não invade as casas. Desta forma supõe-se que próximo à esquina com a Rua Piraju, o alagamento seja mais acentuado e podendo até invadir casas que estejam a um nível próximo ao da rua.

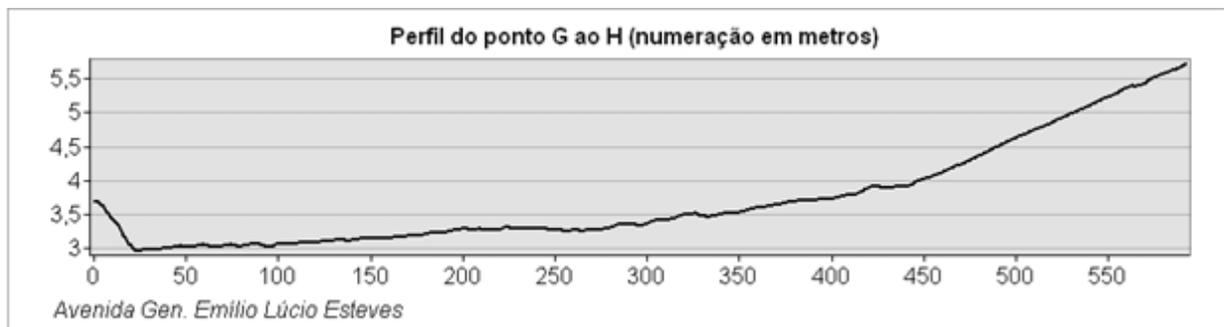


Figura 18. Perfil da Avenida General Emílio Lúcio Esteves

Este é um trecho onde a avenida é toda asfaltada e existe pouca área permeável. O canteiro central da avenida é uma área de vegetação, mas também é

mais alto que o nível da rua e o calçamento, o que possivelmente impede que o alagamento chegue sobre este canteiro central. Por ser pouco permeável e com cota abaixo de 3,5 m (podendo estar abaixo de 3 m próximo com a esquina da Avenida Sertório), esta é uma rua suscetível a alagamento.

No ponto 6 (figura 4), uma funcionária do local conta que a água invade a loja em até 50 cm, causando perdas materiais nos produtos à venda. Embora a área deste ponto não seja a mais baixa da rua, é possível constatar que a intensidade do alagamento seja causada por problemas de drenagem. O relato do ponto 5 dá conta de que os alagamentos nesta avenida não são tão intensos quanto a maioria das pessoas declaram, mas considere-se que este, trabalha no bairro há pouco mais de 6 meses e por isso não presenciou eventos de alagamento, no entanto ele acredita que há um exagero no relato das pessoas a respeito deste problema.

## 5.1 Análise dos mapas

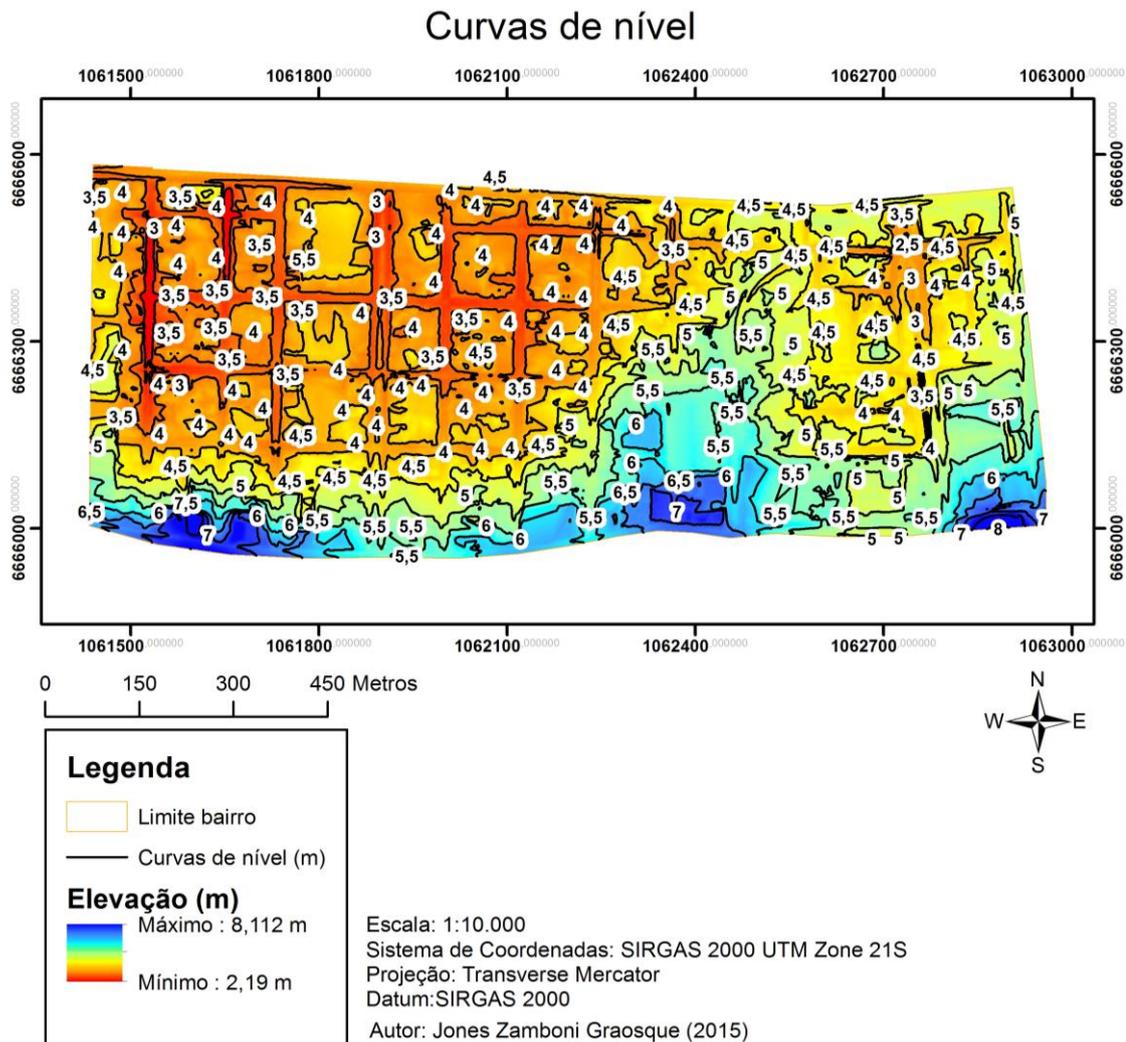


Figura 19 – Curvas de nível no bairro Santa Maria Goretti – Porto Alegre.

