

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA



Trabalho de Conclusão de Curso

**Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e
Alagamentos de Pelotas-RS**

Henrique Zanotta Hansmann

Pelotas, 2013

HENRIQUE ZANOTTA HANSMANN

**Descrição e Caracterização das Principais Enchentes e
Alagamentos de Pelotas-RS**

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Andréa Souza Castro

Pelotas, 2013

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Andréa Souza Castro - Centro de Engenharias/UFPel

Prof. Dr. Amauri Antunes Barcelos - Centro de Engenharias/UFPel

Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Fraga Damé - Centro de Engenharias/UFPel

“Quando há expansão urbana sem limites, a natureza por si só, impõe os seus.”

Henrique Z. Hansmann

AGRADECIMENTOS

À minha Orientadora Dr.^a Andréa Souza Castro, pela orientação, dedicação e paciência durante a elaboração da monografia.

À Dr.^a Luciara Bihalva Corrêa, professora da disciplina de Projeto Integrado (TCC), pelo dedicação e valiosas contribuições.

Ao engenheiro do SANEP, Cláudio Adir Tajes Sousa, pelas contribuições pertinentes ao assunto.

Ao funcionário do SANEP, Aldemir Silveira titular da Coordenadoria de Esgotos Pluviais, pelas suas contribuições.

Ao coordenador do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Érico Kunde Corrêa, pelo apoio.

À Prof^a. Dr.^a Rita de Cássia Fraga Damé e ao Prof. Dr. Amauri Antunes Barcelos, pela a participação na banca examinadora.

Aos meus familiares, especialmente a minha avó e meu falecido avô, pelo apoio, carinho e incentivo durante minha jornada.

Aos meus colegas e amigos, pelo companheirismo e apoio durante toda fase acadêmica.

RESUMO

HANSMANN, Henrique Zanotta. **DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS ENCHENTES E ALAGAMENTOS DE PELOTAS-RS.** 2013. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Pelotas – RS apresenta um histórico significativo de inundações, que até hoje assolam a cidade trazendo prejuízos à boa parte de sua população. A cidade iniciou seu processo urbanização de forma equivocada, ou seja, as margens dos rios e arroios, locais que hoje seriam denominados de áreas de preservação permanente (APP's). Portanto, o estudo buscou analisar de forma geral os principais eventos de precipitação e os problemas causadas no município em relação a deficiência da drenagem, nestes eventos. Dentre os fatores agravantes de inundações pode-se citar topografia plana da cidade, o descarte incorreto dos resíduos sólidos e o crescimento da vegetação que danifica e satura os sistemas da microdrenagem, a frequente supressão da vegetação e impermeabilização do solo vem aumentando o escoamento superficial e diminuindo a infiltração das águas pluviais e as ocupações irregulares em áreas de risco de inundações.

No presente estudo, foram analisados doze eventos que causaram inundações na zona urbana de Pelotas. Para tanto utilizou-se dados históricos coletados nos principais jornais da época, começando a partir do ano de 1941 até o ano de 2009. Verificou-se que do total de doze eventos analisados, nove eventos (75%) tiveram ocorrência em anos de El Niño, indicando assim, sua influência aos eventos com maiores durações e volumes acumulados de precipitação. Notou-se também que, a Avenida Saldanha Marinho (centro), situada no antigo leito do arroio Santa Bárbara, apresentou maior incidência de inundações, com 42% de frequência, seguido das áreas próximas aos arroios e canais da cidade. Além disso, a estação do ano com maior ocorrência dos eventos foi o outono (38%), sendo que nos meses de abril e maio foram 25% de ocorrência. Com os resultados encontrados, observou-se que a evolução dos sistemas de proteção contra enchentes reduziu a frequência das enchentes, já os alagamentos ainda assolam a cidade o que nos mostra que ainda há muitas obras de drenagem a serem feitas.

Palavras chave: Inundações, El Niño, Urbanização

ABSTRACT

HANSMANN, Henrique Zanotta . **DESCRIPTION AND CHARACTERIZATION OF MAJOR OVERFLOW AND FLOODING OF PELOTAS-RS.** 2013. 63f. Thesis of Graduation in ENVIRONMENTAL AND SANITARY ENGINEERING. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Pelotas - RS has a significant history of inundations, which currently devastate the city bringing harm to much of its population. The city began its process of urbanization in a wrong manner, in other words, at the margins of rivers and streams, locations that today would be called the Permanent Preservation Areas (PPA). Therefore, this study sought to examine generally the major precipitation events and the problems caused at Pelotas county in relation of a scarce drainage during these events. Among aggravating flood factors can be mentioned the flat topographic of the city, incorrect destination of solid waste and growth of vegetation that clog and saturate the micro drainage systems, the permanent removal of vegetation and soil sealing which increases runoff and decreases infiltration rainwater and the irregular occupation by inhabitants in areas with risk of floodings.

The present study analyzed twelve events that caused inundations in the urban area of Pelotas. For this it is used the historical data collected from the main newspapers of the time, starting in the year of 1941 until the year 2009. It can be verified that from the total of twelve events analyzed, nine (75%) had occurred in El Niño years, thus indicating its influence in events with larger durations and volumes of accumulated precipitation. It can also be seen that the Saldanha Marinho Avenue (central location in Pelotas County), located in the old bed stream of the Santa Barbara brooklet had a higher incidence of floodings (42%), followed by the areas close to the streams and canals. In addition to this, the season of greatest occurrence of events, was Autumn (38%), the months of April and May (25%). Based on these results, it can be observed that there has been an evolution in overflow protection systems to reduce the frequency of overflow. But, even though, floodings still plague the city which shows us that there are still many drainage works to be done.

Keywords: Inundations, El Niño, Urbanization

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos.....	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1	O processo de urbanização	15
3.2	Inundações na Zona Urbana.....	17
3.3	Saneamento Básico e drenagem urbana	18
3.4	Resíduos sólidos e drenagem urbana.....	21
3.5	Influência do El Niño nas chuvas da região sul.....	24
3.6	Microdrenagem	24
3.7	Macrodrrenagem	25
3.8	Controle de Enchentes.....	26
4.	METODOLOGIA	28
4.1	Descrição geral da área em estudo.....	28
4.2	Caracterização do Clima de Pelotas	33
4.3	Descrição do sistema de proteção de cheias da cidade	34
4.4	Panorama cronológico do sistema de proteção contra enchentes de Pelotas.	
4.4	34	
4.5	Plano de coleta de dados.....	37
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1	Caracterização dos eventos selecionados	43
6.	CONCLUSÕES	54
7.	REFERÊNCIAS	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Ilustração cronológica do processo de urbanização de Pelotas.....	16
Figura 3.2: Processos que ocorrem numa área urbana.	21
Figura 4.1: Mapa de Localização de Pelotas no Estado e Zona Urbana no Município.	28
Figura 4.2: Mapa das Bacias Hidrográfica do Brasil. Fonte: Agência Nacional de Águas(2003).....	30
Figura 4.3: Zonas de relevo no município de Pelotas/RS.	32
<i>Figura 4.4: Mapas ilustrativos do Sistema de Drenagem e Proteção contra Enchentes de Pelotas.</i>	36
Figura 4.5: Planta da Zona Urbana de Pelotas com os pontos críticos de alagamentos e casas de bombas marcados segundo a legenda.....	37
Figura 4.6: Ilustração das etapas da metodologia da pesquisa.....	38
Figura 5.1: Volume precipitado e duração de cada evento analisado.	40
Figura 5.2: Volume precipitado e duração de cada evento analisado.	41
Figura 5.3: Volume precipitado e duração de cada evento analisado.	42
Figura 5.4: Volume precipitado e duração de cada evento analisado.	43
Figura 5.5: Precipitação dos acumulados em cada dia do evento de 1941.	44
Figura 5.6: Imagens que mostram Zona do Porto durante a enchente de 1941.	45
Figura 5.7: Imagem ilustrando a enchente na Vila Castilhos durante o evento de 1956.	46
Figura 5.8: Precipitação dos acumulados em cada dia do evento de 1990.	48
Figura 5.9: Precipitação dos acumulados em cada dia do evento de 1998.	51
Figura 5.10: Precipitação dos acumulados em cada dia do evento de 2004.	52
Figura 5.11: Enchente na cidade de Pelotas (2004).	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Massas de ar que atuam na região de Pelotas e as principais características.....	33
Tabela 5.1: Principais áreas afetadas de Pelotas de acordo com notícias do Jornal Diário Popular.....	40

SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA: Agência Nacional das Águas

APP: Área de Preservação Permanente

CEFET: Instituto Federal Sul-Riograndense

CURA: Comunidades Urbanas de Recuperação Acelerada

DNOS: Departamento Nacional de Obras e Saneamento

EAP- Estação Agroclimatológica de Pelotas

ETA : Estação de Tratamento de Água

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE: Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais

Hab: Habitantes

PDU: Plano Diretor de Urbanismo

PNSB: Plano Nacional de Saneamento Básico

SANEP: Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas

SESI : Serviço Social da Indústria

SMSU: Sistema Municipal de Saneamento e Urbanismo

UFPEL: Universidade Federal de Pelotas

1. INTRODUÇÃO

A modificação do ambiente natural pelo rápido crescimento populacional urbano, não planejado, tem trazido como resultado grandes impactos ambientais e sanitários para sociedade brasileira quando o assunto é drenagem urbana. Segundo Andrade et. al (2009) é importante o planejamento de um sistema de drenagem pluvial desde o início da formação do planejamento urbano, pois é bastante provável que este sistema ao ser projetado posteriormente, apresente um alto custo de implantação e seja deficiente devido às condições a serem contornadas na sua execução, sendo conveniente, para a comunidade, que a área urbana seja planejada de forma integrada. De acordo com um estudo realizado pelo IBGE (2000) verificou-se que a maioria dos municípios brasileiros possuem algum tipo de serviço de drenagem urbana (78,6%), independentemente, da extensão de suas redes e eficiência do sistema de forma geral.

Dentre os impactos causados pela urbanização, podemos citar: a questão da impermeabilização devido a urbanização, falta de planejamento do uso do solo que acarreta em grande produção de sedimentos e resíduos sólidos dispostos de maneira inadequada que, provocam a saturação tanto no sistema da microdrenagem como no da macrodrenagem.

A impermeabilização do solo que ocorre em zonas urbanas contribui para a diminuição do tempo de concentração e o aumento dos volumes escoados superficialmente, gerando um aumento no pico da vazão a jusante da bacia hidrográfica. Para Tucci (2004) a consequência é que esse aumento de vazão acaba gerando uma sobrecarga no sistema de drenagem, que na maioria das vezes não comporta o crescimento urbano. Outro aspecto problemático, é a existência de grande quantidade de resíduos sólidos que são levados às redes pela água pluvial, devido a falta de educação ambiental da população, provocando a deterioração do sistema e, consequentemente, agravando os alagamentos localizados.

Em nível de Brasil, foram tomadas poucas medidas alternativas e preventivas para o controle do lixo e para a sua retirada do sistema, campanhas de conscientização da população ainda não ganharam a devida importância. Nesse sentido pode-se citar, o caso da coleta seletiva que ainda tem muito a evoluir e por

consequência, contribuir com a preservação do meio ambiente e campanhas de conscientização em projetos isolados de estruturas de contenção de resíduos em cursos d'água, além da existência de um sistema de coleta domiciliar e de limpeza urbana periódicos (TUCCI et al., 2007).

A resposta, normalmente, adotada pelos planos diretores, para soluções estruturais em drenagem urbana, é de implantar obras de galerias e canalizações que acelerem o escoamento e o deslocamento rápido dos picos de cheias para os corpos d'água da jusante. Essa visão “higienista” trivialmente é seguida pelos responsáveis pela drenagem de águas pluviais, para tentar solucionar o problema da perda do armazenamento natural (SHEAFFER e WRIGHT, 1982 apud CANHOLI, 2005). Atualmente, foi visto que essa visão, citada anteriormente, transfere o problema para jusante, sobrecarregando o sistema nesse local e, por consequência, causa problemas para população que reside dentro ou próximo do mesmo.

Os conceitos chamados de “inovadores” mais utilizados para readequação ou aumento da eficiência hidráulica dos sistemas de drenagem têm por finalidade promover o retardamento dos escoamentos, de modo a aumentar os tempos de concentração e diminuir as vazões máximas. Além disso, a redução dos volumes de enchentes por meio da retenção em reservatórios e o controle da velocidade de escoamento no local da precipitação, acarreta melhoria das condições de infiltração (CANHOLI, 2005).

Estas medidas “inovadoras” tem sido muito utilizadas em países da Europa e Estados Unidos da América. Já no Brasil, as técnicas de reservação não são tão difundidas, contudo, algumas experiências de implantação de medidas de controle na fonte têm sido verificadas em cidades brasileiras, tais como Porto Alegre, Belo Horizonte, São Paulo, Guarulhos e Caxias do Sul, que hoje apresentam em diferentes estágios de abordagem essas medidas. Mesmo com essa evolução da drenagem urbana em algumas cidades, segundo IBGE (2000) somente 7,5% dos municípios brasileiros utilizam reservatórios de acumulação ou detenção (TUCCI et al. 2007).

O presente estudo, realizado na cidade de Pelotas, município brasileiro de porte médio, localizado ao sul do Estado do Rio Grande do Sul. Que apresenta

topografia, predominantemente, plana e encontra-se em altitude baixa, variando do nível do mar à beira do Canal São Gonçalo até a cota de 9,5m na referida Praça Coronel Pedro Osório, e à cota 27m na Vila Princesa no extremo norte da zona urbana. Devido às baixas altitudes (dados registrados no levantamento aerofotogramétrico de 1995), Pelotas fica, constantemente, sujeita às inundações (SOUZA, 2008).

O município está situado às margens do Canal São Gonçalo, que liga a Laguna dos Patos e Lagoa Mirim. As bacias contribuintes da laguna e do Canal recebem 70% do volume de águas fluviais do Rio Grande do Sul (SANEP, 2013).

Diante disso, o grande desenvolvimento urbano que ocorreu nos últimos anos na cidade de Pelotas gerou uma grande área de solo impermeabilizado, diminuindo a infiltração no solo, onde um maior volume de água pluvial é escoada superficialmente. Sendo assim, grandes áreas de alagamentos são geradas com eventos de precipitação mais intensos, trazendo danos ao tráfego, às moradias e ao comércio. Além disso a disseminação de doenças decorrentes do contato direto da população com água contaminada, tais como leptospirose, a febre tifoide, hepatite, dentre outros.