O mapa da curva de nível traz resultados coerentes com as respostas das pessoas entrevistadas. Com curvas de nível de 0,5 metros, é possível precisar que nas ruas onde os relatos de que a lâmina de água ultrapassa 1 metro, a cota é bem mais baixa se comparada a outras partes do bairro. Estes locais se concentram principalmente nas ruas 25 de Julho e São Salvador. É possível perceber que de um modo geral, quanto mais próximo destas duas ruas, mais baixo é o terreno.

Com o mapa de elevação, também se percebe que a cota máxima do bairro Santa Maria Goretti é 8,1 m. De acordo com o Plano Diretor de Drenagem Urbana da Sub-bacia do Arroio da Areia (2002) as áreas com cotas inferiores a 8,13 m são drenadas exclusivamente pela Casa de Bombas Silvio Brum.

Como o bairro está na parte mais baixa da Sub-bacia do Arroio da Areia, é normal que receba a água vinda das áreas com cotas superiores. A área próxima à Avenida Assis Brasil é mais alta que a próxima à Avenida Sertório, no entanto existe uma elevação nesta última avenida, talvez por aterramento, causando o represamento do fluxo da água das áreas mais altas.

Com as curvas de nível também é possível identificar as áreas que podem estar mais sujeitas a alagamentos. No mapa Figura 20, as linhas são identificadas com diferentes cores, possibilitando visualizar as áreas do bairro onde os alagamentos são mais frequentes.

A linha identificada pela cor vermelha representa as áreas altamente vulneráveis a alagamentos. As linhas representadas pela cor laranja (escuro ou claro) são áreas alagáveis, com maior gravidade para a cor laranja escuro. Estas são os pontos muito baixos e se concentram mais na parte norte-oeste do bairro. Os pontos onde foram coletadas informações e que estão na área das linhas com as cores descritas acima, todos relataram alagamento, com maior gravidade para os que se encontram nas áreas das linhas de cor vermelha e laranja escuro, o que indica coerência entre os relatos das pessoas e os resultados obtidos com o MDT.

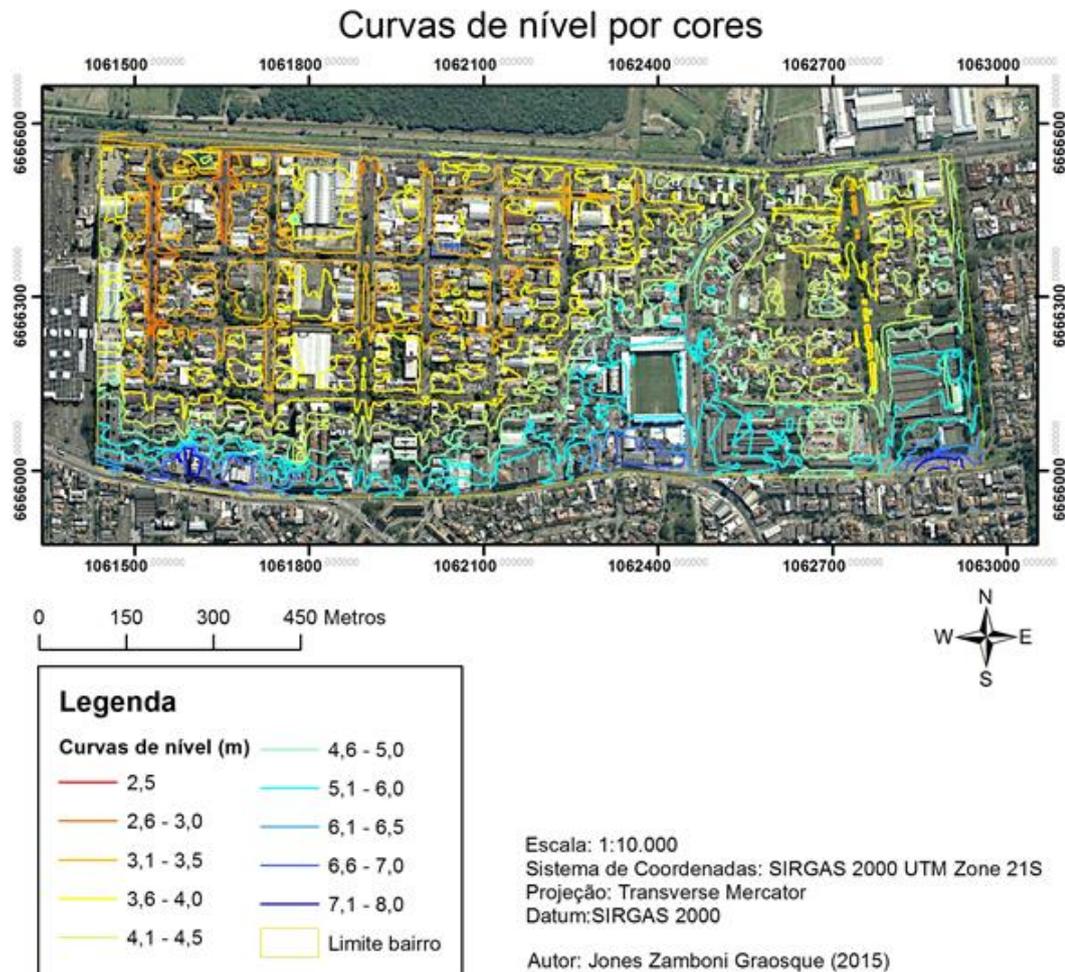


Figura 20. Curvas de nível, bairro Santa Maria Goretti – Porto Alegre.

### 5.1.1 Mapa de direção de drenagem

Em relação ao mapa de direção da drenagem superficial, verifica-se o direcionamento de um modo generalizado para os pontos considerados mais críticos, localizados próximos à Avenida Sertório e principalmente próximos à Rua 25 de Julho. A área próxima à Sertório tem alta suscetibilidade a alagamento, pois não há para onde a água escoar sem meios artificiais. Entretanto, esta área alagável é mais intensa no lado norte-oeste do bairro, pois no lado oposto além do terreno ser mais alto, existe o Arroio da Areia que ajuda na vazão, de maneira que não foram identificados grandes fluxos superficiais no mapa gerado e de acordo com os entrevistados, esta área não alaga.

As ruas paralelas com a Avenida Sertório servem como canal de escoamento em direção ao lado oeste do bairro. As Ruas Júlio Verne e Cerro Azul recebem grande volume de água e por esta razão, estas são ruas com forte suscetibilidade de alagamento.

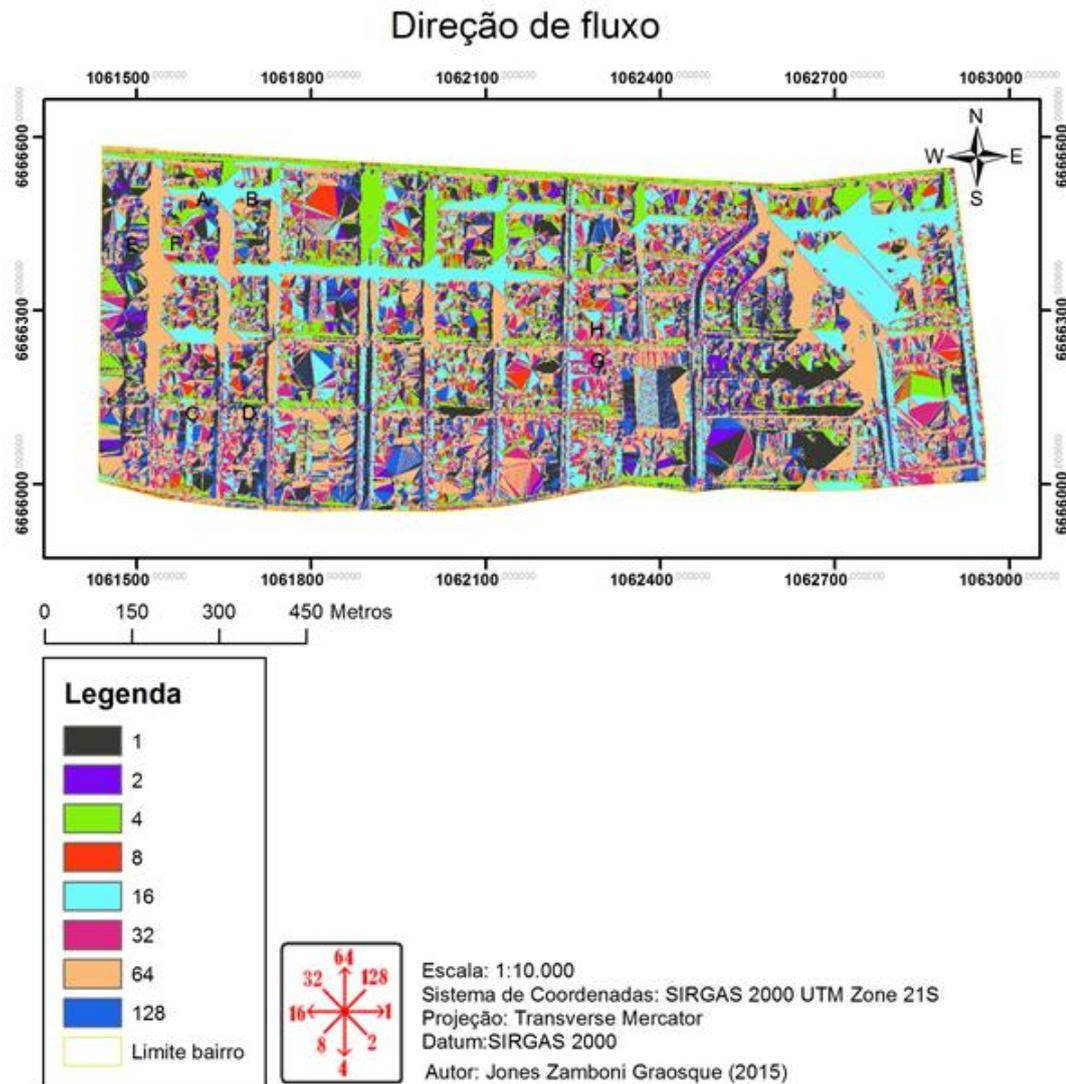


Figura 21. Mapa de direção de fluxo, bairro Santa Maria Goretti - Porto Alegre

### 5.1.2 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

No mapa de uso e ocupação do solo, figura 22, é possível identificar um grande problema quando o assunto é alagamento urbano: o excesso de áreas impermeáveis seja por ruas asfaltadas ou construções. As maiores áreas permeáveis são a Praça Professor Júlio Grau, Praça Nilva Moura, o campo de futebol do Estádio do São José, o canteiro das Avenidas General Emílio Lúcio Esteves, Mena Barreto e a Praça Coronel Aldo Ladeira Ribeiro.

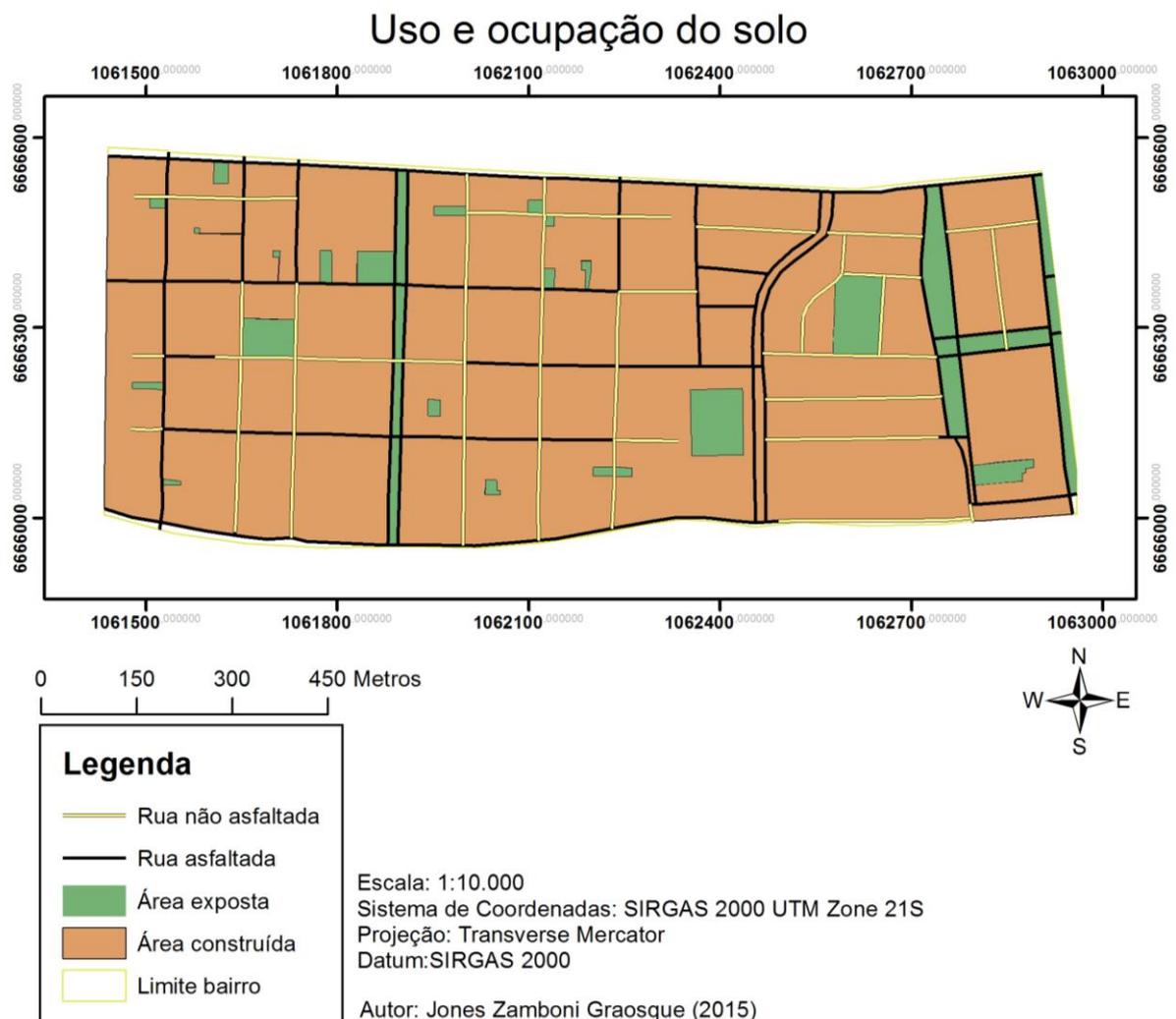


Figura 22. Mapa de uso e ocupação do solo, bairro Santa Maria Goretti – Porto Alegre.