O sistema de drenagem urbana de Pelotas é composto por macro e micro drenagem. A macrodrenagem se compõe dos rios, canais e grandes galerias. Essas se dirigem para uma estação elevatória, de onde a água da chuva é bombeada para o Canal São Gonçalo. A microdrenagem é composta por sarjetas, bocas de lobo e galerias menores. É constituído por oito casas de bombas, o sistema de drenagem urbana de Pelotas. O sistema ,teoricamente, é independente absoluto, isto é, onde as águas pluviais tem cursos distintos do esgoto cloacal, porém na prática não se verifica essa afirmação (SANEP, 2013).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo estudar os principais eventos de precipitação que causaram inundações em certos bairros do município de Pelotas, bem como analisar os fatores agravantes e propor hipóteses e medidas mitigatórias para evitar esse problema que assola a sociedade durante períodos de precipitações intensas.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar quantitativamente os dados históricos das principais inundações na região de Pelotas;
- Analisar as principais evoluções do sistema de drenagem do município;
- Identificar as deficiências na macrodrenagem e microdrenagem da cidade;
- Verificar se os principais eventos tiveram ligação com fenômeno climático El Niño.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O processo de urbanização

O início do processo de povoamento nas margens do São Gonçalo começou em decorrência da Colônia de Sacramento, no Uruguai. Antes de terminar a disputa territorial entre Portugal e Espanha, em 1777 quando foi assinado o Tratado de Santo Idelfonso, os portugueses já haviam se refugiado na região. Em 1780, o português José Pinto Martins, que havia abandonado o Ceará em virtude da seca, instala às margens do Arroio Pelotas a primeira Charqueada. A prosperidade do estabelecimento, favorecida pela localização, estimulou a criação de outras charqueadas e o crescimento da região, dando origem à povoação que demarcaria o início da formação da Freguesia de São Francisco de Paula, fundada em 1812 por iniciativa do padre Pedro Pereira de Mesquita, foi elevada à categoria de Vila em 1832. Todavia em 1835, o Presidente da Província, Antônio Rodrigues Fernandes Braga, outorgou à Vila os foros de cidade, com o nome de Pelotas (PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2013).

As charqueadas, século XIX, tiveram um papel fundamental no processo de desenvolvimento e formação do espaço urbano. Situadas ao longo da margem esquerda do canal São Gonçalo, conforme o passar do tempo houve um adensamento populacional, o que acarretou em grandes áreas periféricas, loteamentos irregulares, habitados por população de baixa renda que, até hoje, fazem partes das áreas sujeitas à inundações (HECK et al., 2012). A figura 3.1 representa a linha do tempo de urbanização de Pelotas.



Figura 3.1: Ilustração cronológica do processo de urbanização de Pelotas.

Ao analisar o histórico de urbanização da região de Pelotas podemos verificar que a cidade, assim como a maioria das cidades brasileiras, se desenvolveu às margens dos rios e arroios, áreas que hoje seriam consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP áreas respeitam os limites de inundação do leito maior dos rios e arroios). Portanto o povoamento da região começou de forma irregular, e sem planejamento, além da substituição do ambiente natural por um ambiente construído, favorecendo a interferência do ciclo hidrológico no local, tanto pela impermeabilização do solo, quanto da ocupação às margens dos rios, acarretando em problemas referentes a drenagem pluvial do local.

De acordo com Tucci (2000), com a crescente urbanização das cidades, a grande maioria dos municípios brasileiros começaram a apresentar problemas de drenagem urbana decorrentes da má condução ou inexistência dos projetos municipais de infraestrutura. No momento em que uma área rural é transformada em área urbana, são construídas áreas impermeáveis e condutos que modificam o escoamento da água precipitada em direção aos rios.

Essa era a concepção dos projetos de drenagem ensinados aos engenheiros na maioria das escolas de engenharia, sendo que ainda existem alguns projetos de drenagem urbana são desenvolvidos com a ideia de que a melhor drenagem é a que retira a água do local o mais rápido possível. Com este fundamento, que em algumas vezes é inapropriado, a urbanização de uma área tem contribuído para ocorrência de inundações mais rápidas, frequentes e de maior magnitude em distintos pontos da cidade. As estruturas de controle na fonte devem

ser projetas juntamente com a ideia de drenagem urbana tradicional, para que assim haja um controle adequado das águas urbanas.

Castro (2011) afirma que a urbanização reduz a cobertura vegetal e, consequentemente, modifica o ciclo hidrológico, pelas mudanças das quantidades de água inseridas nos processos integrados ao ciclo. No momento que temos um ambiente impermeabilizado, verifica-se uma maior parcela de água pluvial direcionada a um escoamento superficial, devido a redução da vegetação interferindo nos processos de interceptação, de infiltração e de evapotranspiração pela remoção da proteção natural. Em virtude deste processo, tem-se uma elevação nos volumes escoados que está interligado diretamente a redução do tempo de concentração, resultando em críticos hidrogramas de cheias.

3.2 Inundações na Zona Urbana

As inundações ocorrem naturalmente conforme o comportamento do rio, ou pode ser intensificada pelo processo de urbanização. Desse modo, Tucci e Bertoni (2003) consideram dois tipos de inundações: *inundações de áreas ribeirinhas* e as *inundações devido à urbanização*, ambas podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada em áreas urbanas.

As inundações ribeirinhas são processos de ocorrência natural e acontecem normalmente em bacias de grande e médio porte, áreas onde a declividade é baixa e a seção de escoamento é pequena. Quanto se tem uma precipitação muito intensa a qual ultrapassa a capacidade de drenagem do rio, consequentemente, resultará em inundação nas áreas ribeirinhas. Os impactos acarretados por esse tipo de inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual as mesmas ocorrem.

Já as inundações devido à urbanização são processos diretamente relacionados com as atividades antrópicas realizadas nas áreas urbanas. Ocorrem em bacias pequenas, com exceção para as grandes cidades. Esse tipo de inundação acontece à medida que a população impermeabiliza o solo, o que diminui sua infiltração e, portanto, acelera o escoamento, aumentando a vazão nos condutos e dificultando assim, a drenagem do local (Tucci e Bertoni, 2003).

Pela visão de Pompêo (2000) as enchentes são fenômenos naturais os quais sempre ocorreram na natureza, provocados por chuvas de elevada magnitude. Já em áreas urbanas, as enchentes normalmente acontecem, por consequência de precipitações intensas com altos períodos de retorno ou em virtude de mudanças no ciclo hidrológico, nas zonas a montante das áreas urbanas, que causa transbordamento de cursos d'água, ou ainda, devido à urbanização.

Os alagamentos são definidos como acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ou não ter relação com processos de natureza fluvial (Ministério das Cidades, 2007). Os problemas de alagamentos estão inseridos no cotidiano da população brasileira, seja ela do interior ou da capital. Segundo Castro (2003), “*os alagamentos são frequentes nas cidades mal planejadas ou quando crescem explosivamente, dificultando a realização de obras de drenagem e de esgotamento de águas pluviais*”. Como fatores influentes desse fenômeno, podemos citar a substituição de grandes áreas verdes por construções civis, que através da impermeabilização do solo e das construções de condutos e canais, os quais geram escoamentos, e automaticamente aumentam o pico da vazão máxima.

Segundo Amaral e Ribeiro (2009), as principais combinações de condicionantes de probabilidade de ocorrência de inundação, encheite e alagamento são os condicionantes naturais: formas do relevo; características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e o teor de umidade; presença ou ausência da cobertura vegetal; E os condicionantes antrópicos: uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água; disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água; alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outras).

3.3 Saneamento Básico e drenagem urbana

O setor de drenagem urbana está inserido nas vertentes do saneamento, porém as políticas locais ainda não o priorizam. A Constituição Brasileira pela Lei nº. 11.445/2007 definiu o saneamento como: “o conjunto dos serviços, infraestrutura e

instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais". Esta lei visa incentivar a universalização dos serviços de saneamento básico, para que todos tenham acesso ao abastecimento de água de qualidade e em quantidade suficientes às suas necessidades, à coleta e tratamento adequado do esgoto e do lixo, e ao manejo correto das águas das chuvas.

De acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (2008), há uma grande correlação entre as ações de saneamento com as de saúde, habitação, meio ambiente, recursos hídricos e outras. Dessa forma, os planos, os programas e as ações nestes assuntos devem ser adequados com o Plano Diretor do município e com planos de manejo das bacias hidrográficas em que está inserido o Planejamento de Drenagem Urbana.

Justino (2004), relata que os Planos Diretores estão voltados à interferência no processo de desenvolvimento local, envolvendo uma visão geral dos fatores políticos, econômicos, financeiros e territoriais que dirigem a situação do município.

Nota-se que a gestão das cidades é realizada em decisões isoladas, não há um planejamento integrado, resultando em elevados custos de implantação de projetos de drenagem. Segundo Tucci et al. (2007) o gerenciamento da drenagem deve estar integrado ao gerenciamento do espaço urbano.

Tucci (2003) relata que para implantar medidas sustentáveis na cidade faz-se necessário articular o Plano Diretor de Drenagem Urbana, e o Plano deve se basear nos principais princípios: o planejamento e o sistema de controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo; os novos desenvolvimentos não podem elevar a vazão máxima de jusante; o planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade; o controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos. O Plano Diretor deve ser desenvolvido utilizando medidas não-estruturais (principalmente a legislação) para os novos desenvolvimentos (loteamentos e lotes) e medidas estruturais por sub-bacia urbana da cidade.

Segundo o IBGE (2008), os projetos de drenagem urbana são elaborados pelos Planos Diretores de Urbanização (PDU's) ou de Uso do Solo Urbano. Dos

5.507 municípios brasileiros, apenas 841 possuem PDU's (15,3%), sendo que destes, apenas 489 apresentam data posterior a 1990 (8,9%). Porém, os planos vigentes, na maior parte, estão voltados diretamente para aspectos estéticos, sem uma abordagem mais profunda nas questões ambientais e, principalmente, de drenagem.

Seguindo os conceitos de Milograma (2001), dentre as diretrizes do Plano Diretor de Urbanização (PDU), que visam o desenvolvimento urbano e a qualidade de vida, evidenciam-se aquelas referentes a organização do território municipal urbano, a preservação do meio ambiente e da cultura, a urbanização, a regularização e a titulação das áreas deterioradas (preferencialmente sem a remoção dos moradores), a participação da população no planejamento e o controle da execução dos programas a elas pertinentes, as políticas de orientação da formulação de planos setoriais para provimento e prestação de serviços públicos e a reserva ambiental de áreas urbanas para implantação de projetos especiais de cunho social.

O desenvolvimento urbano planejado para o município está diretamente relacionado às normas de controle e ocupação do solo que, associado com as diretrizes do plano diretor é o elemento base para a elaboração da legislação urbanística, o qual o conteúdo deverá estabelecer: Os limites das áreas urbanas do município; as formas de parcelamento do solo nessas áreas; as formas de ocupação e a utilização do solo; os padrões construtivos compatíveis com a salubridade e a segurança das edificações; a regulação das relações entre os cidadãos e a cidade, e entre o cidadão e os seus iguais; a identificação de área onde estejam ocorrendo ações que prejudiquem o meio ambiente urbano e rural.

Para Souza (2008), Pelotas teve uma urbanização acelerada sobre o leito maior do antigo Arroio Santa Bárbara, as obras de proteção de cheias previstas pelo Projeto Santa Bárbara não foram realizadas, o que ocasiona riscos à população que reside no local. O município de Pelotas elaborou pelo menos três Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano (PDU)s:

- O I PDU, data de 1968 e foi instituído pela LEI Nº 1672, de 30 de maio de 1968.

- O II Plano Diretor de Pelotas, data de 1980 e foi instituído pela LEI Nº 2.565/80, de 21 de agosto de 1980.
- O III Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Pelotas, data de 2008.

A Figura 3.2, mostra o funcionamento no processo de urbanização nas cidades, caracterizado por Hall (1984) apud Tucci et al. (2000).

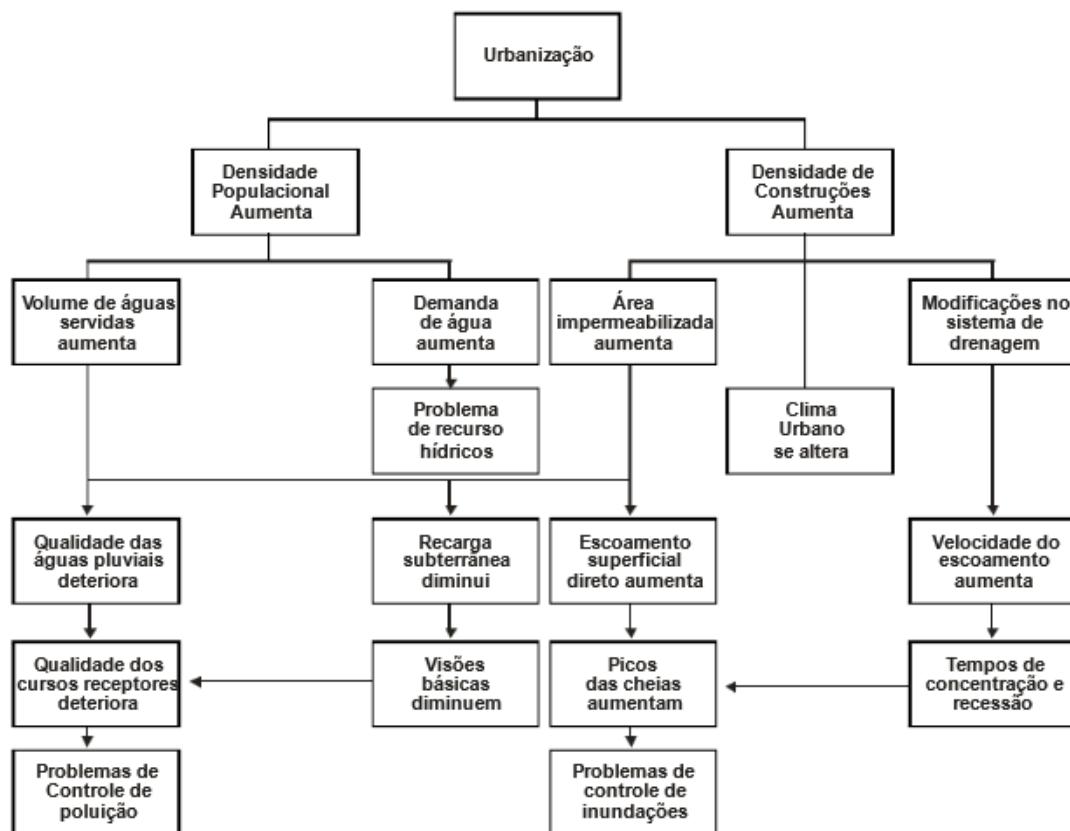


Figura 3.2: Processos que ocorrem numa área urbana.

Fonte: Hidrologia Ciência e Aplicação apud Tucci et al. (2000).

3.4 Resíduos sólidos e drenagem urbana

Outro fator agravante no sistema de drenagem é em relação a má disposição e destinação dos resíduos sólidos que durante as chuvas são transportados pelas redes coletoras de drenagem pluvial e acabam saturando e danificando as tubulações condutoras, reduzindo assim, a eficiência da drenagem no local. De acordo SANEP (2013), no caso de Pelotas, onde o sistema de drenagem é composto por sete casas de bombas, as estruturas de contenção dos resíduos muitas vezes não conseguem barrar esses resíduos sólidos devido à alta potência

de sucção das bombas, dessa forma, faz-se necessário a constante manutenção do sistema, durante os eventos de chuva.