Com o excesso de áreas impermeáveis, a água da chuva dificilmente consegue penetrar no solo, aumentando o volume de água no fluxo superficial, que é onde estão as ruas, casas, etc. Nos locais onde o solo é mais impermeável, consequentemente a probabilidade de alagamento aumenta. Nas áreas onde existem zonas permeáveis, a exemplo de praças e ruas não asfaltadas, os alagamentos tendem ser menos intensos nas edificações que estão ao redor.

## **5.2 Análise do histórico de chuvas no período da ocorrência de alagamentos**

A tabela 02 apresenta os valores diários de precipitação (mm) no ano de 2015, e a precipitação total em cada mês. As células marcadas na cor laranja são os dias em que existem registros de alagamentos no bairro, seja por fotos, relatos ou por notícias na internet (Globo.com 2015). Alguns dias não tiveram registros de precipitações por falha no pluviômetro ou no lançamento dos dados. Os dias 15 e 16 de outubro são alguns destes dias, que houve grande precipitação, o que é comprovado por fotos enviadas pelo entrevistado do ponto 13 (figura 23).

A procura por notícias de alagamentos através da mídia dificulta, em partes, a pesquisa, uma vez que pontos do bairro Santa Maria Goretti são noticiados como área suscetível. Normalmente grandes eixos são focados, no caso da Avenida Sertório normalmente se noticia o ponto próximo à Avenida Voluntários da Pátria.



Figura 23 – Rua São Salvador esquina com Avenida Sertório, em 16/10/2015, Porto Alegre.

Os dias em que comprovadamente ocorreram alagamentos são coerentes com os relatados pelas pessoas do bairro. À vista disso, nos outros dias pode ter ocorrido alagamento, talvez de menor gravidade que não foram noticiados. Há possibilidade de em dias como 18 de junho ter acontecido alagamento no bairro, porém não se sabe se a precipitação de 52,60 mm ocorreu em curto espaço de tempo, ou bem distribuída ao longo do dia.

Outra constatação coerente com os relatos é de que não há um período do ano em que os eventos ocorram com maior frequência. Segundo os entrevistados, ao longo do ano quando ocorre chuva forte acumulada em pouco tempo é quando ocorrem os alagamentos, porém isto pode ocorrer em qualquer época do ano, conforme tabela 02.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00
2	24,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,40	0,00	
4	0,00	0,00	0,00	0,00	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	
5	0,00	0,00	42,20	10,50	0,00	0,00	0,00	23,20	0,00	0,00	35,80	
6	0,00	0,00	0,00	4,30	0,00	43,20	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30	0,00	0,00	0,00	0,00	
8	35,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,10	0,00	
9	30,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,20	0,00	0,00	13,70	0,00	
10	10,60	7,40	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
11	0,00	2,10	1,00	0,00	8,40	17,90	0,00	2,10	6,30	0,00	12,60	
12	0,00	12,60	0,00	0,00	7,40	8,50	0,00	2,10	0,00	0,00	2,10	
13	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00		0,00	0,00	50,50	3,20	
14	16,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	64,30	0,00	0,00	0,00	0,00	
15	7,30	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	7,30	0,00	0,00	ND	0,00	
16	5,30	0,00	0,00	4,20	0,00	0,00	4,20	0,00	3,20	ND	0,00	
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,70	0,00	29,50	0,00	6,30	
18	7,40	0,00	0,00	17,90	0,00	52,60	0,00	0,00	26,30	0,00	10,60	
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,80	Sem Leitura	0,00	0,00	
20	0,00	5,30	0,00	9,50	0,00	0,00	84,30	1,10	Sem Leitura	0,00	36,90	
21	11,60	0,00	0,00	6,30	0,00	0,00	23,20	0,00	30,60	0,00	0,00	
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	20,00	42,20	0,00	
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,60	0,00	0,00	13,60	0,00	0,00	
24	0,00	59,20	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	19,00	9,50	0,00	0,00	
25	0,00	0,00	0,00	0,00	9,50	0,00	0,00	0,00	46,30	0,00	0,00	
26	0,00	19,00	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
27	0,00	4,20	0,00	0,00	26,30	0,00	1,00	14,70	0,00	0,00	0,00	
28	0,00	2,10	0,00	0,00	36,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	
29	4,20		0,00	0,00	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
30	8,40		9,50	2,10	0,00	6,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
31	0,00		1,00		0,00		0,00	0,00		3,10		
	162,50	111,90	58,00	60,00	97,00	142,20	245,50	78,00	187,40	198,00	113,90	2,10

Tabela 02 – precipitação diária em milímetros durante o ano de 2015 na estação pluviométrica automática do bairro São João - Porto Alegre.

### 5.3 Áreas suscetíveis e vulneráveis a alagamentos

A suscetibilidade a alagamentos no bairro Santa Maria Goretti está atrelada aos eventos de chuva em um curto espaço de tempo. Os alagamentos que ocorrem no bairro estão associados, entre outros motivos, ao sistema de drenagem urbana que atua de forma ineficiente, e que atinge a população que vive em áreas ambientalmente degradadas ou que sofrem com a impermeabilidade do solo.

Com base nos relatos, o mapa da mancha falada (figura 24) foi delimitado marcando, principalmente, as ruas atingidas por alagamentos, nos eventos de chuva. Como pode ser visto nos mapas de elevação, as ruas são os pontos mais baixos do bairro e, naturalmente, serão os locais onde haverá maior concentração de água.