Uma pesquisa realizada pelo PORTAL BRASIL (2013), concluiu que o brasileiro produz uma média de 1,1 quilograma de resíduo por dia, média que varia conforme o poder aquisitivo de cada região do país. Segundo dados do SANEP (2013) a população da cidade de Pelotas gera, diariamente, cerca de 160 toneladas de lixo, o equivalente a 1,2 quilograma por habitante/dia no total, considerando limpeza pública. Na cidade a coleta é realizada através de uma empresa terceirizada, a qual coleta o lixo domiciliar e hospitalar. A coleta atende, aproximadamente, 98% da população. Diante dos elevados custos com limpeza urbana, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos passou a definir metas para reduzir a geração de resíduos no País.

De acordo com Tucci (2003), o sistema de drenagem, na maioria das cidades brasileiras, inclusive em alguns bairros de Pelotas é do tipo misto, ou seja, o sistema recebe esgoto cloacal e águas pluviais de forma integrada. O contato entre a água da chuva e o esgoto cloacal somado ao lixo presente nas ruas, contribui para a disseminação de patógenos, tornando-se uma questão de saúde pública. Durante os eventos de chuva, o transbordamento do sistema, seja por ineficiência ou danificação, acaba levando a água contaminada, da drenagem mista, para os logradouros, apresentando riscos à população, de contrair doenças de veiculação hídrica tais como: leptospirose, febre tifoide, hepatite, verminoses e doenças de pele, dentre outras.

Outra questão a ser apontada é a produção de sedimentos na bacia hidrográfica, principalmente, quando se tem desenvolvimento urbano, são oriundos das construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias. No caso das bacias urbanas, assim como nas rurais, quando a camada superficial do solo fica exposta, em virtude das alterações de uso do solo seja para construção ou cultivo, esse solo está potencialmente suscetível a sofrer erosões. Em muitos casos os loteamentos mais periféricos estão situados em áreas de campos, florestas ou até banhados (TUCCI, et al., 2003).

A produção de sedimentos tende a decrescer quando, na bacia urbana, o solo encontra-se totalmente coberto por construções. Quando o sedimento alcança macrodrenagem em função da redução de declividade e da capacidade de transporte, tende a decantar. Esse material sedimentado reduz a capacidade de escoamento, durante as inundações, nos canais, que resulta no aumento da frequência de cheias. Normalmente a dragagem do sedimento é a medida mais comum nesses casos, todavia, é um processo que envolve elevados custos em sua operação. Somado aos impactos físicos, o sedimento transportado pode carregar uma carga de poluentes, essa associação dos materiais particulados com os poluentes ocasionam na redução da qualidade da água (TUCCI, et al. 2003).

Os problemas oriundos da ineficiência da drenagem urbana representa hoje, uma fonte crescente de prejuízos para população urbana, apesar de sua grande importância, a drenagem urbana, em geral, não é vista como prioridade para as políticas nacionais, regionais e locais. O crescimento urbano acelerado acaba por aumentar as disputas por recursos de alguns setores da administração pública, existindo mobilização em alguns locais isolados.

O fundamento das obras públicas de drenagem ainda possui uma visão higienista, ou seja, retirar a água do local o mais rápido possível, que resulta em impacto de maior magnitude que os já existentes. Em relação à legislação de controle, é de suma importância que os empreendedores mudem essa visão errada de drenagem, citada anteriormente, e passem a implantar medidas de controle na fonte. A drenagem não está relacionada apenas a engenharia, envolvendo um problema de gerenciamento com componentes políticas e sociológicas. A questão dos resíduos sólidos urbanos assim como o uso inadequado do solo são dois agravantes potenciais de alagamentos. No Brasil, os transtornos e as fatalidades ocorridas pelas enchentes ainda são vistas como processos “naturais”. Enquanto que na verdade os problemas são causados pela urbanização inadequada, exigindo medidas preventivas de controle e regulamentação. Portanto, para haver o planejamento adequado, com medidas técnicas e administrativas é necessário implantar um Plano Diretor Urbano (TUCCI et al., 2004).

3.5 Influência do El Niño nas chuvas da região sul.

O fenômeno climático El Niño consiste no aquecimento anormal da temperatura das águas superficiais marítimas (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial, normalmente, ocorre em intervalos médios de 4 anos e persiste de 6 a 15 meses. Esse aumento na TSM, diminuem a intensidade dos ventos Alísios, que sopram de leste para oeste, na faixa equatorial do Pacífico. O aquecimento e o enfraquecimento dos ventos, provoca mudanças na circulação dos altos e baixos níveis da atmosfera, estabelecendo mudanças nos padrões de transporte de umidade e, portanto, variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas (INPE, 2013).

No Rio Grande do Sul, o fenômeno exerce uma considerável influência sobre o clima em determinados anos, especialmente, sobre os totais pluviométricos registrados no Estado, intensificando-se em função do fortalecimento do Anticiclone do Atlântico, que barra o deslocamento de frentes polares, fazendo com que permaneçam esses sistemas atmosféricos estacionados sobre o Rio Grande do Sul por alguns dias, favorecendo às enchentes (WOLLMANN e SARTORI, 2009).

3.6 Microdrenagem

Para Tucci et al. (1995) a microdrenagem urbana é composta pelo sistema de condutos pluviais em nível de loteamento, agindo sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos. A rede de drenagem é constituída de condutores pluviais, bocas-de-lobo, poços de visita, meios-fios, sarjetas, que coletam a água e a transportam para a macrodrenagem. Ao elaborar um projeto de microdrenagem é preciso realizar um levantamento das informações da área em estudo. É necessário realizar um levantamento topográfico, planta geral da bacia contribuinte, planta plani-altimétrica, locação das redes existentes, verificar do uso e o tipo de ocupação dos lotes e os dados relativos ao curso receptor.

Tucci et al. (1998), afirma que o controle da microdrenagem pode ser no lote ou no loteamento, porém o controle no loteamento se torna mais inviável devido aos seguintes fatos: a maioria dos loteamentos da zona metropolitana são clandestinos; há muita invasão de áreas públicas; grande quantidade de ligações

clandestinas de esgoto cloacal no pluvial; o uso por certas comunidades da rede de esgoto pluvial enquanto não existe o cloacal.

Para Botelho (1998 apud Andrade, 2009), o planejamento das redes de drenagem deve considerar as seguintes características: percurso de maior declividade, minimizando as escavações; declividade que proporcione uma velocidade na tubulação, dentro de uma faixa adequada; passar por ruas nas quais a execução seja menos onerosa.

3.7 Macrodrenagem

O sistema de macrodrenagem é composto por cursos d'água naturais ou artificiais, localizados nos talvegues e vales. Compete a ela, o escoamento final das águas do escoamento superficial, além da água captada pelo sistema da microdrenagem. A rede física da macrodrenagem é um escoadouro natural, ela sempre existiu, independente da realização de obras específicas de drenagem e da localização da área urbana. Além disso, esse sistema capta as águas oriundas de regiões onde não existe a microdrenagem (FRENDRICH et al. 1997).

De acordo com Tucci et al. (1995) as obras implantadas em loteamentos aumentam a vazão, em decorrência da redução dos tempos de concentração associados a outros fatores tais como: a ocupação dos leitos secundários de córregos, a ampliação da malha viária em vales ocupados e ao saneamento de áreas alagadas. Em obras de macrodrenagem um aspecto relevante como o escoamento em canais abertos deve ser conhecido para o dimensionamento da rede de drenagem urbana. O controle da macrodrenagem exige custos elevados, somado aos impactos ambientais devido a carga de resíduos e a interligação entre os condutos pluviais e cloacais.

Justino (2004) afirma que as obras de macrodrenagem procuram melhorar as condições de escoamento para minimizar os problemas de erosão, assoreamento e inundações ao longo dos principais canais. As partes constituintes da macrodrenagem são: canais naturais ou artificiais; galerias de grande porte; estruturas artificiais; obras de proteção contra erosão; outros componentes (vias marginais e faixa de servidão).

Além dos mecanismos resignados a captar e transportar as águas pluviais, outros mecanismos de drenagem destinam-se ao armazenamento das mesmas. O armazenamento, em certas condições, pode reduzir, sensivelmente, o custo total das obras de drenagem (Justino, 2004).

3.8 Controle de Enchentes

3.8.1 Medidas Estruturais

Segundo Canholi (2005), são medidas as quais englobam as obras de engenharia, que estão divididas como medidas intensivas e extensivas.

As medidas intensivas, em função de sua finalidade, apresentam quatro tipos: aceleração de escoamento (canalização e obras correlatas); de retardamento do fluxo (Reservatórios; Bacias de detenção/retenção; e realizar restauração das calhas naturais); de desvio do escoamento (túneis de derivação e canais de desvio); e as que englobem a incorporação de ações individuais visando tornar as edificações à prova de enchentes.

Por conseguinte, as medidas extensivas estão relacionadas aos pequenos armazenamentos espalhados pela bacia, a recomposição da cobertura vegetal e ao controle da erosão do solo, ao longo da bacia de drenagem (Canholi, 2005).

3.8.2 Medidas Não Estruturais

As ações não estruturais podem ser eficientes a custos mais reduzidos e com horizontes mais longos de eficiência (Canholi, 1995). Em contraposição às medidas estruturais, que podem criar uma impressão de falsa segurança e até instigar a ampliação da ocupação das áreas inundáveis (TUCCI, 1995). Em termos de utilização, as medidas não estruturais podem ser divididas em: ações de regulamentação do uso e ocupação do solo; educação ambiental dirigida ao controle da poluição difusa, erosão e lixo; seguro-enchente; sistemas de alerta e previsão de enchentes.

3.8.3 Técnicas Alternativas de Drenagem

Essa nova abordagem começou a ser desenvolvida, principalmente, na Europa e na América do Norte, a partir dos anos 70. As chamadas “tecnologias

alternativas” ou “compensatórias” de drenagem, visam minimizar os efeitos da urbanização diante os processos hidrológicos, proporcionando benefícios para qualidade de vida e a preservação ambiental (CANHOLI, 2005).

Este tipo de técnica apresenta uma abordagem diferenciada em relação às soluções clássicas porque consideram os impactos da urbanização de forma global. Adotando a bacia hidrográfica como base de estudo, procurando compensar, sistematicamente, os reflexos da urbanização. Ao contrário da visão higienista, as medidas de compensatórias baseiam-se no controle do excedente de água na fonte, evitando assim a rápida transferência do volume de escoamento para jusante (BATISTA et al., 2005).

4. METODOLOGIA

O presente estudo procurou, descrever as características da área em estudo suas bacias hidrográficas, assim como, caracterizar o clima da região. Além disso, se fez uma breve descrição do sistema de proteção contra inundações e seu panorama cronológico e, posteriormente, a descrição do plano de coleta de dados da pesquisa.

4.1 Descrição geral da área em estudo

O município de Pelotas localizado ao sul do estado do Rio Grande do Sul, latitude $31^{\circ} 46'19''$ e longitude $52^{\circ} 20'33''$. Segundo dados do IBGE (2013), é a terceira cidade mais populosa do estado com, aproximadamente, 323.034 habitantes, sendo que 300.952 (93%) vivem na zona urbana e os 22.082 (7%) na zona rural. A densidade demográfica é cerca de 196,18 hab/Km², ocupando uma área de 1.610,084 km² com topografia, predominantemente plana, e altitudes baixas. A altitude média é de 7 metros acima do nível do mar, e a cidade está localizada a cerca de 60 km do Oceano Atlântico. A Figura 4.1 mostra a localização da cidade de Pelotas-RS.

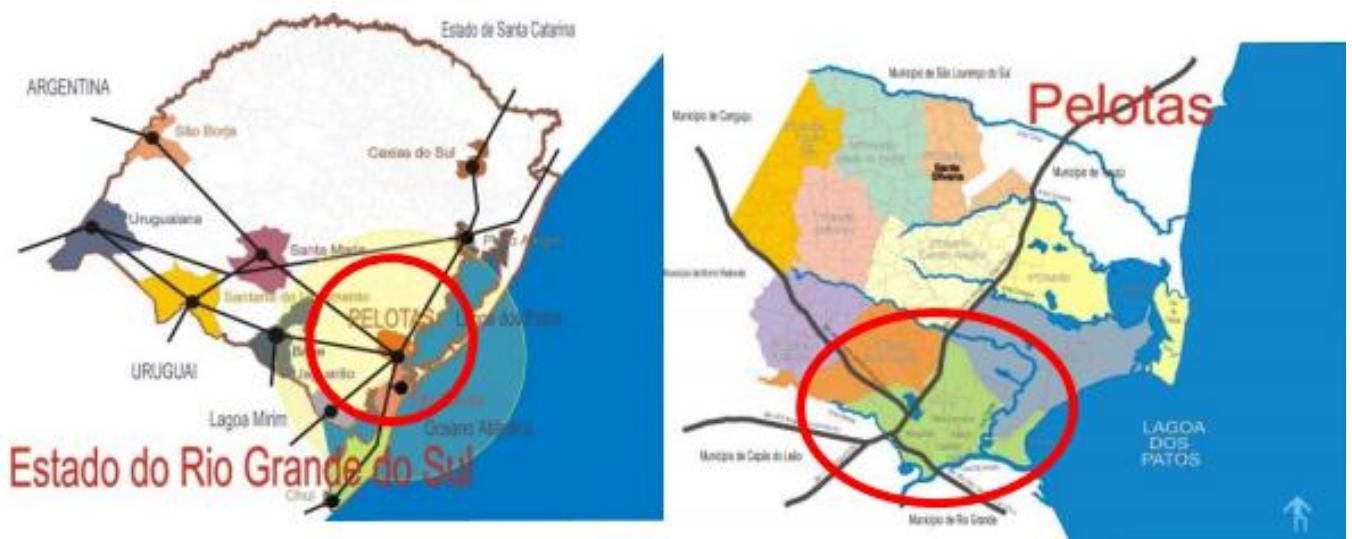


Figura 4.1: Mapa de Localização de Pelotas no Estado e Zona Urbana no Município.

Fonte: Prefeitura Municipal de Pelotas (2002).

Pelotas apresenta um clima subtropical úmido, sendo a temperatura média anual da cidade de 17,6°. Os ventos são, predominantemente, do quadrante leste, e seu clima apresenta forte influência marítima, devido a massa de ar Tropical Atlântica, a região apresenta elevada umidade atmosférica, cerca de 80% de umidade relativa do ar. Devido a estes fatores, ocorre a amenização da temperatura, tanto no inverno quanto no verão.. Já no verão, o município sofre influência da massa de ar Equatorial Continental que ascendendo sobre as camadas frias do ar Polar, resulta em chuvas frontais e trovoadas (SILVA, 2007).

Segundo Groupelli et al., (2003) os ventos predominantes de Pelotas, no inverno, são dos quadrantes nordeste e sudoeste. O vapor d'água presente do Oceano Atlântico é carregado pelo vento nordeste (anticiclone) até o continente. Já os ventos do quadrante sudoeste, trazem as massas de ar frio e seco de latitudes mais altas. A frequência das frentes frias (pressão atmosférica alta) aumenta no inverno em regiões de latitudes maiores, e, por consequência, se deslocam para regiões mais baixas onde a pressão atmosférica é menor. Há uma grande influência na precipitação, quando os ventos predominantes são de nordeste, cujo o vapor d'água oriundo da evaporação do oceano, diminui a pressão nesta região, permitindo assim, a entrada da frente fria, ascendendo o vapor d'água na atmosfera resfriando-o e, consequentemente, formando precipitação.

De acordo com a ANA (2013) o território brasileiro apresenta 8 grandes bacias hidrográficas, a Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo está contida na zona de drenagem do Atlântico Sudeste, que corresponde a Bacia 8. Conforme mostrado na Figura 4.2.



Figura 4.2: Mapa das Bacias Hidrográfica do Brasil. Fonte: Agência Nacional de Águas(2003).

Segundo Silva (2007), o município está situado às margens do Canal São Gonçalo, que liga as Lagoas dos Patos e Mirim, com 10.144 km² e 2.966 km², respectivamente, as duas maiores do Brasil, e cujas bacias contribuintes recebem 70% do volume de águas fluviais do Rio Grande do Sul. É possível observar, no município, 7 bacias fluviais: Arroio Turuçu, Corrientes, Contagem, Pelotas, Moreira/Fragata, Santa Bárbara e Costeira/Laranjal.

As Bacias Hidrográficas urbanas do município de Pelotas estão situadas próximas às margens da Lagoa dos Patos. A zona urbana compreende as várzeas do arroio Fragata (a oeste), o arroio Pelotas (a leste) e o canal São Gonçalo (ao sul), exceto a zona norte da cidade que apresenta uma superfície de terraço. Dentre as bacias que compõem o território urbano podemos citar: Bacia do Pelotas, Bacia do Santa Bárbara, e Bacia do Moreira (SILVA, 2007).

A Bacia do Arroio Pelotas é a maior bacia do município com 62.238 ha (Secretaria Municipal de Urbanismo/III Plano diretor). Localizada no centro-norte, drena as águas dos Distritos de Quilombo, Cascata e Laranjal. O Arroio Pelotas principal rio da bacia com cerca de 60 km de extensão, é o maior curso d'água de

Pelotas. Sua nascente localiza-se na Cascata percorre seus 60 km de extensão e deságua no São Gonçalo (SANEP, 2004).

A Bacia do Arroio Santa Bárbara possui uma área de 110 km² com cota máxima de 110m (SOUSA, 2008). Abrange a área urbana e rural, além disso, envolvem a zona norte da bacia, o Distrito do Monte Bonito. No Arroio Santa Bárbara hoje encontra-se ao longo de seus 15 km de extensão, locais caracterizadas como zonas planas e extensas planícies de inundação. Em virtude de diversas inundações na cidade, vale destacar as enchentes de grande magnitude em agosto de 1941 e fevereiro de 1954, na década de 50 foi realizada a canalização do arroio Santa Bárbara e também a construção da barragem em 1968, que teve como objetivo reforçar o abastecimento de água do município além de minimizar as inundações na zona urbana.

Bacia do Arroio Moreira, situada na parte sudoeste do município, com uma área de, aproximadamente, 87 km² (SOUSA, 2008). A sua distribuição abrange os Distritos da Cascata, do Monte Bonito e da Sede. À margem direita da bacia uma pequena porção, incluindo a Lagoa do Fragata, esta situada no Município do Capão do Leão. A nascente do Arroio Moreira localiza-se a 200 m de altitude, na Serra da Buena no Distrito da Cascata, percorre 25 km e desemboca no Canal São Gonçalo. Na sua margem esquerda encontra-se o arroio Pestana, Michaela e Moinho e na margem direita está o arroio Taquara, localizado no curso superior do Arroio Moreira (MATTOS et al., 2007 apud Silva, 2007). O Arroio Moreira constitui-se em um dos três mananciais de abastecimento de água da cidade, a estação de tratamento de água do Moreira foi a pioneira no município, suas obras foram concluídas em 1874 (SANEP, 2013).

A morfologia do município é dividida em cinco zonas de relevo conforme se observa na figura 4.3. A Zona Alta (aproximadamente 30,9%), é caracterizada por ser terras aplainadas a muito íngremes, ocasionalmente rochosas, originadas predominantemente, de rochas graníticas formando um planalto, com relevo, geralmente onulado, com solos do tipo Argissolo, Neossolo e afloramentos rochosos, são solos considerados não hidromórficos, moderadamente drenados. Em áreas de uso intensivo o solo apresenta fortes efeitos da erosão laminar. A Zona Central (aproximadamente 21,2%) comprehende as regiões de relevo onulado

menos uniformes do que as regiões da serra, por solos profundos do tipo Argissolo, originados de rochas cristalinas e metamórficas. A Zona das Planícies (Alta e Média) e Lombadas (aproximadamente 29,1%), apresenta solos do tipo Planossolo, e Plintossolo, com problemas pertinentes à drenagem. Esse tipos de solos fazem parte da Zona Urbana dos bairros Três Vendas, Centro, Fragata, Areal e Laranjal. As planícies inundáveis (aproximadamente 15,6%), são constituídas por solos do tipo aluvial, hidromórficos com horizontes impermeáveis por isso são considerados como solos com sérias restrições de drenagem. Dentre eles podemos citar os solos: Plintossolos, Espodossolos e areias quartzosas. Compõem os bairros Porto/Navegantes e Laranjal (SOMBROECK, 1969).

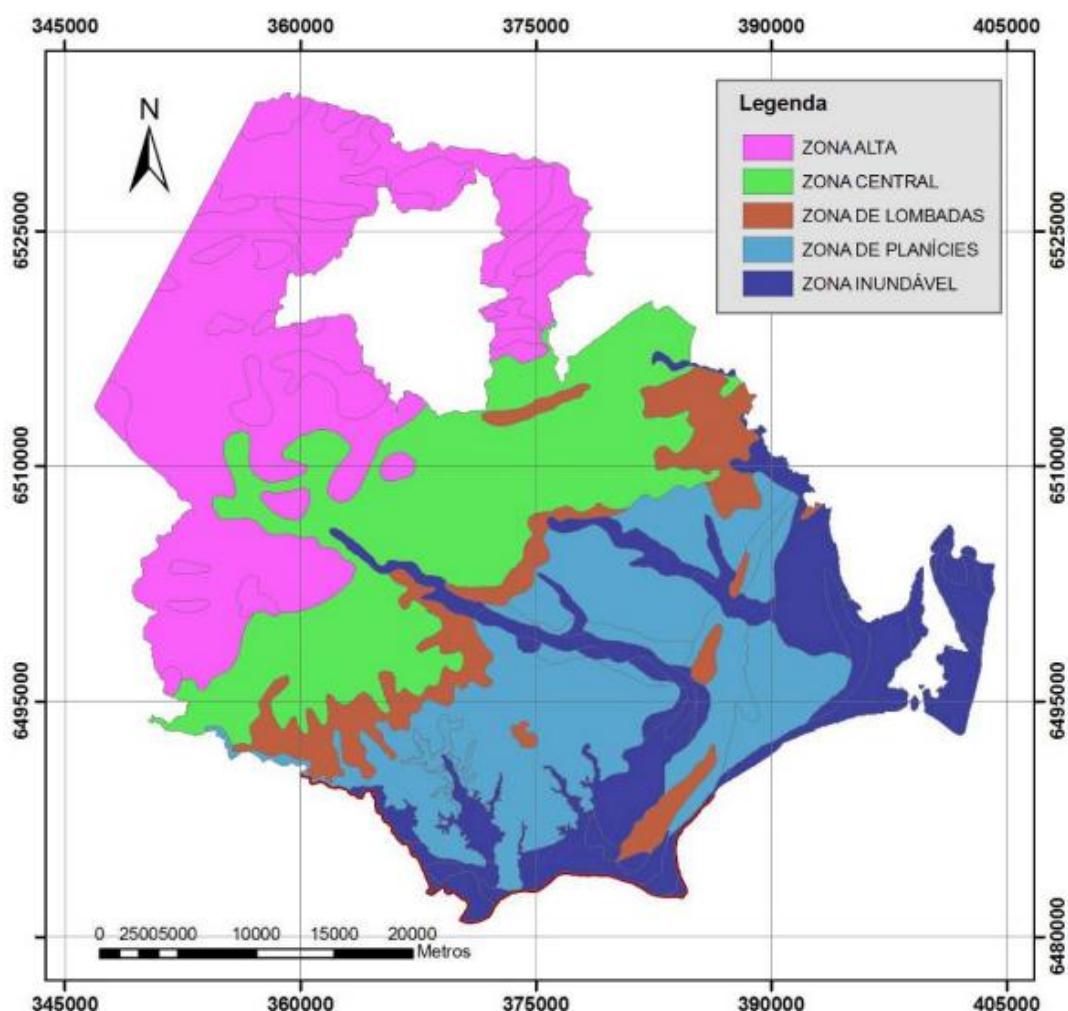


Figura 4.3: Zonas de relevo no município de Pelotas/RS.

Fonte: Sombroek (1969).

4.2 Caracterização do Clima de Pelotas

Na região de Pelotas o clima é do tipo subtropical (Cfa), segundo a classificação de clima de Koppen, a letra “C” designa clima temperado, isto é, a temperatura média do mês mais frio situa-se entre 18°C e –3°C. A letra “f” indica que não há mês com escassez de precipitação. A letra “a” indica que no mês mais quente a temperatura média é igual ou acima de 22°C. O município no mês mais frio apresenta uma temperatura média de, aproximadamente, 12,5°C e no mês mais quente a temperatura média é, aproximadamente, 23,3°C. A temperatura e a precipitação pluvial variam conforme o comportamento das massas de ar e os sistemas frontais originados das regiões continentais e marítimas (GRUPPELLI et al., 2003).

Segundo Grupelli et al. (2003) as massas de ar que atuam no Sul do Brasil e em Pelotas são apresentados Tabela 4.1:

Tabela 4.1: Massas de ar que atuam na região de Pelotas e as principais características.

Massas	Características
Massa de ar Marítima Tropical (mT)	Quente e úmida originária do Oceano Atlântico nas imediações do trópico de Capricórnio e exerce enorme influência sobre a parte litorânea do Brasil.
Massa de ar Tropical Continental (cT)	Quente e seca, que se origina na depressão do Chaco, e abrange uma área de atuação muito limitada, permanecendo em sua região de origem durante quase todo o ano.
Massa de ar Polar Marítima (mP)	Fria e úmida, formam-se nas porções do Oceano Atlântico próximas à Patagônia. Atua mais no inverno quando entra no Brasil como uma frente fria, provocando chuvas e queda de temperatura.

4.3 Descrição do sistema de proteção de cheias da cidade

Segundo Silva (2007), o Sistema de controle de enchentes de Pelotas é formado por um conjunto de projetos individuais, mas que de certo modo possui uma interligação entre eles. Dentre as obras podemos citar os Subsistemas Santa Bárbara (Projetos Santa Bárbara e Cura- Fragata), Zona Leste (Projeto Cura- Areal e Projeto Baronesa), Zona Sul (Projeto do Arroio Pepino) e Subsistema Laranjal.

Os três primeiros, em termos de macrodrenagem, caracterizam-se pela construção de polders, na forma de áreas baixas protegidas por diques, localizados nas margens dos cursos d'água. A drenagem pluvial, oriunda dos sistemas de microdrenagem, como rede primária e galerias, é feita através de 8 estações de recalque nas áreas de menores cotas e, nas áreas altas, por gravidade pelos de canais de refluxo, para os principais drenos de macrodrenagem. É possível verificar que apesar de possuir um sistema de drenagem, Pelotas ainda necessita de um Plano Diretor de Drenagem Urbana.

4.4 Panorama cronológico do sistema de proteção contra enchentes de Pelotas.

Diante dos constantes alagamentos e enchentes, a prefeitura Municipal reconheceu a urgência de realizar obras de drenagem urbana as quais começaram a evoluir a partir da década de 1950, onde o extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) executou o projeto de 5 obras, de extrema importância, dentre elas podemos citar: a construção da Barragem Santa Bárbara, do Canal Santa Bárbara, dos dois diques em terra, aterramento do Antigo leito do Santa Bárbara, construção de galerias pluviais no local do antigo leito e mais tarde a construção da casa de bombas do canal do Pepino.

As obras foram concluídas no final da década de 1960 e, colaboraram de forma significativa na proteção contra alagamentos no município. Contudo na década de 1970, a cidade prosseguia com seus frequentes alagamentos e enchentes nas zonas às margens do Canal Santa Bárbara. Os principais locais afetados encontram-se hoje na Vila Farroupilha, na Vila Castilhos e na Estação Rodoviária. Na década de 1980, a Prefeitura Municipal de Pelotas implantou o projeto CURA do bairro Fragata. A sigla CURA, significa Comunidades Urbanas de

Recuperação Acelerada tratava-se de um programa do governo federal. O projeto aproveitou os dimensionamentos e as concepções do “Projeto Santa Bárbara – Pelotas RS” e complementou-os de forma integrada, realizando obras de pavimentação, da drenagem, do abastecimento de água, de redes coletoras de esgoto sanitário e de algumas redes de energia elétrica e de iluminação pública (SOUSA, 2008).

No ano de 1989, a Prefeitura Municipal de Pelotas, licitou a execução de trinta e três projetos executivos pontuais para mitigar os problemas referentes a drenagem urbana. Porém, em virtude da falta de recursos, muitos desses projetos nunca foram executados tornando-se evidente que ainda há muitas obras de drenagem a serem feitas na cidade. Além disso, a elaboração de um plano de drenagem municipal é limitada devido a inexistência de um cadastro do sistema da microdrenagem, dificultando assim, o planejamento dos sistemas pluviais (SOUSA, 2006).

O Plano Integrado de Drenagem e Proteção Contra Enchentes para a área interna do perímetro urbano de Pelotas inclui Macro e Microdrenagem para toda a área urbana de Pelotas. Atualmente, cerca de um quarto da área urbana possui um certo tipo de planejamento de macrodrenagem. O plano deve contemplar o dimensionamento de todas as soluções para os problemas de drenagem da zona urbana, tanto de macro como de microdrenagem, seguindo as diretrizes do Plano Diretor da Cidade, tais como Zoneamento, proteção e recuperação de áreas alagáveis, a nível de Planejamento, assim como a determinação de servidões, faixas de domínio de sangas, canais e outros elementos da Macrodrenagem concebida. Além disso, deve conter também uma orientação segura ao desenvolvimento urbano, apresentando um planejamento completo da utilização de áreas ainda não ocupadas, além da indicação das medidas corretivas para àquelas áreas já ocupadas e que apresentam problemas (SOUSA, 2006). A figura 4.4 a seguir, representa os mapas ilustrativos do funcionamento do Sistema de Drenagem e Proteção contra enchentes de Pelotas.