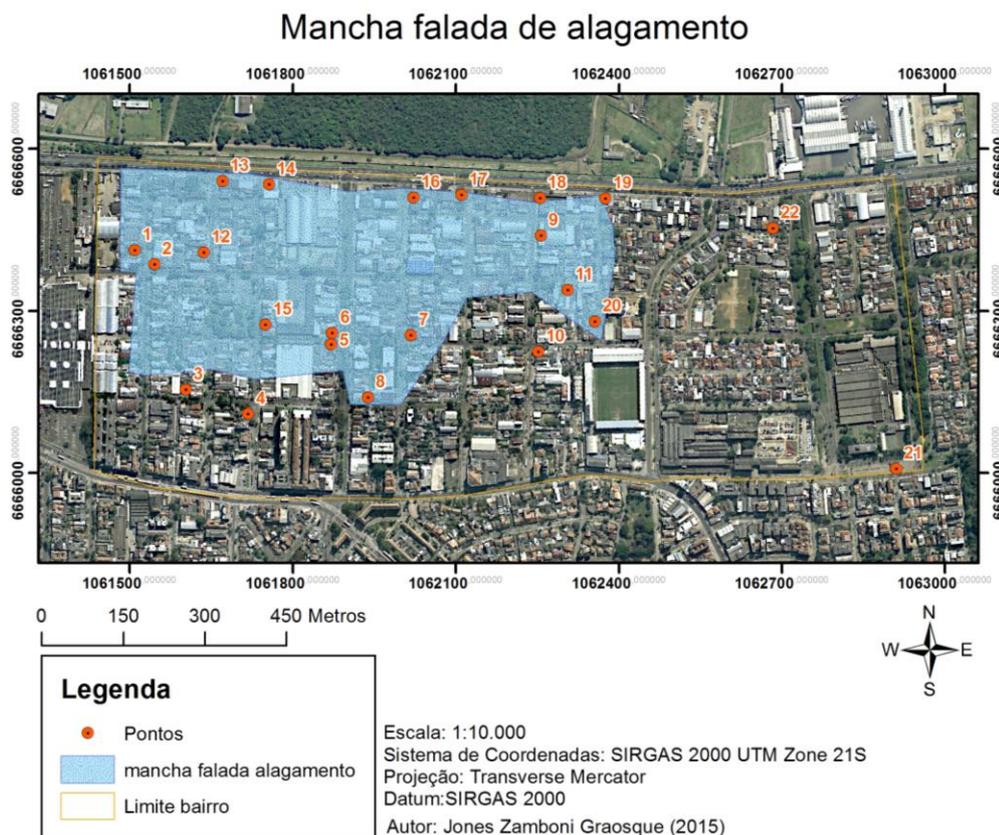


Figura 24: Mancha falada de alagamento, Santa Maria Goretti – Porto Alegre.

Com base no mapa de mancha falada, foi elaborado outro mapa indicando a suscetibilidade de cada uma das ruas onde os alagamentos foram relatados. O

mapa de suscetibilidade foi dividido em três classes, alta, média e baixa suscetibilidade a alagamentos.

Foram inclusos na categoria “alta” aquelas ruas onde a água pode atingir ou ultrapassar 1 m de altura. Estas ruas normalmente estão em uma cota mais baixa que o restante da área do bairro, sendo estas então, as primeiras a sofrer com o problema em dias de chuva.

Aquelas ruas onde foram relatadas que a água pode atingir até 50 cm a partir do ponto mais baixo (rua) foi considerado de “média” suscetibilidade. Estas são áreas que são um pouco mais altas que as de alta suscetibilidade. Existe um fluxo em direção às áreas mais baixas, diminuindo o impacto nas áreas classificadas como “média” e assim a água sobe o suficiente para cobrir a calçada, porém não invade o terreno dos imóveis.

As áreas classificadas como “baixa” suscetibilidade são aquelas onde o alagamento atinge somente a rua, no máximo uma parte da calçada, e nestas foram relatadas uma frequência menor de eventos de alagamento, já que para alagar consideravelmente precisa chover muito mais que o normal e em um período muito curto.

Considera-se importante a classificação do alagamento, pois podem ser identificadas às áreas prioritárias para ação de medidas que visam evitar estes eventos.

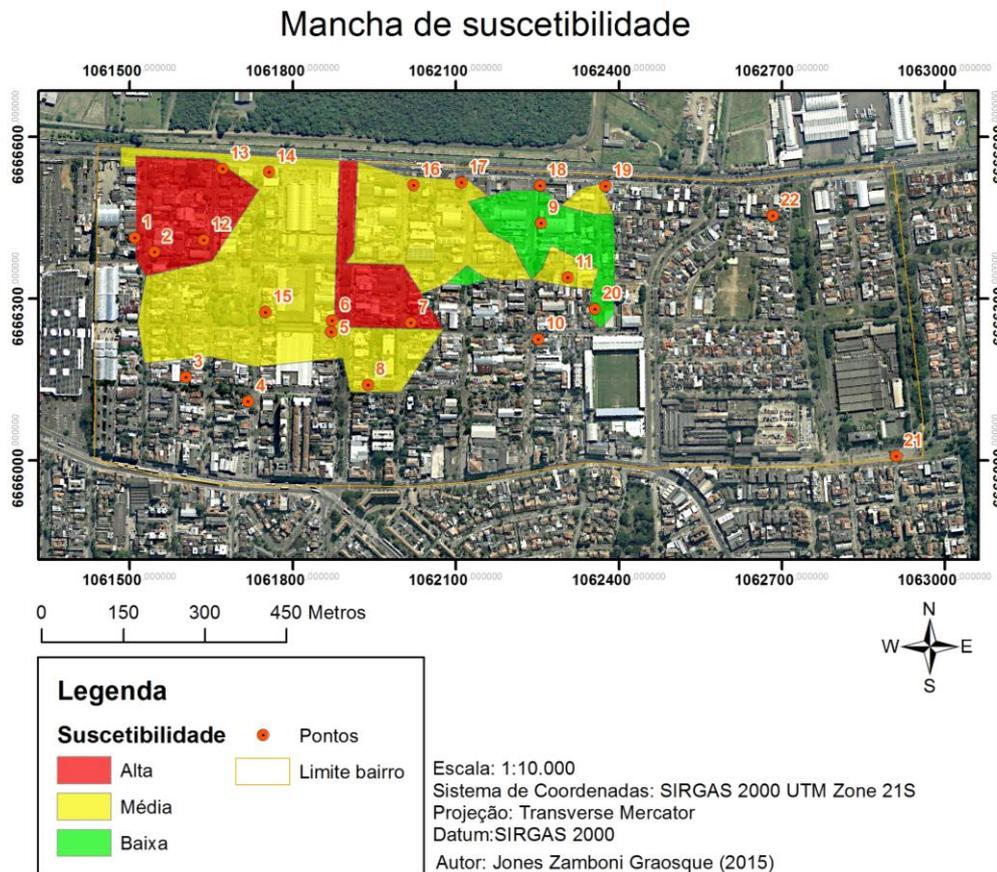


Figura 25. Suscetibilidade a alagamento, Santa Maria Goretti – Porto Alegre.

Percebe-se que as áreas suscetíveis se encontram mais próximas à Avenida Sertório, na porção mais noroeste do bairro. De acordo com Oliveira (2007) áreas como a Rua São Gonçalo, próximo à Avenida Sertório são consideradas de alta suscetibilidade. Porém neste trecho, o Arroio da Areia foi enterrado em forma de conduto, e este foi ampliado para comportar todo fluxo de água da sub-bacia, portanto a ocorrência de alagamento pode ser baixa.

Embora várias ruas tenham sido relatadas por sofrerem com alagamentos, é necessário classificar os níveis de alagamento em cada região do bairro. Alguns entrevistados informaram que a água entra nos estabelecimentos, sejam comerciais ou residenciais, e danificam móveis e equipamentos diversos.

Nos pontos 2 e 13 foram ouvidos muitos relatos de documentos e equipamentos como geladeiras e motores perdidos por causa dos alagamentos. Nestes casos, onde a água entra nos estabelecimentos, foi classificado como de alta vulnerabilidade. Também foram consideradas áreas vulneráveis aquelas próximas

à escolas, pois o público frequentador destes locais está mais exposto aos riscos de eventos de alagamento.

Nas ruas onde a água cobre a pavimentação e a calçada por completo, sem dar chance para o trânsito de carros, ou dificultando o caminho dos pedestres, foi considerada média vulnerabilidade, já que os problemas se resumem em eventuais perdas de carros estacionados nestas ruas, pessoas precisando se arriscar caminhando em calçadas alagadas, etc. Importante salientar que as ruas incluídas nesta classificação não tiveram relatos de água no interior de casas ou comércio, por isto não haveria riscos de perdas de móveis, eletrodomésticos ou qualquer outro dano no interior dos imóveis.

Nos locais onde o alagamento foi relatado como cobrindo no máximo metade da calçada de pedestres, foi classificado como baixa de vulnerabilidade. Nessas áreas os problemas se restringem ao trânsito de carros e a dificuldade de locomoção das pessoas, no entanto não significa que os pedestres precisam caminhar por dentro do alagamento.

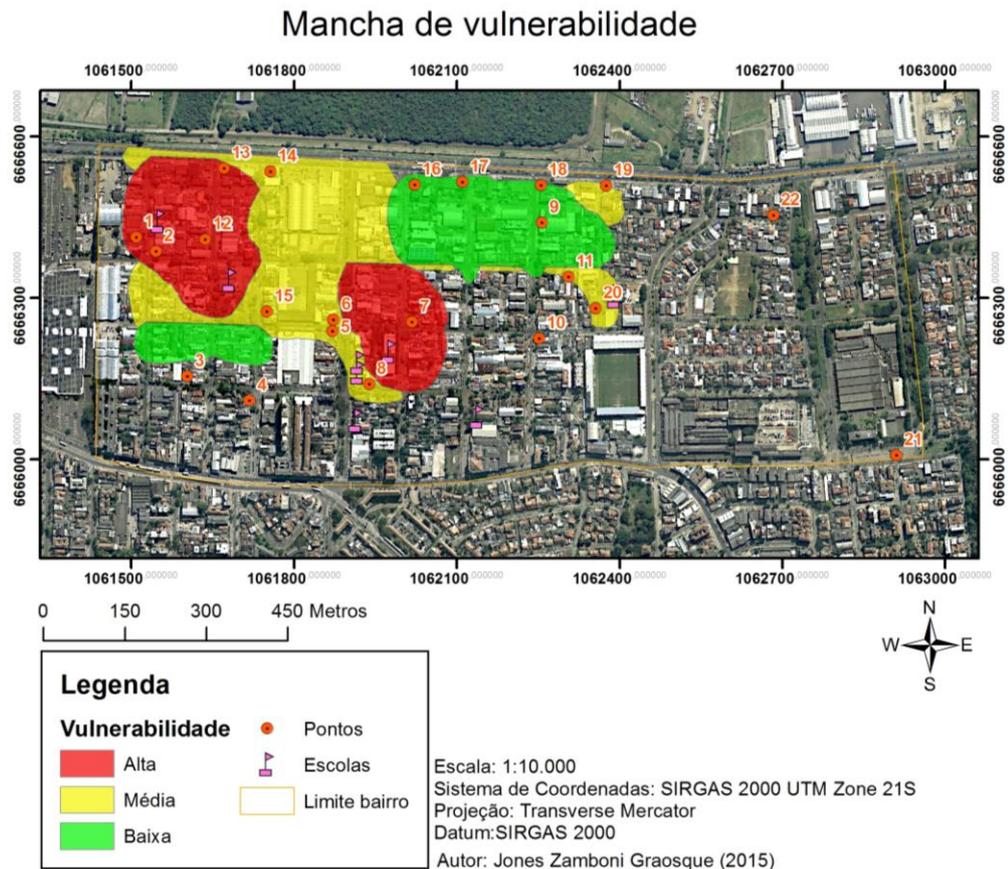


Figura 26. Mapa de vulnerabilidade com base dos relatos, Santa Maria Goretti, Porto Alegre.

Destacam-se dois pontos com maior vulnerabilidade, identificados com um círculo na figura 27. Nessas áreas a vulnerabilidade é aumentada, pois existem escolas por perto, os prejuízos relatados foram maiores e a lâmina de água chega a atingir 50 cm dentro dos estabelecimentos.