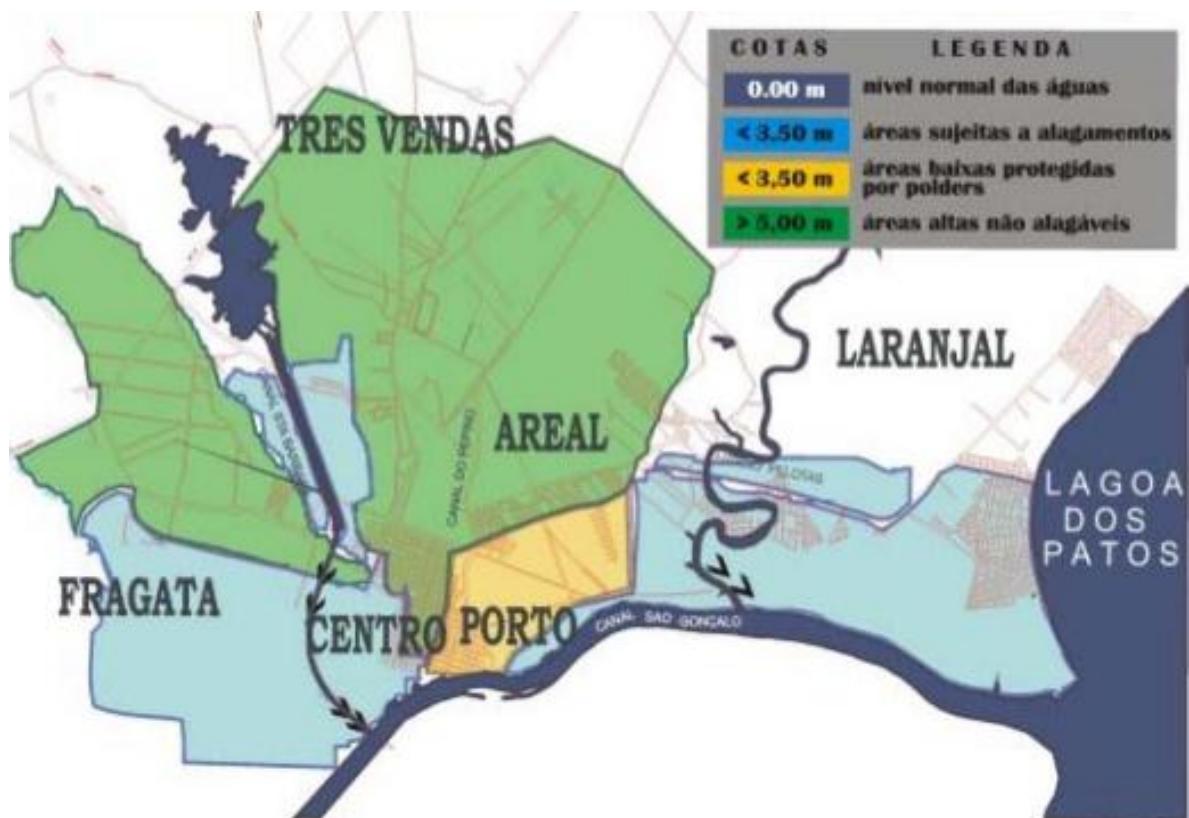


Figura 4.4: Mapas ilustrativos do Sistema de Drenagem e Proteção contra Enchentes de Pelotas.

Fonte: SANEP, 2000.

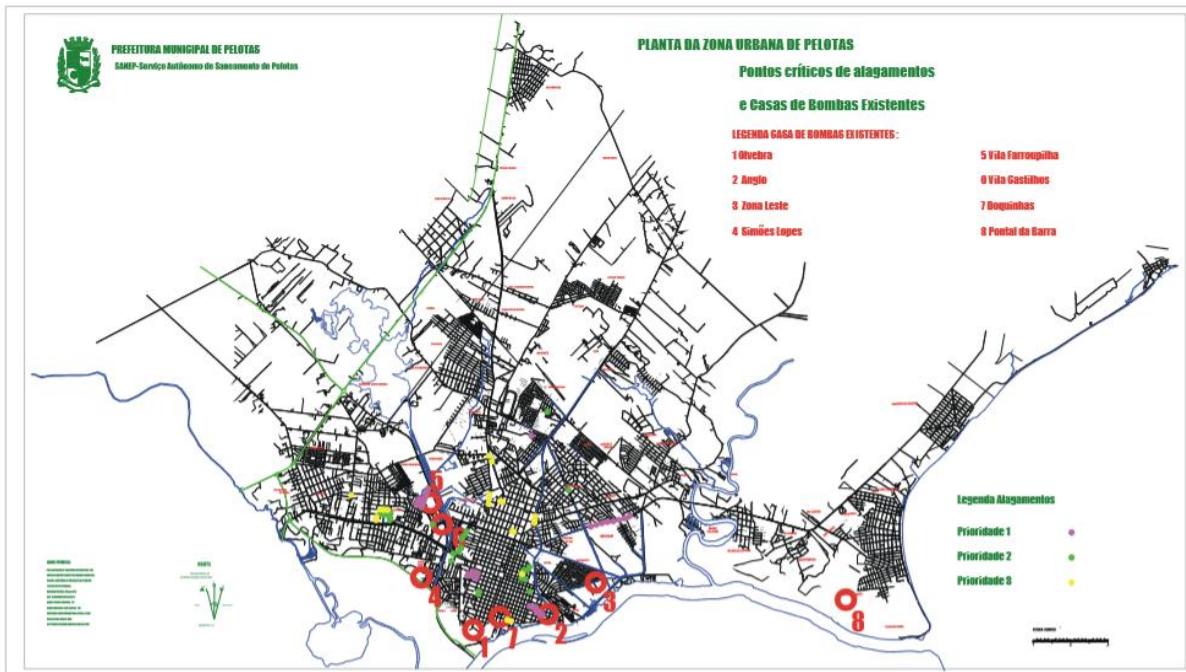


Figura 4.5: Planta da Zona Urbana de Pelotas com os pontos críticos de alagamentos e casas de bombas marcados segundo a legenda.

Fonte: Sousa, 2006.

4.5 Plano de coleta de dados

Primeiramente foi realizada uma pesquisa das estações meteorológicas situadas próxima ao local de estudo, onde optou-se pela Estação Agroclimatológica de Pelotas Embrapa/UFPEL, localizada no município do Capão do Leão com latitude 31°52'00"S, longitude 52°21'24"W. GRW com altitude de 13,24 m, por ser a estação com maior série de dados.

Para a seleção dos principais eventos, foram utilizados dados diários de precipitação nos dias de ocorrência dos eventos de precipitação mais intensa. Contudo, a ocorrência dos eventos de inundações foi analisada na zona urbana de Pelotas. Sendo assim, pode haver discrepâncias nos volumes precipitados entre as regiões pelo fato da distância entre a Estação Pluviométrica e a zona urbana de Pelotas.

Em virtude do curto período de tempo para a realização do estudo, os dados obtidos de precipitação foram diários e não discretizados em menor tempo (15 em 15 minutos, por exemplo), o que seria mais aconselhável para avaliar a magnitude das chuvas com mais riqueza de detalhes. Optou-se por uma pesquisa bibliográfica

quantitativa dos principais eventos chuvosos. O ponto de partida foi a seleção dos eventos extremos, portanto foram pesquisadas notícias publicadas nos principais meios de comunicação (o jornal Diário Popular e o Jornal Zero Hora), em trabalhos científicos, em livros e em relatos de funcionários do SANEP, com a finalidade de verificar se realmente ocorreu inundação em cada evento e de se obter as informações para descrever e caracterizar os doze eventos selecionados conforme a figura 4.6.



Figura 4.6: Ilustração das etapas da metodologia da pesquisa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, foram analisados doze eventos que causaram inundações na zona urbana de Pelotas, o início da coleta de dados foi a partir do ano de 1941 até o ano de 2009. A tabela 5.1, mostra a relação existente entre as principais áreas afetadas pelas inundações, na cidade de Pelotas, de acordo com pesquisas realizadas no jornal local (Diário Popular), em cada ocorrência de eventos selecionados e a precipitação acumulada em cada um dos eventos. De acordo com a tabela 5.1, é possível perceber que do total de doze eventos analisados nove deles (75%) tiveram ocorrência em anos de El Niño, de acordo com registros da Oceanic Niño Index (2013), sendo que tiveram quatro eventos de intensidade forte , três com intensidade moderada e três com intensidade fraca.

Data do evento	Pacumulada (mm)	Presença do El Niño	Principais áreas afetadas pelas inundações em Pelotas, segundo o Jornal Dário Popular.
1941 (abr/mai)	350,4	forte	Barão de Santa Tecla, Porto, Zonas Marginais ao São Gonçalo e Santa Bárbara.
1956 (fev)	114,2	nula	Vila de Castilhos e Cerquinha, bairro Fragata, Zona Oeste, rua Marechal Floriano, Av. Saldanha Marinho, rua Marcílio Dias com Dr. Cassiano, rua Manduca Rodrigues, rua Viera Pimenta e uma larga extensão das vilas Canela, Silva, Barros, bairro Simões Lopes, Estação Ferroviária e imediações da Escola Técnica.
1959 (abr)	208	fraca	Vilas Castilhos e Cerquinha.
1984 (mai)	105,6	nula	Bairro Pestano, Vila Farroupilha (Fragata), Corredor do Obelisco, Porto e General Osório nas proximidades da Barão de Mauá
1987 (ago)	150,6	moderada	Vila Castilhos , rua Barão de Santa Tecla, Marechal Deodoro, Andrade Neves, Gal. Osório, Conde de Porto Alegre, Gal. Neto, 7 de Setembro, Av. Ferreira Viana, Av. Saldanha Marinho e Bairro Simões Lopes e Pestano.
1990 (fev)	295,4	fraca	Bairro Várzea, Av. Saldanha Marinho..
1991 (abr)	199,7	forte	Bairro Jardim Europa, Cohab-Tablada, Pestano e Py Crespo.
1995 (jul)	110,2	moderado	Bairros Obelisco, Getúlio Vargas, Cohab-Tablada, Navegantes, Areal e Sanga Funda.
1997 (dez)	152	forte	Vila Farroupilha. Av. 25 de Julho com a Av. Fernando Osório, praça do Colono, Av. Bento Gonçalves com a rua Andrade Neves e o bairro Nossa Sra. De Fátima.

Tabela 5.1 (continuação)

Data do evento	Pacumulada (mm)	Presença do El Niño	Principais áreas afetadas pelas inundações em Pelotas, segundo o Jornal Dário Popular.
1998 (ago)	234,8	forte	Vila Farroupilha, parte do bairro Areal, Guabiroba, Getúlio Vargas, Jardim Europa, Laranjal e a Av. Saldanha Marinho e imediações do terminal Rodoviário.
2004 (mai)	292,6	fraco	Vila Castilhos, Vila Farroupilha, imediações da Rodoviária, rua General Osório, Uruguai e Simões Lopes, Av. Saldanha Marinho, cerca de 22 bairros afetados.
2009 (jan)	208,6	moderado	Av. Adolfo Fetter, imediações da Rodoviária, bairro Guabiroba, Dunas, Cruzeiro, Fragata, Navegantes II, Fátima, Simões Lopes e Areal, rua Marechal Deodoro, rua Tiradentes, etc.

Tabela 5.1: Principais áreas afetadas de Pelotas de acordo com notícias do Jornal Diário Popular.

A figura 5.1 mostra o gráfico onde foi levado em consideração o volume precipitado e a duração de cada evento em seus respectivos eventos. Neste gráfico, a linha vermelha representa a duração do evento em dias, e as barras representam o total precipitado de cada ano.

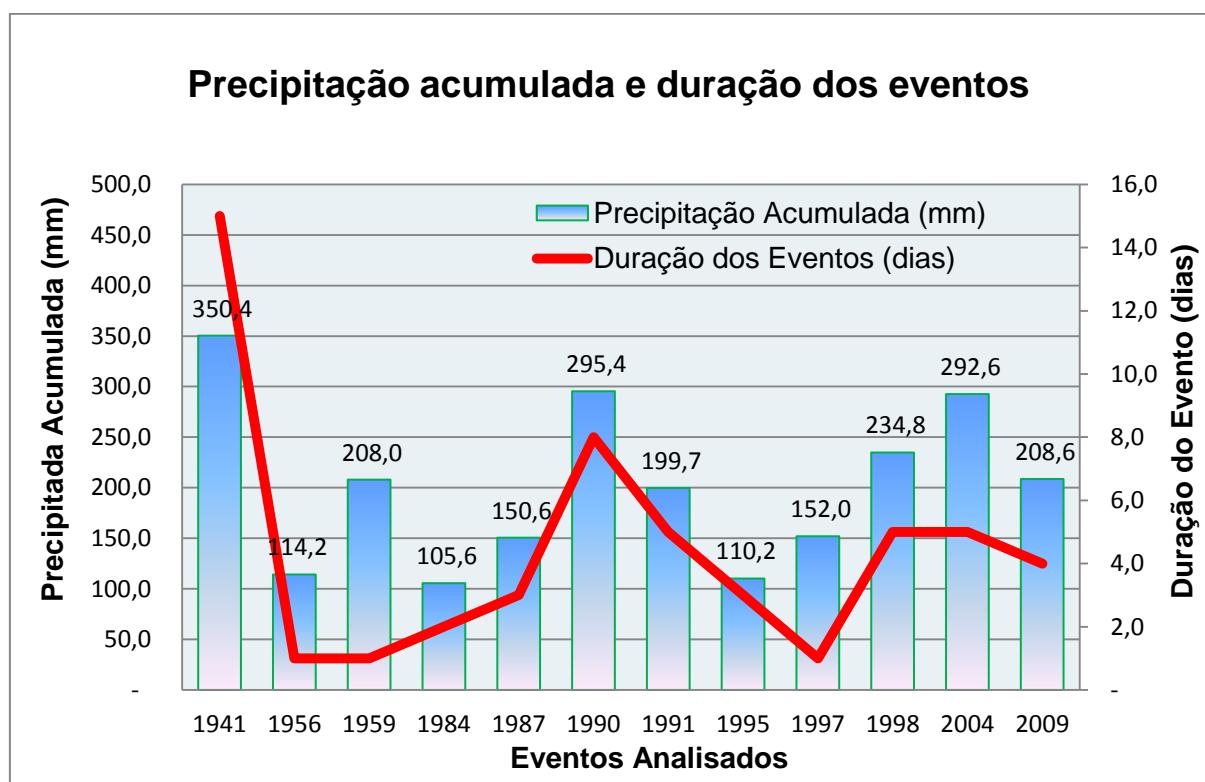


Figura 5.1: Volume precipitado e duração de cada evento analisado.

Ao analisar a figura 5.1 foi possível verificar que os eventos com maior volume precipitado estavam ligados de certa forma aos anos de ocorrência do fenômeno climático El Niño, possibilitando inferir a sua influência nos eventos com maior duração e volume acumulado de precipitação.

Na Figura 5.2 estão relacionados os eventos com as principais áreas afetadas pelas inundações na cidade de Pelotas, de acordo com relatos do Jornal local na época de cada ano.