## Mapa de vulnerabilidade

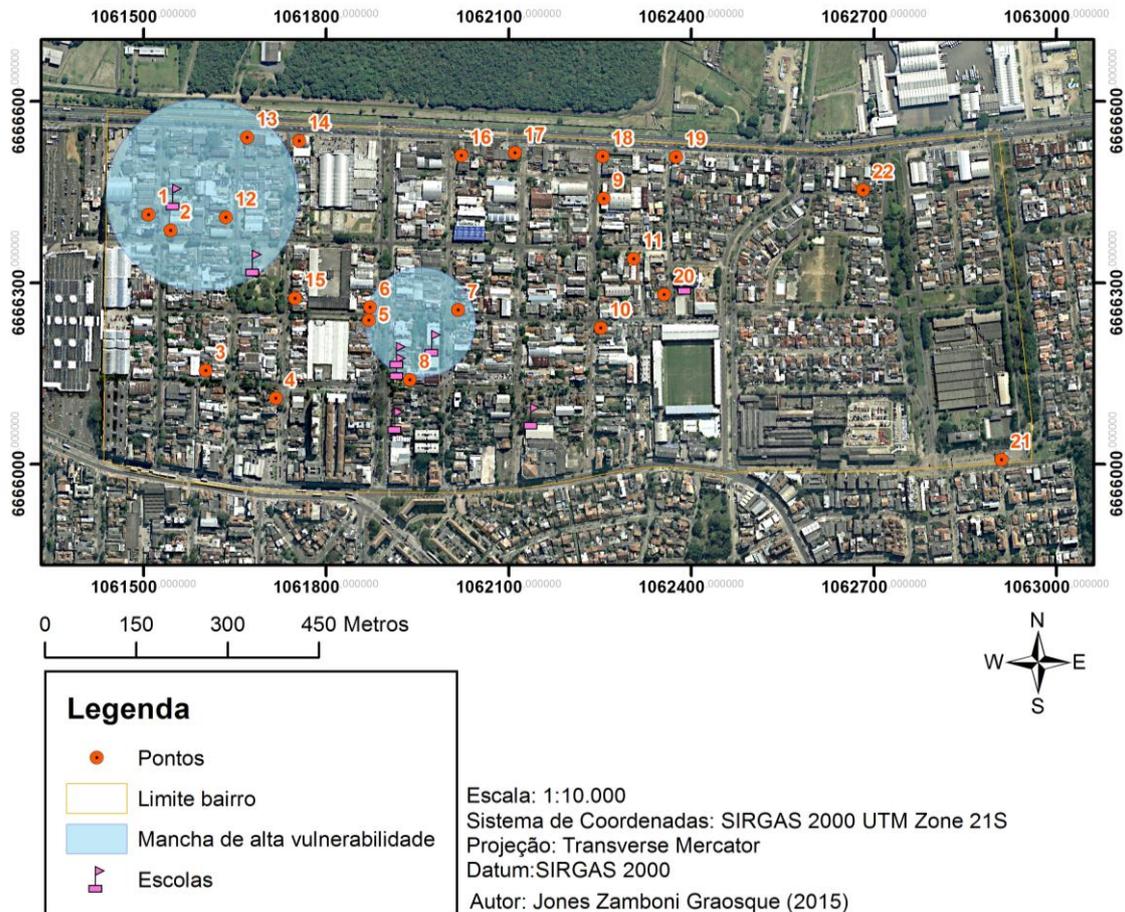


Figura 27. Áreas de alta vulnerabilidade a alagamentos, Santa Maria Goretti – Porto Alegre.

### 5.4 Alternativas para controle de alagamentos

De acordo com o PDDU (2002) e Oliveira (2007) existem três alternativas para contenção de alagamentos na Sub-bacia do Arroio da Areia, e conseqüentemente, no bairro Santa Maria Goretti. A primeira seria a ampliação de toda a rede de forma a dar vazão a todo o escoamento gerado, considerando um período de retorno (TR) correspondente a 10 anos. A segunda é a construção de reservatórios distribuídos ao longo da sub-bacia, e a terceira é a combinação das duas primeiras alternativas.

Ainda de acordo com o mesmo documento, são citadas algumas medidas não estruturais como, por exemplo, a contenção do aumento da vazão. Essa proposta foi

apresentada no Plano Diretor de Drenagem Urbana (DEP, 2005), e prevê um regulamento que visa reduzir as vazões de lotes ou loteamentos na aprovação de qualquer projeto junto a Prefeitura. Deste modo, o escoamento tende a manter-se no mesmo nível e não atingir níveis preocupantes, como descritos no Plano Diretor de Drenagem.

De acordo com TUCCI (2000) o pavimento permeável aparece como alternativa para áreas que alagam, já que a tendência moderna na área de drenagem urbana é a manutenção das condições de pré-desenvolvimento, atuando na fonte da geração do mesmo. Para tanto se deve utilizar de dispositivos de acréscimo de infiltração e do aumento de retardo do escoamento. Neste caso, o tipo de dispositivo citado é o pavimento permeável, capaz de reduzir volumes de escoamento superficial e vazões de pico a níveis iguais ou até inferiores aos pesquisados antes da urbanização.

Dos projetos previstos para a Sub-bacia do Arroio da Areia, existe um que foi classificado no PDDU como o mais econômico, hidráulico e ambientalmente adequado. Esta alternativa está resumida no PDDU (2002, p.117). A única estrutura projetada próximo ao bairro Santa Maria Goretti é uma área de amortecimento na Casa de Bombas Sílvio Brum. No entanto, existe no mesmo documento um projeto para aumentar a capacidade da Casa de Bombas, o que impactaria diretamente no bairro Santa Maria Goretti, já que o bairro depende principalmente deste equipamento para auxílio de drenagem.

O PDDU sugere, ainda, o monitoramento constante nos principais cursos da Sub-bacia do Arroio da Areia. Desta forma teríamos melhor controle da vazão atual. Também estão previstos programas de educação da população em relação aos recursos hídricos, sendo um deles a apresentação à população do projeto de controle da sub-bacia.

## 6. CONCLUSÕES

A análise do mapa de mancha falada se mostrou compatível com os dados de altimetria, direção de drenagem superficial e eventos de precipitação. É possível relacionar os relatos com os resultados do processamento de dados quando relacionados aos alagamentos. Como parte dos objetivos deste trabalho é elaborar mapas, com base no relato das pessoas que convivem com o problema de alagamento, o relacionamento destes dados com imagens MDT e outros recursos veio a complementar o mapa de mancha falada.

Ainda sobre os relatos da população, foi feita uma amostra com apenas 22 entrevistas, é importante ressaltar que quanto mais relatos, mais precisos serão os resultados da mancha. Além disso, o conhecimento das pessoas varia bastante, dessa forma torna-se necessário um maior número de relatos para que ele possa ser executado com maior precisão, além de considerar o histórico dos alagamentos por parte da população mais antiga no bairro. Além, é claro, de ter informações quanto às perdas materiais.

Próximo a um dos pontos mais críticos de alagamento, no entorno da Praça Professor Júlio Grau, a praça se comporta como uma área de amortecimento. Além disso, as ruas não asfaltadas podem ser responsáveis por, naquele ponto, a lâmina da água não subir tanto quanto nas áreas próximas.

É importante destacar as áreas em que apresentaram maior suscetibilidade, sendo estas correspondentes ao entorno das Ruas 25 de Julho e São Salvador, principalmente nos pontos mais próximos à Avenida Sertório. Nesta área, as cotas altimétricas são bem baixas e a topografia destes logradouros favorece o represamento da água da chuva. Outro local a destacar é o trecho da Rua São Nicolau, entre a Avenida General Emílio Lúcio Esteves e Rua Morretes. Neste, a cota altimétrica não é tão baixa quanto o primeiro local citado, porém os relatos desta área acusam alagamentos suficientes para invadir prédios e causar prejuízos materiais.

Junto com a suscetibilidade, é importante destacar duas principais áreas (figura 27) de vulnerabilidade elevada no bairro. Estas duas áreas coincidem e localizam-se nos mesmos pontos com as destacadas no mapa de suscetibilidade.

Nestas duas regiões foram onde houve relatos de perdas materiais e próximos a estas áreas existem escolas e creches.

Foi notória a preocupação que cada entrevistado dedicou ao assunto, o que leva a concluir que isto é um grande problema para quem vive no bairro. Desta forma se torna importante a intervenção do poder público para, junto com a população local, agirem juntos para reduzir os prejuízos que as chuvas causam no bairro. Um exemplo disso são os relatos de pessoas, na maioria donos de comércio local, afirmando que gastaram muito dinheiro com aterramentos e medidas antialagamento.