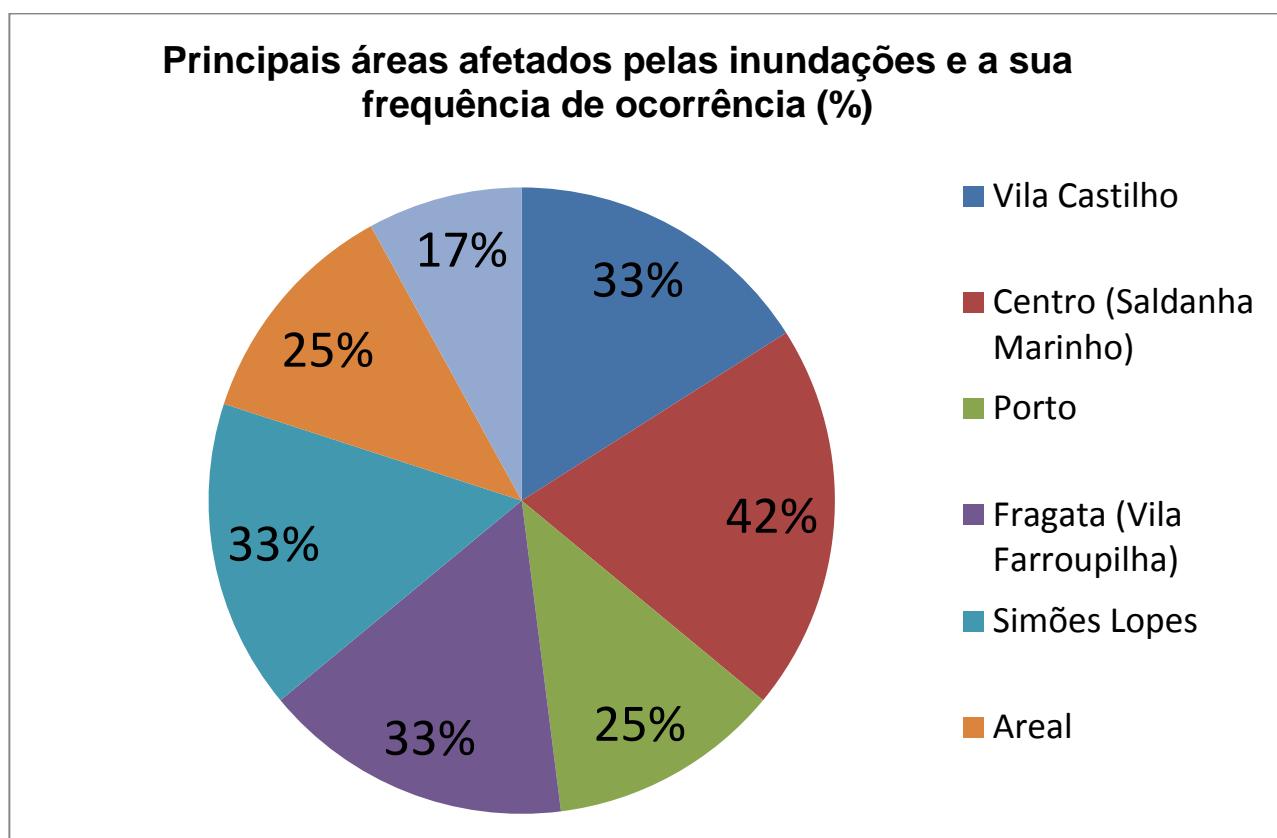


Figura 5.2: Volume precipitado e duração de cada evento analisado.

Na figura 5.2 é possível visualizar que uma das principais áreas afetadas é o bairro centro (levando em consideração apenas a Avenida Saldanha Marinho, já que esta Avenida apresentou a maior incidência, ou seja, com 42% de ocorrência em todos os eventos). A explicação para esse tipo de comportamento é o fato da Av. Saldanha Marinho fazer parte do antigo leito do arroio Santa Bárbara apresentando uma cota relativamente baixa, onde o escoamento pluvial ainda insiste no seu antigo caminho natural.

Contribuindo com seus 33% de incidência, está a Vila Castilhos, Vila Farroupilha e Simões Lopes, 25% Areal e Porto e 17% os demais bairros. Os bairros Fragata (Vila Farroupilha), Vila Castilhos, Simões Lopes e Guabiroba estão situados as margens do canal Santa Bárbara, que normalmente em dia de chuva extrapola sua cota e acaba causando inundações nessas áreas.

Na Figura 5.3, estão apresentados os eventos levantados com as suas respectivas frequências de distribuição ao longo de cada mês no ano. A análise da Figura 5.3 possibilita verificar que os meses de abril e maio apresentaram maior frequência, totalizando 25% , seguido por agosto e janeiro (17%), e por fim, julho, dezembro e fevereiro (8%). Na figura 5.3 é possível observar que nos meses de março, junho e setembro, praticamente, não foi registrado nenhum evento estudado, nesse período estão os meses de transição entre as estações do ano.

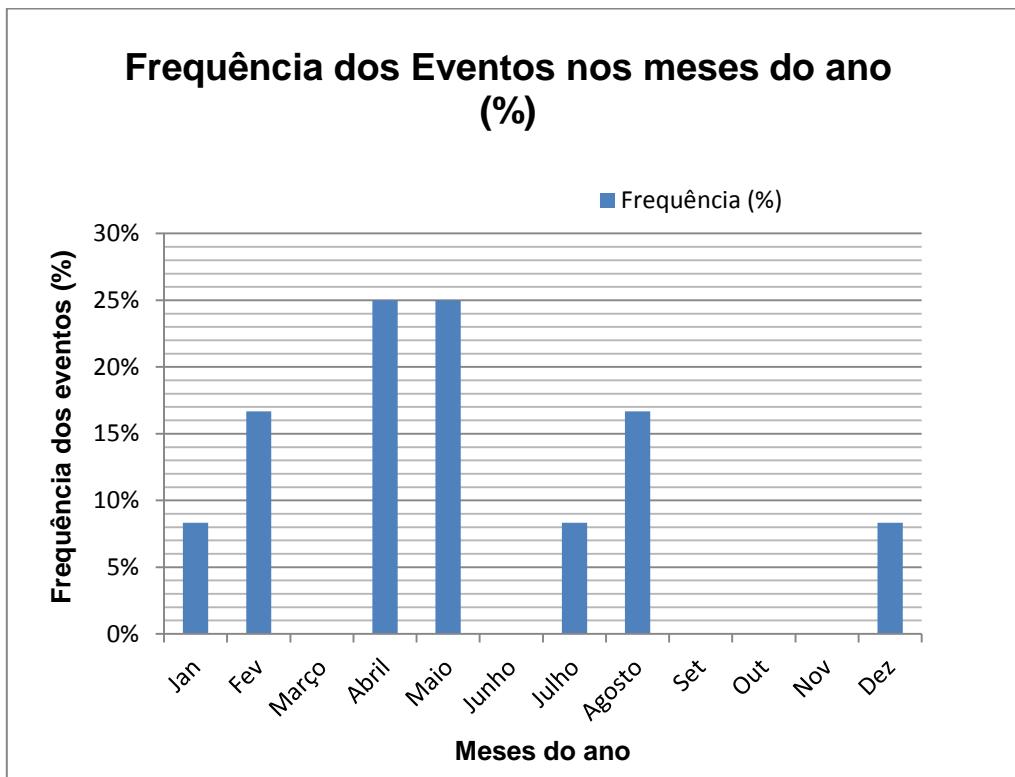


Figura 5.3: Volume precipitado e duração de cada evento analisado.

Na figura 5.4, está apresentada a distribuição, em porcentagem, dos eventos ao longo das estações do ano. Notou-se que o Outono é a estação do ano que apresenta maior ocorrência dos eventos (38%), seguido pelo Inverno com 23%, do verão com 31% e da Primavera com 8%. Uma hipótese do outono ter maior

concentração de eventos, pode ser considerada pela influência do fenômeno El Niño, onde as chuvas são mais intensas. A contribuição de 31% de frequência dos eventos no verão pode ser relacionada às chuvas torrenciais, com pouca duração e alta intensidade, características desse período.

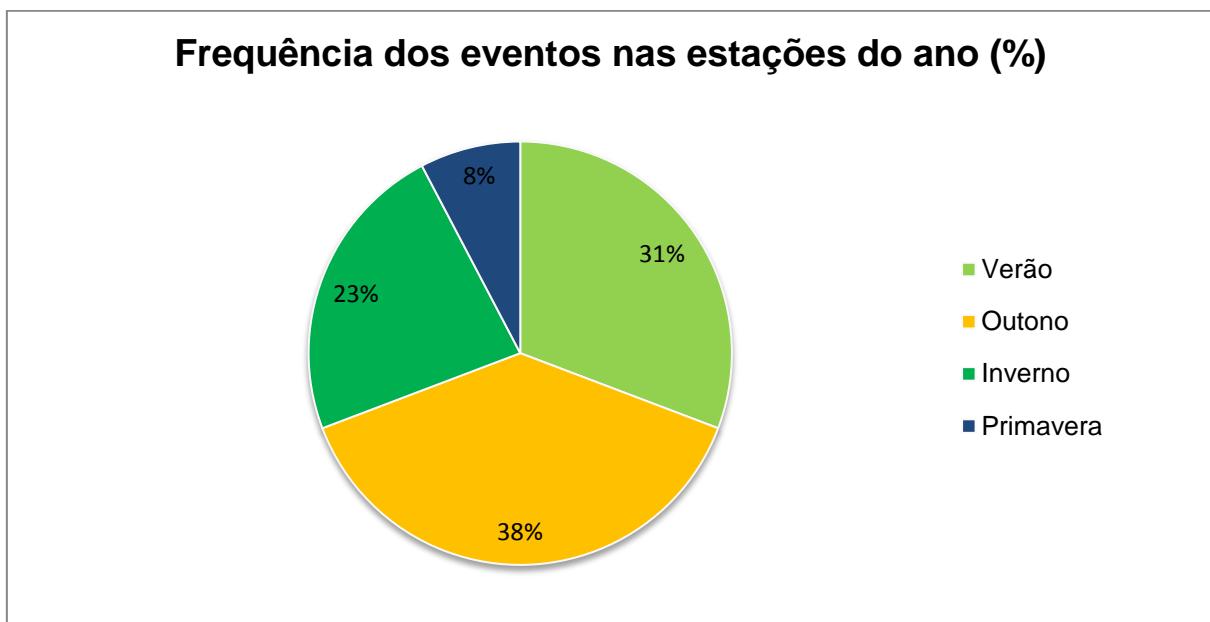


Figura 5.4: Volume precipitado e duração de cada evento analisado.

5.1 Caracterização dos eventos selecionados

5.1.1. Evento em 1941 - 20 de abril a 5 de maio

Nesse caso foram mais de 12 dias de chuvas quase que ininterrupto em toda a zona sul do Estado alcançando até a Argentina, se tratou de um ano de intensa atividade do fenômeno climático El Niño, que em virtude do aquecimento das águas do Oceano Pacífico trouxe mais umidade para o continente acarretando em muitas chuvas. Segundo dados da EAP, o total precipitado, nos quinze dias de evento, foi de 350,4mm.

O Arroio Santa Bárbara e as zonas marginais ao canal São Gonçalo inundaram, as águas foram represadas pelo forte vento, elevando o nível da Laguna dos Patos e, consequentemente, o nível do São Gonçalo para 1,14 metros acima do normal, dificultando ainda mais a drenagem de toda região. Até aquele momento, a pior enchente era a de 1914, porém a de 1941 tomou magnitude maior e mais catastrófica, deixando um grande número de flagelados, acarretando perdas nas

lavouras e interrupção do comércio. (Diário Popular, 1941). A figura 5.5 representa a precipitação dos acumulados durante o evento.

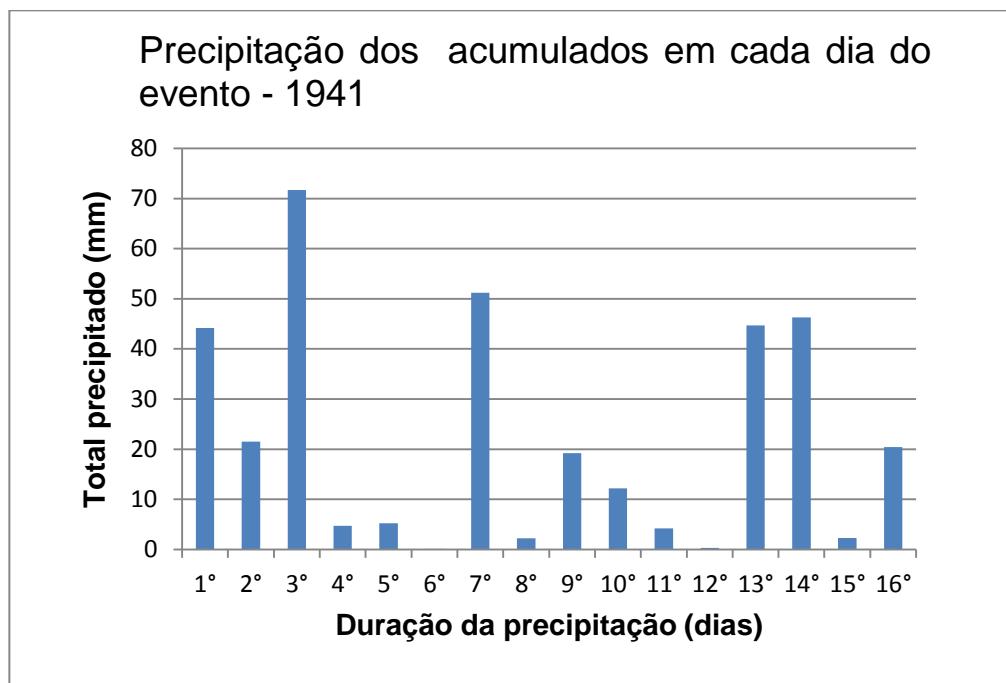


Figura 5.5: Precipitação dos acumulados em cada dia do evento de 1941.

Analisando a figura 5.5 podemos verificar que nos três primeiros dias de evento tiveram uma precipitação elevada sendo que no terceiro dia de precipitação, foi o mais intenso de todos, atingindo 71,1mm, seguido do 7°, 13° e 14° dia, com picos de precipitação na faixa entre 40 e 50 mm, oscilando até o mínimo de precipitação com 0,1mm. A figura 5.6 mostra as imagens da Zona do Porto durante a enchente.



Figura 5.6: Imagens que mostram Zona do Porto durante a enchente de 1941.

Fonte: Aline Montagna da Silveira

5.1.2. Evento em 1956 - 11 de fevereiro.

No sábado, 11 de fevereiro, o município recebeu uma forte tromba d'água. O Arroio Santa Bárbara e Pepino transbordam criando uma situação de calamidade pública. O nível do arroio Santa Bárbara, no evento de 1941, atingiu a cota de 3,1 m porém, nesta enchente a cota chegou a 5,3m portanto, o arroio Pelotas transbordou. De acordo com o extinto DNOS, o arroio Santa Bárbara estava canalizado numa extensão de 7 km. O canal São Gonçalo e o Arroio Pepino permaneceram em seus níveis normais. A enchente atingiu uma vasta região do município, a Usina Elétrica foi tomada pelas águas deixando a cidade sem luz e força, o rompimento da ponte sobre o Santa Bárbara deixou o bairro Fragata isolado do município, alguns acessos rodoviários foram bloqueados e interrupções no abastecimento de água, além de deixar mais de 13 vítimas e, aproximadamente, 4 mil flagelados.

O sistema rodoviário teve alguns acessos bloqueados, na ponte do Retiro erodiu 35 metros de aterro, e 30 quilômetros da estrada Pelotas-Canguçu foram afetados, além de algumas pontes na rodovia para Jaguarão (DIÁRIO POPULAR, 1956). A Figura 5.6 representa uma imagem que mostra a situação da Vila Castilhos durante o evento.

A seguir alguns relatos da época:

“Em consequência da tromba d’água de sábado, o elemento líquido transbordou do Arroio Santa Bárbara, invadindo as áreas marginais com ímpeto avassalador, atingindo todo o largo da faixa citadina (...)" (DIÁRIO POPULAR, 1956).

“Uma verdadeira catástrofe, que criou situação de calamidade pública, lançando sobre a cidade que se preparava entusiasticamente para festejar o carnaval, um manto de dor, lágrimas e sangue.” (DIÁRIO POPULAR, 1956).



Figura 5.7: Imagem ilustrando a enchente na Vila Castilhos durante o evento de 1956.

Fonte: Diário Popular, 21 de fevereiro de 1956.

5.1.3 Evento em 1959 - 15 de abril.

Este evento foi influenciado pelo fenômeno El Niño de intensidade fraca, o evento tomou grandes proporções, atingindo boa parte da região Sul-Americana integrando parte do Brasil, da Argentina, da Bolívia, do Paraguai e do Uruguai. O setor agrícola foi o principal prejudicado, quase toda safra do Rio Grande do Sul foi destruída. Em Pelotas, o Arroio Pepino transbordou, já o Canal São Gonçalo ultrapassou seu nível em 1,60m. Em contraponto a enchente de 1956, o Santa Bárbara não extrapolou seu nível normal, conseguindo dar vazão ao grande volume de água. (DIÁRIO POPULAR, 1959)

5.1.4 Evento em 1984 - 27 e 28 maio.

As fortes chuvas elevam o nível do São Gonçalo ultrapassando 45cm acima do nível normal, foram 105,6 milímetros de precipitação em dois dias, no momento a Laguna dos Patos encontrava-se acima do nível, limitando escoamento do volume extra precipitado (DIÁRIO POPULAR, 1984).

5.1.5 Evento em 1987 - 28 a 30 de agosto.

Nos dias 28, 29 e 30 de agosto fortes chuvas caíram sobre a cidade, num volume total acumulado de 150,6mm. Ano de atividade moderado de El Niño, o nível do São Gonçalo estava 1,65 acima do nível normal. Nesse mesmo ano, foram registradas 3 enchentes fortes, distribuídas em maio, junho e agosto. (DIÁRIO POPULAR, 1987).

5.1.6 Evento em 1990 - 8 a 16 de fevereiro.

Este foi um ano de atividade intensa do fenômeno El Niño, antes o município passava por um longo período de estiagem, o nível da barragem do Santa Bárbara se encontrava abaixo do normal, foi recuperado e excedido em 16cm. Com isso, o abastecimento de água a população que estava comprometido durante a seca, foi garantido. A falta de água reclamada pela população logo tomou proporções desastrosas, foram cinco dias consecutivos de chuvas torrenciais totalizando um volume de 247,3mm. A intensidade das chuvas dificulta a drenagem na zona urbana, além dos ventos fortes que foram registrados durante três dias derrubando árvores, postes que atingiram a rede de energia elétrica, de telefonia e

abastecimento de água. Aproximadamente, foram 50 famílias flageladas, em geral de baixa renda, oriundas das zonas baixas da cidade (DIÁRIO POPULAR, 1990).

A equipe da SMSU atuou na Avenida Fernando Osório afim de resolver os casos de entupimentos de boeiros. Na Várzea e na rua Saldanha Marinho os alagamentos foram provenientes da falta de energia elétrica que impossibilitou o acionamento das bombas. O número de desabrigados totalizou em torno de 170 pessoas. Na época o DNOS, relatou a necessidade imediata de conclusão da obra da Casa de Bombas nº 3, próxima a Ólvebra (não teve continuidade devido a falta de recursos), além da conclusão da Estação de Bombeamento, na vila Castilhos (DIÁRIO POPULAR, 1990). A figura 5.8 representa a precipitação dos acumulados durante o evento.

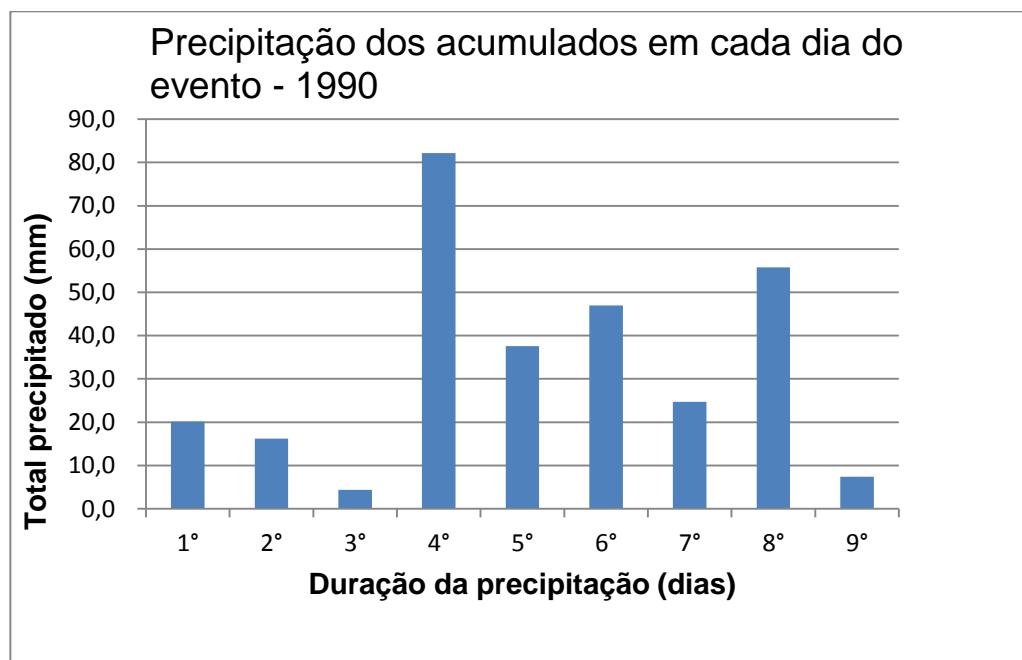


Figura 5.8: Precipitação dos acumulados em cada dia do evento de 1990.

Como pode ser visto na figura 5.8 nesse evento verificou-se a máxima de precipitação no 4º dia, com 82,2 mm, que oscilou até o mínimo de 4,4 mm, no 3º dia de evento. Entre o 5º e 8º foi possível observar uma oscilação entre 24,7 e 55,8 mm.

5.1.7 Evento em 1991 - 13 a 17 de abril.

Segundo a EAP, o total de 199,7 milímetros distribuídos em 5 dias, provocou alagamentos em diversos pontos da zona urbana e da zona rural houveram problemas como falta de energia elétrica. De acordo com o secretário dos Serviços Urbanos, Jorge Clavero, os alagamentos em função da intensidade das chuvas, podem ser considerados normais. Devido ao acionamento dos sistemas de bombas do Canal do Pepino, da Ceval e da Zona Leste, foram evitados problemas maiores nos bairros e até no centro da cidade.

No Jardim Europa os alagamentos decorreram do entupimento de uma galeria. Na zona norte, haviam alagamentos na Cohab-Tablada e no Pestano, além do Py Crespo. Porém, no Fragata e na Guabiroba não foram verificados grandes problemas, graças as obras de drenagem que foram executadas. A chefe da EAP, afirma que a média de precipitação do mês de abril é de 75mm somente na primeira quinzena já havia precipitado 202 milímetros (DIÁRIO POPULAR, 1991).

5.1.8 Evento em 1995 - 1,2 e 3 de julho

Nos dias 1, 2 e 3 de julho, Pelotas foi contemplada com mais um alagamento, somando um total de 110,2 milímetros atingindo quase a média histórica do mês inteiro. Novamente alagamentos em diversos pontos da cidade, interrupção do fornecimento de energia elétrica e defeitos em terminais telefônicos foram alguns dos problemas causados pelas fortes chuvas. Os funcionários do Sistema Municipal de Saneamento e Urbanismo (SMSU), detectaram bueiros entupidos, devido aos depósitos de sacos de lixo, o órgão atribui esse fator como o agravante do alagamento. Apesar da grande magnitude do evento não houve flagelados (DIÁRIO POPULAR, 1995)

5.1.9 Evento em 1997 - 22 de dezembro.

Os efeitos do El Niño foram sentidos em toda a Zona Sul, com chuvas além do normal. No dia 22/12/1997 ocorreu uma forte precipitação em um curto intervalo de tempo, superando a média de precipitação do mês, foram 150mm de chuva. O sistema de drenagem não suportou o volume precipitado e em poucas horas as ruas encontravam-se alagadas. A casa de bombas da vila Farroupilha não foi o suficiente para escoar o volume precipitado, alagando a faixa localizada à margem da avenida Presidente João Goulart.

O vice prefeito e secretário de Serviços Urbanos da época, Otelmo Demari Alves, justifica é que as casas de bombas funcionaram com capacidade máxima, porém mesmo assim não foi possível evitar os alagamentos. Além da intensidade das chuvas, a falta de energia elétrica impossibilitou o acionamento de algumas bombas em alguns pontos da cidade e naquele momento estavam acionadas 5 casas de bombas. O canal do Pepino, no bairro Nossa Senhora de Fátima, transbordou. O Pronto Socorro Pediátrico do Hospital São Francisco de Paula precisou ser interditado, porque as águas invadiram o local (DIÁRIO POPULAR, 1997).

5.1.10 Evento em 1998 - 23 a 27 de agosto

Tratava-se de mais um ano de atividade do fenômeno El Niño, o que provocou fortes precipitações, foram 234,8mm acumulados durante 5 dias de duração. Em virtude da força das águas impulsionadas pelos ventos, a cabeceira da barragem Santa Bárbara rompeu, atingindo zonas ao seu redor. Na época o sistema era composto por 15 casas de bombas, as quais não foram suficientes para evitar os alagamentos.

Os maiores prejuízos foram na vila Farroupilha, próxima ao canal Santa Bárbara, onde as águas chegaram a 5,0 metros. Aproximadamente, 150 flagelados, sendo que, praticamente, todas regiões da cidade apresentavam problemas, incluindo locais sem tradição de alagamentos, como a avenida Adolfo Fetter. Os municípios de Rio Grande, Piratini, Pedro Osório e Cerrito foram atendidos pela Defesa Civil. No Estado foram registrados 17 municípios em estado de emergência e em Rio Grande ficou em estado de calamidade pública. Na BR-116 , em Turuçu, as águas da enxurrada abriram um buraco de 5,0 metros de comprimento por 3,0 m de altura na estrada, interrompendo o tráfego entre Pelotas e Porto Alegre (DIÁRIO POPULAR, 1998). A figura 5.9 representa a precipitação dos acumulados durante o evento.

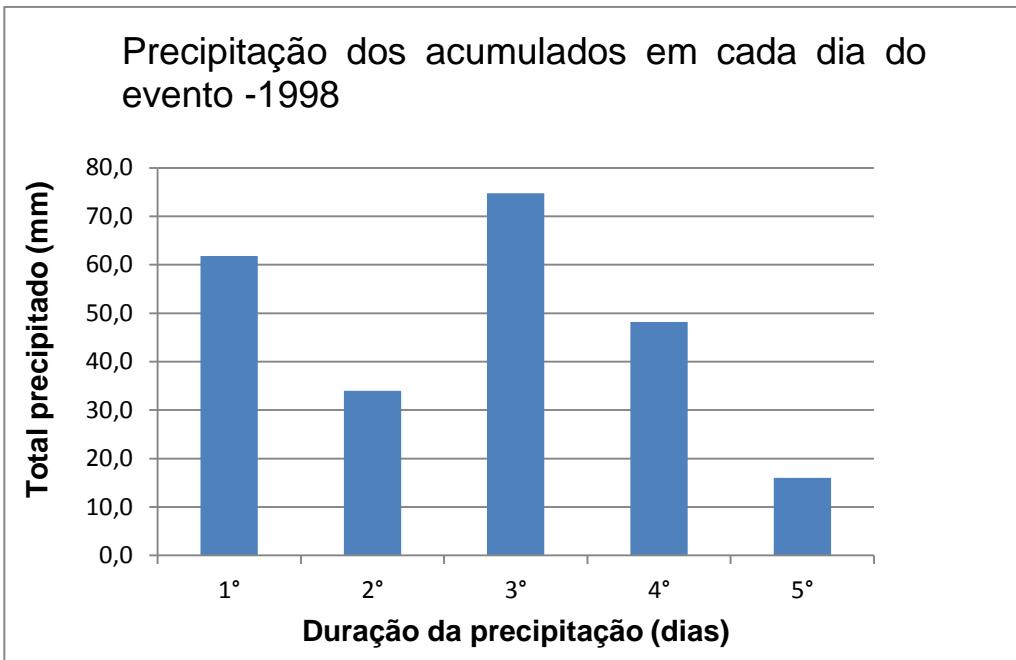


Figura 5.9: Precipitação dos acumulados em cada dia do evento de 1998.

Analisando esse evento verificou-se que a máxima precipitação diária foi no terceiro dia de chuva do evento, com um total precipitado de 74,8 mm , e mínima de 16 mm, mostrando assim, uma menor oscilação de máximo e mínimo precipitado do que os demais eventos.

5.1.11 Evento em 2004 - 3 a 7 de maio

Segundo o boletim da EAP, as chuvas começaram no dia 3 de maio, e somente nos dias 6 e 7 precipitou um total de 249,2mm, o que totalizou 292,6mm de chuva interrupta em apenas 5 dias. As chuvas torrenciais ocorreram devido a um sistema de baixa pressão decorrente de um ciclone extratropical que passou pelo estado. Foi considerada a pior chuva dos últimos 30 anos no município, deixando 22 bairros submersos. O levantamento divulgado pela Defesa Civil indica que pelo menos oito mil moradores foram diretamente atingidos pela enxurrada, cerca de 900 desabrigados e uma vítima fatal.

O desabastecimento de água foi o maior problema enfrentado pela população, devido ao transbordamento da Barragem Santa Bárbara, as estações Moreira e Sinnot também foram afetadas com transbordamento de seus arroios e obstrução de suas bombas. Segundo o engenheiro do SANEP, Cláudio T. S. Adir, o transbordamento da barragem Santa Bárbara ocorreu devido ao entupimento do

canal Santa Bárbara o que forçou a água ao antigo leito do arroio Santa Bárbara (DIÁRIO POPULAR, maio 2004). A figura 5.10 representa a precipitação dos acumulados no evento.