## 7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL - Codificação Brasileira de Desastres, 2012. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/web/guest/defesa-civil/cenad/entenda-os-desastres?inheritRedirect=true>> Acesso em: 09/12/2015

CHANGNON, S.A., Jr. (1968). "The La Porte weather anomaly – fact or fiction?" Bull. Amer. Meteor. Soc. (49), PP.4-11;

ClicRBS, (2015). Chuva forte em pontos de Porto Alegre causa transtornos. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2015/02/chuva-forte-em-pontos-de-porto-alegre-causa-transtornos-4706200.html>> Acesso em: 01/07/2015

Correio do Povo, (2015). Forte chuva causa alagamentos e prejudica trânsito em Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/549738/Forte-chuva-causa-alagamentos-e-prejudica-transito-em-Porto-Alegre->>> Acesso em: 01/07/2015

DEP (Departamento de Esgotos Pluviais). Plano Diretor de Drenagem Urbana – Manual de drenagem urbana. V. IV. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

DUARTE, R.M.(2010). Geoprocessamento no Planejamento Urbano – *Geoprocessamento Aplicado ao Planejamento Urbano em Municípios Brasileiros*. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2010/12/15/geoprocessamento-no-planejamento-urbano/>> Acesso em: 01/07/2015

G1, (2015). Em 2 horas, Porto Alegre recebe mais de 50% da média de chuva do mês. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2015/02/em-2-horas-porto-alegre-recebe-mais-de-50-da-media-de-chuva-do-mes.html>> Acesso em: 01/07/2015

Globo.com, (2015). Chuva causa transtornos no transito em Porto Alegre. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/transito/noticia/2015/07/chuva-causa-transtornos-no-transito-em-porto-alegre.html> Acesso em: 06/12/2015

HASENACK, Heinrich ET AL. (Coord.). Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação/Ocupação e Paisagem. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. 84 p.

HASENACK, H.; FERRARO, L.W. 1998. Clima urbano: ilhas de calor e ventos fortes na selva de pedra. In: Menegat, R. (org.) 1998. *Atlas ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre*, Editora da universidade. P.47-148.

HOLTZMAN, B.G. AND THOM, H.C.S. (1970). "The La Porte precipitation anomaly". Bull. Amer. Meteor. Soc. (51), PP. 335-337;

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Disponível em:  
<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=4314902>> Acesso em: 01/07/2015

INDE, (2015), “IBGE disponibiliza conjunto de mapas das Áreas Urbanizadas do Brasil – 2005”. Disponível em: < <http://www.inde.gov.br/pt/noticias-inde/8290-ibge-disponibiliza-conjunto-de-mapas-das-areas-urbanizadas-do-brasil-2005>> Acesso em: 05/07/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Perfil dos municípios brasileiros. Meio Ambiente, 2002. Disponível em:  
<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/meio\\_ambiente\\_2002/meio\\_ambiente2002.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/meio_ambiente_2002/meio_ambiente2002.pdf)> Acesso em: 06/12/2015

KOBIYAMA, M.; GIGLIO, J.N. Uso de registros históricos para análise de inundações: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, 2011.

LIVI, F.P. Elementos do clima: os contrastes de tempos frios e quentes. In: MENEGAT, R. (Coord). Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS, 1998

LUCENA, A.J.; GUERREIRO, M.; FILHO, O.C.R.; FRANÇA, J.R.A.; PERES, L.F.; NETTO, A.L.C.; SILVA, M.G.A.J. Ilhas de calor e indução a chuvas urbanas na região metropolitana do Rio de Janeiro a partir de imagens Landsat5-TM. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, Brasil, 2011. Disponível em:  
<[https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/5020f9bbb7f62959d054402d6cadedd3\\_38df24595084942eafe518c81e22bce6.pdf](https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/5020f9bbb7f62959d054402d6cadedd3_38df24595084942eafe518c81e22bce6.pdf)> Acesso em: 05/07/2015.

OLIVEIRA, G.G. *Mapa de suscetibilidade a inundações da sub-bacia do arroio da areia, Porto Alegre/RS*. 2007. 96 f. Monografia (Trabalho de conclusão do curso de bacharelado em geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Porto Alegre, RS, 2007.

PDDU (PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA) Bacia do Arroio Areia – Volume IV – Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS – 2002

Portal DEP. Drenagem urbana/Topografia e cheias. Disponível em:  
[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=65](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=65) Acesso em: 01/07/2015

ROCHA, L.S. *Mapeamento de áreas de vulnerabilidade hídrica através do processamento de informações espaciais e registros de ocorrências da defesa civil*. 2013. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador, BA, 2013.

SILVERMAN, B.W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Nova York: Chapman and Hall, 1986.

Trensurb, (2013). Trens retornam circulação normal. Disponível em:  
<[http://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas\\_noticias\\_detalhes.php?codigo\\_sitemap=3618](http://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_noticias_detalhes.php?codigo_sitemap=3618)> Acesso em: 01/07/2015

TUCCI, C.E.M.; ARAÚJO, P.R.; GOLDENFUM, J.A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 5 n.3 – Jul/Set 2000, 21-29.

TUCCI, C.E.M. Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em 27 mai. 2014.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 4: Editora da Universidade/Edusp/ABRH, Porto Alegre, 2000.

VIEIRA, I. M.; KURKDJIAN, M. L. N. O. Integração de dados de expansão urbana e dados geotécnicos como subsídios ao estabelecimento de critérios de ocupação em áreas urbanas. *In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1993, Curitiba. Anais...* Curitiba: SBSR, v. 1, p. 163-171, 1993.

VIEIRA, I. M. Planejamento Municipal e Planos Diretores: A Geotecnologia como Aliada. REVISTA INFOGEO, Curitiba-PR, Edição Especial: Cidades, nov 2006.

ZANARDI, R.P. Análise da qualidade dos modelos digitais de terreno e de superfície do município de Porto Alegre. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2010. Disponível em: [http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/190/CT04-5\\_1404439404.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/190/CT04-5_1404439404.pdf)

ZANON, Fernanda Nicola – Uso e ocupação da terra e vulnerabilidade a alagamento na área central da cidade de São Paulo: o caso da subprefeitura Sé / Trabalho de conclusão de curso (bacharelado – Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Rio Claro, 2014

## 8. ANEXOS

O questionário aplicado pelo método de mancha falada foi o seguinte:

- 1 – Qual é a área onde alaga? (Limites de alagamento)
- 2 – Qual é a altura da lâmina de água? (Indicar possíveis marcas do último alagamento)
- 3 – Existe alguma estação do ano ou mês em que alagamentos são mais frequentes?
- 4 – Os alagamentos ocorrem mais de uma vez ao ano?
- 5 – Em média, quanto tempo demora para a água escoar?
- 6 – Existem registros de danos materiais?