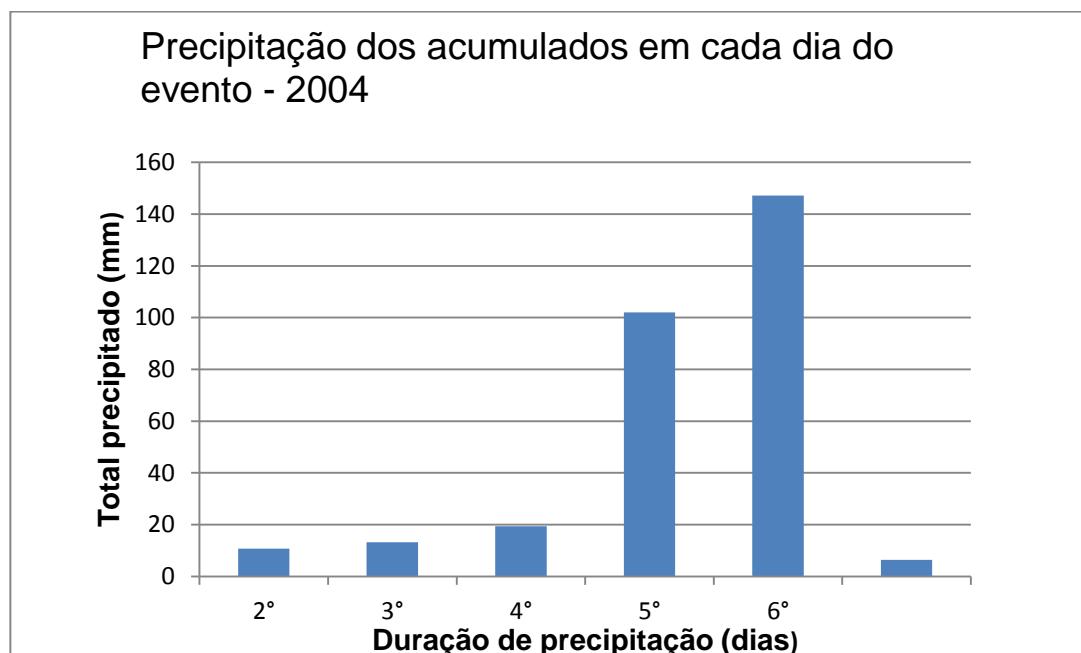


Figura 5.10: Precipitação dos acumulados em cada dia do evento de 2004.

Nesse evento, a precipitação foi mais intensa no 4º e 5º dia de precipitação, com 102 mm e 147,2mm, respectivamente, sendo esses dois dias decisivos na causa das inundações. Contudo, a precipitação diária menos intensa foi no último dia com 6,4mm.



Figura 5.11: Enchente na cidade de Pelotas (2004).
Fonte: Nauro Júnior

5.1.12 Evento em 2009 - 28 a 31 de janeiro

No mês de janeiro, as chuvas torrenciais acompanhadas de fortes ventos, assolaram Pelotas por cerca de 4 dias gerando um total acumulado de 200,6 milímetros, de acordo com os dados da EAP. Em um breve intervalo de tempo choveu, em alguns locais, o equivalente a seis meses, fazendo com que Pelotas, Turuçu, Capão do Leão e São Lourenço do Sul decretarem situação de emergência. A barragem Santa Bárbara que, até o momento estava a 1,87 abaixo do vertedouro, subiu 3,5 metros e o arroio Pelotas 12,0m . Na época, foi considerada a pior chuva dos últimos 35 anos, ultrapassando a de maio de 2004. As precipitações se espalharam por toda região, sendo inevitável a presença de alagamentos, no caso da zona da Colônia de Pelotas ocorreram precipitação de mais de 600 milímetros.

Assim como no caso de 2004, alguns bairros ficaram sem abastecimento de água em função da obstrução do sistema de distribuição de água. A casa de bombas na estação de tratamento de água (ETA) do Moreira ficou submersa causando a queima do grupo de moto-bombas. A adutora de água tratada na entrada do Fragata se rompeu e devido a proximidade com um banhado. Já a ETA Sinnott não operou porque não houve recalque do arroio Pelotas, que subiu 12 metros.

Estimadamente, em Pelotas, o número de flagelados foi de 2,6 mil e 13 mortos. A cidade ficou sem ligação pela BR-392 com os municípios de Capão do Leão, Jaguarão, Bagé, Candiota, Pedro Osório, Arroio Grande, Cerrito, Pinheiro Machado e Pedras Altas, já que a estrada ficou interrompida. As pontes sobre o Arroio Kaster, no km 92 da BR-392, e sobre o Arroio Santa Eulália, no km 94 da rodovia, foram obstruídas. A estrutura das ponte sobre o arroio Fragata na BR-116 rompeu-se e interditaram a rodovia federal na altura do km 528, dificultando o acesso a Jaguarão e ao Uruguai. (DIÁRIO POPULAR, 2009).

6. CONCLUSÕES

É possível apontar que apesar de haver uma certa evolução nas obras de drenagem ao longo dos anos em alguns locais, muitas áreas continuam com alagamentos rotineiros, tais como: Vila Castilhos, Vila Farroupilha, bairro Guabiroba e Simões Lopes, Avenida Saldanha Marinho e Rua Marcílio Dias. Essas zonas apresentam problemas por estarem situadas as margens do canal Santa Bárbara e outras por estarem situadas em zonas de baixo relevo. Todavia, às enchentes que ocorriam, normalmente, no leito do antigo Santa Bárbara, São Gonçalo e Pepino, foram mitigadas pelos sistemas de proteção contra enchentes realizados nessas áreas.

Outros fatores agravantes como a topografia plana da cidade, a constante supressão da vegetação e a impermeabilização do solo vem aumentando o escoamento superficial e diminuindo a infiltração das águas pluviais. Além disso, o descarte incorreto dos resíduos sólidos e o crescimento da vegetação que obstruem e saturam os sistemas da microdrenagem em alguns casos, um dos principais agravantes dos alagamentos na cidade de Pelotas. Outro fator delicado é o caso das ocupações irregulares em constante expansão, pela população de baixa renda, de áreas de alto risco de inundação.

A maioria dos eventos selecionados estavam relacionados, de certa forma, ao fenômeno climático El Niño, indicando assim, sua influência nos anos com maiores durações e volumes acumulados de precipitação. Sendo que, a maior ocorrência dos eventos foram no outono (38%), nos meses de abril e maio cada um contribuindo com 25% do total dos eventos.

O município de Pelotas iniciou seu processo urbanização de forma equivocada, ou seja, as margens dos rios e arroios. Hoje, essas áreas seriam caracterizadas como áreas de Preservação Permanente (APP), as quais respeitam as áreas de inundação do leito do rio, limitando a urbanização no local. Os constantes transtornos com inundações, apontam que o sistema de Proteção Contra Enchentes, ainda está carente. Portanto, o estudo buscou, de certa forma, alertar a população do problema crônico de drenagem que o município enfrenta há décadas, e que há ainda muitas obras de drenagem a serem realizadas.

A partir do problema exposto, seria interessante adotar medidas mitigatórias para o controle do escoamento das águas pluviais para cidade de Pelotas. Além disso, um plano diretor de drenagem urbana com uma visão alternativa, voltado para medidas de controle de inundações na fonte - medidas que procuram compensar os eventos da urbanização - seria uma medida viável para a cidade. Dentre as medidas de controle podemos citar: os pavimentos permeáveis, as trincheiras de infiltração, as bacias de detenção e retenção, telhados verdes, etc.

7. REFERÊNCIAS

AMARAL, R; RIBEIRO, R.R. 2009. **Enchentes e Inundações.** In: **Desastres Naturais, conhecer para prevenir.** Tominaga, L.K; Santoro, J; Amaral, R. (Organizadores). Instituto Geológico, São Paulo. p. 40-53.

ANA- Agência Nacional das Águas . disponível em:
<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/default.aspx> acesso em:
12/07/2013

ANDRADE, R; SANTOS, M. **Análise dos problemas de drenagem urbana nos bairros Vila Operária e Aeroporto, Teresina/2009** . in: Congresso do Instituto Federal de Alagoas. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, Teresina Piauí.

BATISTA, M. E. M; Lima, E. R. V e Silva, T.C. **Indicador de performance de sistemas de drenagem Urbana por vias, setores censitários e bairros.** 2005 In XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa, PB.

BRITO, D.S. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem.** 2006. 117p. Tese (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)- Publicação PTARH.DM-094/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** São Paulo: Oficina de textos, 2005. 302p

CARDOSO, E.C.A. **Mapeamento das transformações socioambientais da Bacia Hidrográfica do Arroio Pepino, 1916 – 2011 / Pelotas (RS).** 2012. 86p. Tese (Mestrado programa de pós-graduação em geografia) - Instituto de ciências humanas e da informação,Geografia da Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande.

CASTRO, A.S. **Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano.** 2011. 142p. Tese (Doutorado programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento

Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, BR-RS.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de desastres: desastres naturais.** Brasilia (DF): Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p. Disponível em: <http://www.esdec.defesacivil.rj.gov.br/documentos/publicacoes_da_secretaria_nacional/6_desastres_naturais_voll.pdf> acesso em: 23/05/2013

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, 29 maio. 1984

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, abril e maio. 1941

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, abril. 1959

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, abril. 1991

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, agosto. 1987

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, agosto. 1998

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, dezembro. 1997

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, fevereiro. 1990

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, janeiro. 2009

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, julho. 1995

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS, maio. 2004

Diário Popular, Jornal Pelotas-RS. fevereiro. 1956

EAP- ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS ,Convênio
Embrapa/UFPEL. Disponível em:
<<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/estacao.html>> acesso em:
02/07/2013.

FENDRICH, J. A.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIAS, C. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. Curitiba: Champagnat, 486 p., 1997.

GRUPELLI, J.L.; ARAÚJO, N.; CHAPA, S.R. **Interrelação entre precipitação e parâmetros meteorológicos para Pelotas- RS**. 2003. In: XII Congresso de Iniciação Científica e V Encontro de Pós-Graduação, Pelotas-RS.

HECK, C.R , et al. **Expansão da área urbana de Pelotas sobre o setor da Planície Lagunar localizado na margem esquerda do canal São Gonçalo-RS**. In: Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.444 – 455, 2012. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf> acesso em: 04/06/2013.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf> acessado em: 14/04/2013.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=431440>>. Acesso em: 07/04/2013.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf> Acesso em: 03/07/2013

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.inpe.br/acessoainformacao/node/399>> acesso em: 12/07/2013

Justino, E. A. **Estudo do controle do escoamento superficial com o uso de reservatório de retenção na bacia do Córrego Lagoinha, município de Uberlândia-MG**, 2004.185p. Tese (Mestrado programa de Pós-graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Uberlândia-MG, Uberlândia.

MILOGRANA, J. **Estudo de Medidas de Controle de Cheias em Ambientes Urbanos.**120 p. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2001.

ONI- Oceanic Niño Index . disponível em:< <http://ggweather.com/enso/oni.htm>> acesso em: 18/07/ 2013

POMPÉO, A.C . **Drenagem urbana sustentável.** In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH) – Volume 5 n.1 Jan/Mar 2000, 15-23p .Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental -Universidade Federal de Santa Catarina , Santa Catarina.

PORTAL BRASIL. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/meio-ambiente/gestao-do-lixo>> acesso em: 10/04/2013.

Presidência da República Casa Civil. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> acesso em: 06/06/2013

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. Disponível em: <http://www.pelotas.com.br/politica_urbana_ambiental/planejamento_urbano/III_plano_diretor/> acesso em: 24/07/2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. Disponível em: <http://www.pelotas.com.br/cidade_historia/pelotas_historia.htm> acesso em: 12/07/2013

Reis, P. E. **O escoamento superficial como condicionante de inundação em Belo Horizonte- MG: estudo de caso da sub-bacia córrego do Leitão, bacia do ribeirão Arrudas.** 2011.xiv.134. Dissertação (mestrado programa de pós- graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANEP- Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br/sanep/lixo/lixo-em-pelotas/>> acessado em 13 julho, 2013.

SANEP- Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. Disponível em: <<http://www.pelotas.rs.gov.br/sanep/drenagem-urbana/>> acessado em 17 de julho, 2013.

SILVA, C. S. **Inundações em Pelotas/RS: O uso de geoprocessamento no planejamento paisagístico e ambiental.** 2007. 196 p. Dissertação (Mestrado programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SOMBROEK, W.G. **Soil studies in the Merim Lagoon Basin.** [s.l.]: CLM, 1969. 324p.

SOUSA, C.A.T. **Análise Crítica do Sistema de Macrodrenagem do Santa Bárbara – Pelotas/RS.** 2008. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização programa de Pós-Graduação Curso Gestores Regionais de Recursos Hídricos) - Faculdade de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

SOUSA, C.A.T. **Sistema de Drenagem e Proteção Contra Enchentes da Cidade de Pelotas.** 2006. 41p. Apresentação ao SANEP/PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, PELOTAS.

SOUZA, C.R. G. **Risco a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1.,2004.GEDN/UFSC, Florianópolis.

TUCCI, C E.M; SOUZA, C.F ; CRUZ M. A. S. **Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade.** in: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH/UFRGS, Porto Alegre-RS.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem Urbana.** Ed. Abril; 2001. *revista Cienc. Cult. vol.55 no.4 São. Paulo Oct./Dec. 2003.*

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C (Org.). Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: ABRH, 2003.

TUCCI, Carlos E. M., et al, **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS. 3.^a Edição, Porto Alegre, 2004.

TUCCI, Carlos E. M., PORTO, Rubem L. L., BARROS, Mario T., **Drenagem Urbana**. Editora da Universidade. 1.^a Edição, Porto Alegre, 1995.

TUCCI, Carlos E.M.; MARQUES, David M.L da Motta(Org). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Ed. Universidade/URFGS, 2000. 558p. Porto Alegre.

WOLMANN, C.A ; SARTORI, M.G.B. **Sazonalidade dos Episódios de enchentes ocorridos na bacia hidrográfica do Rio Caí– RS, e sua relação com a atuação do fenômeno El Niño, no período de 1982 a 2005** - in: Revista Brasileira de Climatologia , 6^oed. volume 7 – Setembro/2009. 118 p.

XAVIER, Sinval Cantarelli. **O mapeamento geotécnico por meio de geoprocessamento como instrumento de auxílio ao planejamento do uso e ocupação do solo em cidade costeiras estudo de caso para Pelotas (RS)**. 2010. 261f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.

Dados Internacionais de Publicação (CIP)

H249d Hansmann, Henrique Zanotta
Descrição e caracterização das principais enchentes
e alagamentos de Pelotas-RS / Henrique Zanotta
Hansmann; Andréa Souza Castro, orientador. – Pelotas,
2013.
61 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental), Centro das
Engenharias, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas,
2013.

1.Enchentes. 2.Pelotas. 3.Drenagem urbana. I.
Castro, Andréa Souza, orient II. Título.

CDD: 628

Catalogação na Fonte: Aline Herbstrith Batista CRB:10/1737 Universidade Federal
de Pelotas